

РЕЦЕНЗИЯ

КАК НЕ СЛЕДУЕТ ИЗУЧАТЬ ФЛУКТУИРУЮЩУЮ АСИММЕТРИЮ

Коротченко И. С., Мучкина Е. Я. Флуктуирующая асимметрия листьев древесных растений в оценке состояния окружающей среды Красноярска. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2017. 144 с.

Критический анализ уже опубликованной книги – занятие почти бесполезное. Опыт показывает, что рецензии читают лишь те ученые, которые и без посторонней помощи в состоянии разобраться в качестве публикации.

Тем не менее считаю необходимым использовать даже весьма малый шанс и попытаться, уже не в первый раз, хотя бы приостановить нарастающий вал работ, посвященных использованию флуктуирующей асимметрии (далее ФА) листьев растений для оценки качества окружающей среды и выполненных на неприемлемо низком методическом уровне.

Опубликованная в Красноярске в издательстве Сибирского федерального университета в мае 2018 г. (подписана в печать 15 декабря 2017 г.) книга «Флуктуирующая асимметрия листьев древесных растений в оценке состояния окружающей среды Красноярска» основана на результатах измерений пяти признаков листовой пластинки двух видов древесных растений – вяза приземистого и тополя бальзамического на 16 участках на территории Красноярска. Всего авторами замерено 6400 листьев. Согласно аннотации, основную ценность своей работы авторы видят в подтверждении индикаторной информативности асимметрии билатеральных признаков листовых пластин древесных растений при изучении загрязнения окружающей среды.

Монография И. С. Коротченко и Е. Я. Мучкиной состоит из введения, четырех глав и заключения. Введение довольно эклектично и собственно введением в изучаемую проблему не является. Новизну своего исследования авторы видят в первую очередь в том, что «подобные исследования на территории Красноярской агломерации как уникальной урбоэкосистемы, не имеющей аналогов в мире, проведены впервые» (с. 8). Замечу, что уникальность Красноярской «урбоэкосистемы» авторами не показана. На мой взгляд, она уникальна в той же степени, что и территория любого крупного промышленного города.

В первой главе приводятся ранее опубликованные данные о состоянии окружающей среды Красноярска и обсуждается использование биоиндикации, в том числе с применением ФА, для оценки качества окружающей среды. Вторая глава содержит детальное описание мест сбора материала и способов проведения исследований, однако описание методов ограничено исследованием ФА. В третьей главе приведены оригинальные данные по содержанию тяжелых металлов в почве и по фитотоксичности почвы, но методы, с помощью которых получены эти данные, в монографии отсутствуют. Четвертая глава содержит детальные, трехкратно дублированные (в таблицах, на рисунках и в тексте) результаты измерений листьев вяза приземистого и тополя бальзамического. Удивительным образом эта глава совершенно не связана с третьей главой, хотя естественно было бы ожидать изучения корреляции между уровнями ФА и описанными в третьей главе уровнями содержания тяжелых металлов в почвах. Заключение сводится к информации о том, что «полученные показатели интегральной флуктуирующей асимметрии ... позволяют распределить (так!) изучаемые участки на две группы» – «грязные» и «очень грязные» (с. 115).

Биоиндикационные исследования с использованием ФА за последнее десятилетие широко распространились среди российских экологов. При этом многие (но, к счастью, не все) исследователи, с энтузиазмом начинающие измерять ФА, наступают на одни и те же грабли (Козлов, 2017). Синяки от удара их рукоятью проявляются не сразу, так что многие авторы пока что не подозревают, что научная ценность их публикаций весьма ограничена. Цепная реакция, запущенная примерно два десятилетия тому назад и до сих пор поддерживаемая авторитетом Министерства природных ресурсов и экологии (Методические рекомендации..., 2003), вовлекает в орбиту этих исследований все больше российских ученых. Беда в том, что подавляющее

большинство этих ученых не знакомо с современной литературой (в основном англоязычной) и пребывает в неведении о том, что используемые ими методики давно устарели. Более того, лежащая в основе этих методик концепция, связывающая уровень ФА с уровнем стресса, который испытывал организм в момент роста, за последнее десятилетие подверглась коренному переосмыслению.

К настоящему времени стало очевидно, что ФА организмов из нарушенных местообитаний далеко не всегда превышает ФА организмов из таковых ненарушенных (контрольных). Обнаружение «отрицательных» (по отношению к тестируемой гипотезе) результатов при изучении ФА (примеры приведены в работе (Graham et al., 2010)) неудивительно, поскольку величина ФА определяется сочетанным воздействием множества факторов. Для разных видов растений было показано, что ФА зависит от климата (температуры, осадков), почвенных условий (плодородия, влажности, засоленности, загрязнения), биотического окружения (типа сообщества, уровня конкуренции, освещенности), предшествующего повреждения животными (обгрызания коры и побегов, объедания листьев) и многих других характеристик окружающей среды, разделить влияние которых на ФА в описательных (т. е. не экспериментальных) исследованиях практически невозможно. Кроме того, ФА зависит от генетической структуры популяции, возрастая при гибридизации (ссылки на оригинальные исследования приведены в публикации М. В. Козлова (2017)). Таким образом, на современном уровне знаний – вопреки утверждениям И. С. Коротченко и Е. Я. Мучкиной – *не существует достаточных оснований для практического использования ФА в целях биоиндикации* (Коротчеева и др., 2015; Козлов, 2017; Sandner, Matthies, 2017).

Авторы рассматриваемой книги весьма необычно отнесли к подбору опубликованных работ, на которые ссылаются, всячески подчеркивая корректность используемого ими метода и апеллируя к авторитету В. М. Захарова и др. (процитированы работы 1996 и 2000 гг.) и А. В. Яблокова и др. (2011) (чьи работы не цитируются). Однако последующий текст, который теоретически обосновывает использование ФА для оценки качества среды, содержит единственную ссылку, причем не на солидную публикацию, а на диссертацию. Кроме того, авторы игнорируют публикации, которые ставят под сомнение концептуальную основу их работы.

Так, в списке литературы в книге отсутствует работа Коротчеевой и др. (2015), заглавие которой гласит: «В градиенте влияния выбросов Карабашского медеплавильного комбината изменяется размер, но не флуктуирующая асимметрия листа березы повислой». Отсутствует в этом списке и моя публикация под названием «Исследования флуктуирующей асимметрии растений в России: мифология и методология» (Козлов, 2017), которую я отправил И. С. Коротченко в последние дни 2016 г. (т. е. за год до сдачи рукописи монографии в печать). Такое замалчивание «неудобных» работ показывает, что авторы монографии не уверены в своих позициях. В противном случае они бы начали научную дискуссию с оппонентами, доказывая свою правоту.

Что может быть хуже замалчивания «неудобных» публикаций? Пожалуй, только искажение выводов цитируемых работ. На с. 21 И. С. Коротченко и Е. Я. Мучкина пишут: «Отмечается, что в разные годы в зоне промышленного загрязнения у двух видов березы повышен уровень флуктуирующей асимметрии (Valkama, Kozlov, 2001)». Осмелюсь предположить, что указанную работу (хотя бы ее резюме) авторы либо не читали, либо не поняли, поскольку в ней сделан прямо противоположный вывод: «Contrary to our expectations, leaf FA was not correlated with either distance from the pollution source, or with the levels of nickel and sulphur dioxide pollution in the study plots». Кроме того, в данной работе исследован один вид березы, а не два, а в списке использованной литературы эта публикация фигурирует дважды (!) – один раз под реальным названием, а второй раз – под вымышленным.

Интересно и то, что И. С. Коротченко и Е. Я. Мучкина, цитируя две работы Palmer, Strobeck (1986, 2003), полностью пренебрегают содержащимися в этих работах методическими и статистическими рекомендациями. Более того, не только повторяют все типичные ошибки, совершаемые российскими авторами работ по ФА листьев растений (слепую веру в однозначную причинно-следственную связь между уровнем загрязнений и ФА, использование «стандартных шкал» уровней ФА, отсутствие «слепых» замеров и использование индивидуального листа в качестве экспериментальной единицы при статистическом анализе данных; подробнее см. работу (Козлов, 2017)), но и расширяют их перечень. Наиболее примечательным «нововведением» стала замена сканера фотоаппаратом: на фотографиях в Приложении видно (например, по теням), что листья растений свободно лежат

на подложке, а не прижаты к ней. Тем не менее авторы утверждают, что сканировали листья (с. 35 и подпись к рис. 2.10), и подчеркивают (с. 115), что анализ формы листа производился «на основе стандартных сканированных изображений», что не соответствует действительности. При таком фотографировании измеренные авторами характеристики правой и левой половин листа зависят не только от размеров и формы листовой пластинки, но и от степени ее деформации (изгиба) на момент фотосъемки. Одно это вызывает серьезные сомнения в качестве результатов, на которых основана рассматриваемая монография.

Ключевая методологическая проблема, проигнорированная И. С. Коротченко и Е. Я. Мучкиной, связана с неосознанным влиянием информации о происхождении листьев на результаты измерений ФА (Kozlov, Zvereva, 2015) – так называемый эффект наблюдателя. Экспериментально доказано, что ученые, которым сообщили, что листья берез собраны на сильно загрязненной территории, получили значимо более высокие значения ФА при измерении этих листьев, чем ученые, которые считали, что те же самые листья собраны на незагрязненной территории. Примечательно, что И. С. Коротченко участвовала в эксперименте, который позволил обнаружить этот эффект, и получила от меня (в личной переписке) полную информацию об итогах эксперимента, равно как и копию публикации (не цитируемой в монографии). Для устранения эффекта наблюдателя проводящий замеры исследователь всего лишь не должен знать, в каких именно условиях произрастали собранные растения. Тем не менее на иллюстрациях (приложения А–Р) видно, что все изображения, использованные И. С. Коротченко и Е. Я. Мучкиной, содержат незашифрованное обозначение места сбора материала. В результате условие «слепого» замера не было выполнено и полученные авторами результаты смещены в «желаемую» сторону за счет эффекта наблюдателя.

Анализ монографии И. С. Коротченко и Е. Я. Мучкиной показывает, что авторы предприняли множество усилий для того, чтобы искусственно увеличить ее объем. В раздел «Морфометрические показатели» включены усредненные результаты замеров пяти признаков двух половин листа из каждого места наблюдений, т. е. промежуточная информация, на основании которой рассчитывается величина ФА. Эти результаты статистически не обрабо-

таны, их связь с уровнем загрязнения остается неизвестной. Тридцать (!) из 145 страниц монографии заняты столбчатыми диаграммами (рис. 4.1–4.30), дублирующими информацию, содержащуюся в таблицах 4.1–4.4. Кроме того, авторы включили эту же цифровую информацию и в основной текст. Предложениями типа «В рекреационной зоне (парке Гагарина и парке Троя) ширина листа составляла – 25.07–25.12 мм и 24.71–24.74 мм соответственно, в Центральном парке этот параметр был меньше – 18.91–18.96 мм» (с. 58) занято девять страниц. Шестнадцать страниц Приложения содержат фотографии измеренных авторами листьев. Ценность этих фотографий можно было бы смело считать нулевой, если бы они не демонстрировали низкое качество исходных данных (см. выше). Таким образом, материал, объем которого типичен для стандартной журнальной статьи, раздут до объема монографии.

Даже если отвлечься от вопроса о качестве исходных данных, ценность выводов рассматриваемой монографии далеко не очевидна. Если поверить утверждению авторов (не подкрепленному результатами статистического анализа), что величины интегрального показателя ФА листьев двух изученных видов растений «согласуются с данными по содержанию тяжелых металлов в почвенном покрове места произрастания растений» (с. 115), то непонятно, зачем вообще было измерять ФА листьев растений? Только для того, чтобы расклассифицировать места сбора материала на «грязные» и «очень грязные»? В чем преимущества этого метода (достаточно трудоемкого при корректном использовании) перед стандартным анализом почвы на содержание загрязняющих веществ?

Приведенные выше замечания позволяют заключить, что монография И. С. Коротченко и Е. Я. Мучкиной представляет собой шаг назад в исследованиях флуктуирующей асимметрии листьев растений вследствие осознанного (но замаскированного) отказа авторов от использования как современной литературы, так и адекватных методов сбора и анализа данных. Кроме того, публикация этой монографии наглядно демонстрирует, что система контроля качества научных работ в издательстве Сибирского федерального университета практически не работает. Книга «Флуктуирующая асимметрия листьев древесных растений в оценке состояния окружающей среды Красноярск» может быть рекомендована специалистам в области экологии и охраны окружающей среды, аспирантам и студентам

биологических специальностей в качестве наглядного примера того, как *не следует* вести научную работу (в частности, изучать флуктуирующую асимметрию) и как *не следует* оформлять результаты научных исследований. Мне искренне жаль тех молодых ученых, которые некритически воспримут публикацию И. С. Коротченко и Е. Я. Мучкиной как доказательство перспективности биоиндикационных исследований с использованием ФА листьев растений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Чубинишвили А. Т. Здоровье среды: методика оценки. Оценка состояния природных популяций по стабильности развития: метод. рук-во для заповедников. М.: Центр экол. политики России, 2000. 68 с.
- Козлов М. В. Исследования флуктуирующей асимметрии растений в России: мифология и методология // Экология. 2017. № 1. С. 3–12.
- Коротченко Е. В., Веселкин Д. В., Куянцева Н. Б., Чащина О. Е. В градиенте влияния выбросов Карабашского медеплавильного комбината изменяется размер, но не флуктуирующая асимметрия листа березы повислой // Докл. Акад. наук. 2015. Т. 460. № 3. С. 364–367.
- Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). Распоряжение МПР № 460-р от 16.10.2003. М., 2003. 24 с.
- Последствия Чернобыльской катастрофы: здоровье среды / В. М. Захаров, Е. Ю. Крысанов (ред.). М.: Центр экол. политики России, 1996. 169 с.
- Яблоков А. В., Нестеренко В. Б., Нестеренко А. В., Преображенская Н. Е. Чернобыль: последствия катастрофы для человека и природы. 3-е изд. Киев: Универсарий, 2011. 592 с.
- Graham J. H., Raz S., Hel-Or H., Nevo E. Fluctuating asymmetry: methods, theory, and applications // *Symmetry*. 2010. V. 2. N. 2. P. 466–540.
- Kozlov M. V., Zvereva E. L. Confirmation bias in studies of fluctuating asymmetry // *Ecol. Indicators*. 2015. V. 57. P. 293–297.
- Palmer A. R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns // *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1986. V. 17. P. 391–421.
- Palmer A. R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry analyses revisited // *Developmental Instability: Causes and Consequences* / M. Polak (Ed.) Oxford: Oxford Univ. Press, 2003. P. 279–319.
- Sandner T. M., Matthies D. Fluctuating asymmetry of leaves is a poor indicator of environmental stress and genetic stress by inbreeding in *Silene vulgaris* // *Ecol. Indicators*. 2017. V. 79. P. 247–253.
- Valkama J., Kozlov M. V. Impact of climatic factors on the developmental stability of mountain birch growing in a contaminated area // *J. Appl. Ecol.* 2001. V. 38. Iss. 3. P. 665–673.

М. В. Козлов,
адъюнкт-профессор,
научный сотрудник отделения биологии
Университета г. Турку, Финляндия