



Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції  
«Екологія. Людина. Суспільство» (м. Київ, Україна, 2021 р.)

Handbook of the XXII International Science Conference  
«Ecology. Human. Society» (2021 Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS.2021.233428>

УДК 504.3.054

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СРЕДЫ В РАЙОНЕ ГАЗОПЫЛЕВЫХ ВЫБРОСОВ ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА МЕТОДОМ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТЬЕВ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

**В.И. Прохоренкова, Е.А. Самусик, Т.П. Марчик**

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы*

ул. Ожешко, 22, Гродно, 230023, Республика Беларусь

**e-mail:** prokhorenkova.1996@mail.ru

В настоящее время методы биоиндикации хорошо разработаны и широко применяются в практике исследований состояния атмосферы, диагностики качества водной и почвенной среды. Большинство исследователей склоняются к растениям, как к очень чувствительным и надежным индикаторам загрязненности атмосферы [1–3]. Чувствительные фитоиндикаторы указывают на наличие в воздухе или почве загрязнителя морфологическими реакциями – изменениями цвета листьев (появление хлороза, желтого, коричневого или бронзового), различных форм некроза, преждевременного увядания и опадания листьев, изменением симметричности листьев или признаков. Метод флуктуирующей асимметрии достаточно прост с точки зрения сбора, хранения и обработки материала. Он не требует специального сложного оборудования, но при этом позволяет получить интегральную оценку состояния организма при всем комплексе возможных воздействий.

Целью работы была оценка состояния древесных насаждений в районе воздействия газопылевых выбросов ОАО "Красносельскстройматериалы" (г. Волковыск, Беларусь). Район исследования расположен в Гродненско-Волковыско-Лидском агропочвенном районе Центральной почвенной провинции (Беларусь).

Объект исследования – листья древесного растения (*Betula pendula* Roth.), отобранные в градиенте расстояния от предприятия (от 1 до 15 км) с учетом «розы ветров» (СЗ, ЮЗ, СВ, ЮВ). Количество пробных площадок составило 28, для каждой из них было исследовано по 25 растительных образцов.

Методика определения стабильности развития березы повислой (*Betula pendula* Roth) по величине флуктуирующей асимметрии листовых пластинок основана на системе промеров листа. Для этого на каждой листовой пластинке выполнялось по 5 измерений с левой и правой половины листа. Измерения проводились в лабораторных условиях с помощью измерительного циркуля, линейки и транспортира. Для значения показателя асимметрии разработана пятибалльная шкала отклонения от нормы [4], в которой 1 балл – условная норма, а 5 баллов – критическое состояние. Полученные результаты подвергнуты обработке с помощью статистического пакета «Statistica for Windows» 6.0, Excel 2007.

Для расчета коэффициента флуктуирующей асимметрии (КФА) на предварительном этапе обработки данных по параметрам асимметрии листовых пластинок необходимо было убедиться во флуктуирующем характере асимметрии каждого признака и отсутствии или

наличии направленной асимметрии и антисимметрии. Направленная асимметрия и антисимметрия детерминируется генотипически.

Для установления наличия или отсутствия направленной асимметрии была проверена гипотеза о равенстве показателя симметрии на левой и правой стороне листовых пластинок с помощью критерия Колмогорова-Смирнова.

Было установлено наличие направленных различий между левой и правой сторонами листовых пластинок по некоторым признакам как в градиенте расстояния от источника загрязнения, так и по направлениям. Полученные результаты принимали во внимание при определении КФА и такие признаки не учитывались. Таким образом, расчет КФА осуществлялся с внесением поправок, обусловленных наличием направленной асимметрии.

Антисимметрия не запрещает проявления флуктуирующей асимметрии. Соответственно для наличия или отсутствия антисимметрии определяли эксцесс КФА и проверяли его на значимость. Для территорий, значения эксцесса которых положительны, антисимметрия отсутствует. В случае отрицательного эксцесса проверялась гипотеза о его значимости, которая подтвердила равенство эксцесса нулю, что свидетельствует об отсутствии антисимметрии.

В соответствии с условной шкалой отклонения от нормы определен уровень загрязнения газопылевыми выбросами предприятия по производству строительных материалов в исследованных пробных площадках. В северо-западном направлении в градиенте расстояния от источника загрязнения (в радиусе 2,5 км) КФА составляет 1 балл по пятибалльной шкале значений показателя асимметрии и определяется как условно-нормальное качество среды

На расстоянии 6 км от цементного предприятия наблюдается увеличение величины асимметрии и соответствует 2 баллам по пятибалльной шкале значений показателя асимметрии. Можно предположить, что это связано с особенностями рассеивания загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источника загрязнения.

На расстоянии 15 км от предприятия по производству стройматериалов были отобраны контрольные растительные образцы, где показатель асимметрии соответствует 1 баллу. Это связано с тем, что данная пробная площадка расположена вне зоны рассеивания выбросов комбината и не подвергается антропогенному воздействию со стороны источника загрязнения.

В юго-восточном направлении растительные образцы с пробных площадок, отобранных в градиенте расстояния от источника загрязнения (1-2,5 км и 6-8 км) по значению величины асимметрии соответствуют норме. Однако, на расстоянии 3,5 км от источника загрязнения наблюдается повышение значения величины асимметрии, соответствующей 2 баллам. Это можно объяснить тем, что на данной пробной площади, вероятно, происходит осаждение загрязняющих веществ из выбросов цементного предприятия.

В юго-западном направлении в радиусе 1 км от источника загрязнения показатель асимметричности листьев соответствует 4 баллам, наблюдается существенное отклонение от нормы. Образцы листьев, отобранные в градиенте расстояния от источника загрязнения (2,5 и 6 км) также характеризуются КФА, соответствующим 3 баллам. Это говорит о среднем уровне отклонения от нормы. На расстоянии 15 км КФА соответствует 1 баллу и соответствует условно-нормальному качеству среды.

В северо-восточном направлении в радиусе 1 км от источника загрязнения показатель асимметричности соответствует 5 баллам, наблюдается критическое состояние качества среды. В радиусе 1,5 км КФА соответствует 3 баллам – средний уровень отклонения от нормы. Однако, на расстоянии 2,5 км от источника загрязнения наблюдается повышения значения величины асимметрии, соответствующей 5 баллам. Наблюдается критическое состояние

качества среды. Прилегающая зона (в радиусе 2,5 км) к источнику техногенного загрязнения северо-восточного направления характеризуется неблагоприятной для роста и развития растений. В радиусе 3,5 и 6 км показатель асимметричности соответствует 3 балам – среднее отклонение от нормы. В радиусе 8 и 15 км от источника загрязнения показатель асимметричности соответствует 1 баллу и определяется как условно-нормальное качество среды.

С целью выяснения влияния на величину асимметрии листовой пластинки березы повислой был проведен однофакторный дисперсионный анализ (таблица 1).

Только для юго-западного направления установлено достоверное влияние расстояния на исследуемый признак. Влияние расстояния от источника выбросов на КФА по остальным направлениям недостоверны.

**Таблица.**

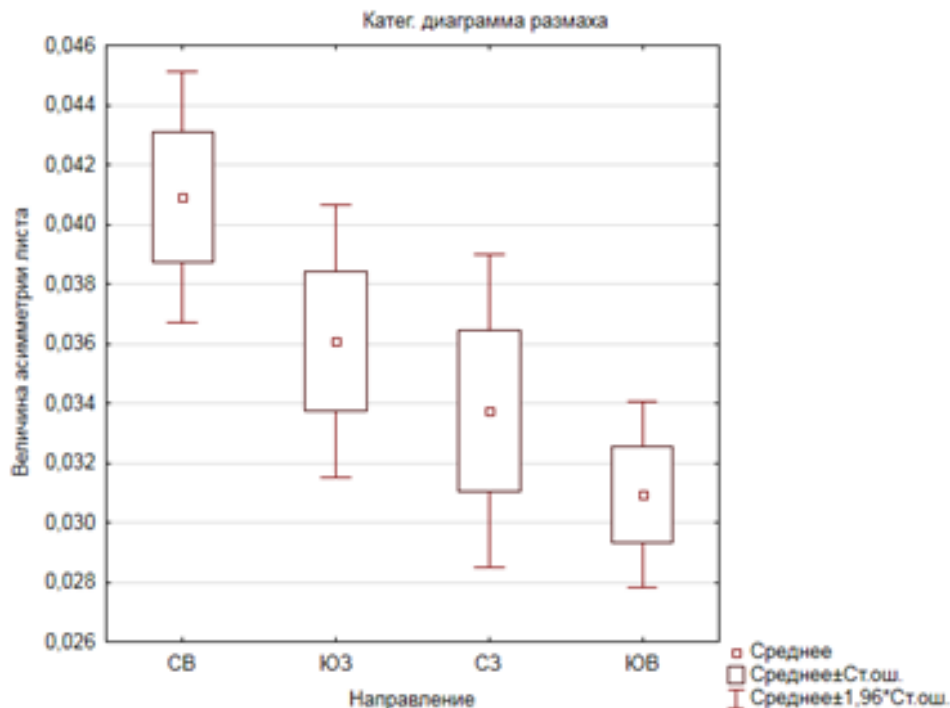
**Результаты однофакторного дисперсионного анализа  
(фактор – расстояние от источника выбросов)**

Исследуемый признак	Статистические параметры	Влияющий фактор			
		северо-восток	юго-запад	северо-запад	юго-восток
Величина асимметрии листа	$\eta^2$ , %	1,95	15,15	3,67	0,78
	F	0,56	5,71	1,22	0,22
	p	0,76	0,001	0,31	0,97

Также был проведен однофакторный дисперсионный анализ с целью выяснения влияния направления ветра на КФА. Результаты показали, что сила влияния составляет лишь 2,58% (при  $p=0,003$ ). Однако обнаружена статистически достоверная разница коэффициента флуктуирующей асимметрии по направлениям. В частности, между северо-и юго-востоком ( $p=0,00022$ ), северо-востоком и северо-западом ( $p=0,0232$ ) (рисунок 1).

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что газопылевые выбросы цементного завода оказывают определенное воздействие на древесные насаждения в зоне осаждения пылевых частиц. Однако, дополнительным источником, влияющим на ассиметричность листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth), являются выхлопных газы автотранспорта с близлежащих транспортных путей. Именно при совместном воздействии стресс-реакция является максимальной, что и проявляется в виде асимметрии листьев березы повислой (*Betula pendula* Roth). Наименее благоприятные условия для произрастания березы повислой наблюдается в северо-восточном направлении от цементного завода, что проявляется в виде асимметрии листьев. В частности, в радиусе 2,5 км от источника загрязнения среднее значение коэффициента флуктуирующей асимметрии для березы

повислой, произрастающей в северо-восточном направлении, составило 0,052 (4 балл состояния).



**Рисунок. Диаграмма размаха величин асимметрии листовой пластинки березы повислой по направлениям ветра**

Таким образом, метод флуктуирующей асимметрии листовой пластинки березы повислой является эффективным методом для изучения состояния древесной растительности в условиях антропогенного воздействия. Расчет интегральных показателей флуктуирующей асимметрии березы повислой позволил получить оценку качества среды на заложенных пробных площадках.

#### **Литература:**

1. Артамонов, В.И. Растения и чистота природной среды / В.И. Артамонов. – М.: Наука, 1986. – 172 с.
2. Бессонова, В.П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжелыми металлами / В.П. Бессонова // Экология. – 1992. – № 4. – С. 45–50.
3. Илькун, Г.М. Газоустойчивость растений / Г.М. Илькун. – Киев: Наук. думка, 1971. – 146 с.
4. Захаров, В.М. Здоровье среды: Методика оценки/ В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов, А.В. Валецкий, Н.Г. Кряжева, Е.К. Чубинашвили// Центр экологической политики России, Москва. – 2000. – С.27–35.
5. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учеб. пособие для студентов вузов / А. И. Федорова, А. И. Никольская. – М.: Владос, 2001. – 286 с.