

**Олейник Никита Александрович**, студент,  
Северный государственный медицинский университет

**Парадеева Алина Григорьевна**, студент,  
Северный государственный медицинский университет

**Карпова Иоланта Андреевна**, студент,  
Северный государственный медицинский университет

**Морозова Виктория Дмитриевна**, студент,  
Северный государственный медицинский университет

**Левицкий Сергей Николаевич**, к.б.н., доцент,  
Северный государственный медицинский университет

### ПОКАЗАТЕЛИ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ И ПИГМЕНТНОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ *PLANTAGO MAJOR L.* В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследования различных учётных площадок г. Архангельска с разной степенью антропогенной нагрузки с использованием Подорожника большого (*Plantago major L.*) в качестве биоиндикатора. Проведена комплексная оценка пяти морфометрических параметров флуктуирующей асимметрии и концентрации хлорофиллов и каротиноидов в спиртовых вытяжках из листьев.

**Ключевые слова:** Биоиндикация, флуктуирующая асимметрия, хлорофилл, каротиноиды, мониторинг урбанизированных территорий.

Архангельск является крупным транспортным и промышленным центром на Севере России. Различные районы города (центральные магистрали, спальные кварталы, промзона района Соломбала и рекреационные зоны) испытывают различную антропогенную нагрузку, что требует дифференцированной оценки состояния окружающей среды [1]. Для этих целей широко используются методы биоиндикации, позволяющие интегрально оценить воздействие загрязнителей на живые организмы [2]. Среди удобных тест-объектов особое место занимает подорожник большой (*Plantago major L.*) благодаря повсеместной распространённости и чуткой реакции на изменение условий произрастания [3].

**Цель работы** – сравнительная оценка показателей флуктуирующей асимметрии листовой пластинки и концентрации основных пигментов у подорожника большого на участках с различной интенсивностью дорожного движения в черте г. Архангельска.

**Материалы и методы.** Исследование проводилось в июне 2026 г. на территории г. Архангельска. Растительный материал отбирали на 11 учётных площадках, расположенных в разных районах г. Архангельска (проспект Обводный канал, улицах Советская, Гагарина, Урицкого, Тимме, проспект Советских космонавтов, Площадь 60-летия Октября), которые затем были сгруппированы в 2 точки в зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха. Общий объём выборки составил более 110 листьев. Для каждого образца оценивали 5 показателей асимметрии (площадь, ширина, длина жилки второго порядка, расстояние между жилками первого и второго порядка, угол между жилкой второго порядка и центральной жилкой) по стандартной методике [4]. Измерения проводили с точностью до 0,1 мм.

Пигментный состав листьев определяли путем проведения спектрофотометрического анализа с экстракцией навески листьев (0,2 г) 96% этанолом. Оптическую плотность измеряли



при 470, 649 и 665 нм. Концентрации хлорофилла а, хлорофилла b и каротиноидов вычисляли по формулам Ветштейна [5] с пересчётом на мг/г сырой массы.

Статистическую обработку проводили с использованием пакета SPSS. Для сравнения двух независимых выборок применяли U-критерий Манна–Уитни (при ненормальном распределении, подтверждённым тестом Шапиро–Уилка). Различия считали значимыми при  $p < 0,05$ . Данные представлены как медиана (Q25–Q75).

**Результаты исследования.** Все 11 площадок разделили на две группы: фоновые (условно чистые) и стрессовые (с интенсивным движением). В таблице 1 приведены обобщённые данные для этих групп.

Таблица 1.

Показатели коэффициента флуктуирующей асимметрии листовых пластинок и концентрации фотосинтетических пигментов у *Plantago major L.* (Me, Q25–Q75)

Показатель	Площадка 1	Площадка 2	p
Асимметрия			
Площадь листовой пластинки	0,028 (0,019;0,05)	0,045 (0,021;0,072)	0,822
Ширина листовой пластинки	0,03 (0,021;0,045)	0,033 (0,019;0,053)	0,938
Длина жилки второго порядка	0,028 (0,011;0,044)	0,029 (0,01;0,0485)	0,936
Расстояние между жилками 1 и 2 порядка	0,048 (0,02;0,074)	0,059 (0;0,0769)	0,822
Угол между жилкой второго порядка и центральной жилкой	0,042 (0,024;0,077)	0,095 (0,04;0,38)	<b>0,0008</b>
Пигменты, мг/г			
Хлорофилл А	3,157 (2,472;3,796)	3,542 (2,604,3,786)	<b>0,0007</b>
Хлорофилл В	1,511 (1,068;2,247)	1,654 (1,286;2,146)	0,476
Каротиноиды	1,298 (0,938;1,537)	2,819 (1,534;3,078)	<b>0,0007</b>
С хла/С хлв	2,061 (1,646;2,252)	2,02 (1,56;2,23)	0,672
(С хла+С хлв)/С кар	3,347 (3,03;4,369)	1,931 (1,762;2,481)	0,059

Проведенный статистический анализ показал, что из 5 показателей флуктуирующей асимметрии, только значение угла между жилкой второго порядка и центральной жилкой являлось статистически значимым. По другим показателям достоверных различий обнаружено не было.

Анализ концентраций фотосинтетических пигментов установил достоверные статистически значимые различия в уровнях хлорофилла А и каротиноидов. Концентрация хлорофилла А увеличилась на 12,2% по сравнению с фоновыми значениями, концентрация каротиноидов соответственно на 17,2%.

**Обсуждение.** Полученные результаты показали, что растения по-разному реагируют на загрязнение. Самым уязвимым показателем оказался угол асимметрии: на участках с интенсивным движением он был значительно выше. Это говорит о том, что у растений нарушается нормальное развитие, и они становятся менее симметричными [6].

Неожиданным стало то, что в стрессовых условиях содержание хлорофилла А и каротиноидов не снизилось, а возросло. Обычно загрязнение угнетает фотосинтез, но здесь наблюдалась обратная картина. Вероятно, растения включают защитные механизмы: они



увеличивают количество пигментов, чтобы компенсировать повреждения. Особенно это касается каротиноидов, которые известны своей антиоксидантной ролью (они защищают клетки от разрушения под действием вредных веществ) [7].

*Список литературы:*

1. Иванцова Е.А., Постнова М.В., Сагалаев В.А., Матвеева А.А., Холоденко А.В. Экологическая оценка городских агломераций на основе индикаторов устойчивого развития // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3, Экономика. Экология. – 2019. – Т. 21, № 2. – С. 143–156. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-otsenka-gorodskih-aglomeratsiy-na-osnove-indikatorov-ustoychivogo-razvitiya> (дата обращения: 2-06.2026)
2. Дымшакова А.В., Левашова А.А. Использование методов биоиндикации в оценке состояния окружающей среды на примере почвы и атмосферного воздуха // Вестник Курганского государственного университета. – 2015. – №4 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-metodov-bioindikatsii-v-otsenke-sostoyaniya-okruzhayuschey-sredy-na-primere-pochvy-i-atmosfernogo-vozduha> (дата обращения: 22.06.2026)
3. Густарёва А.Д. Биоиндикация экологических факторов в Центральном и Петроградском районах Санкт-Петербурга на примере листьев подорожника большого // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых. Электронное издание. – СПб: Университет ИТМО. – 2026. URL: <https://kmu.itmo.ru/digests/article/16279>. (дата обращения: 22.06.2026)
4. Боголюбов А.С. Оценка экологического состояния леса по асимметрии листьев. – М.: «Экосистема» – 2002. – 10 с.
5. Состояние пигментного комплекса одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* L.) как биоиндикатора антропогенной нагрузки территории на примере города Архангельска / Н. А. Бебякова, С. Н. Левицкий, Е. Л. Жиборт [и др.] // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2024. – № 2. – С. 11-14.
6. Кириенко Н.Н., Терлеева П.С. Влияние техногенного загрязнения территории на содержание пигментов в листьях лекарственных растений. URL: [www.kgau.ru/img/konferenc/2009/22.doc](http://www.kgau.ru/img/konferenc/2009/22.doc) (дата обращения: 06.06.2026)
7. Толкачёва Т.А., Володько А.С., Фомичёва Н.С. Содержание фотосинтетических пигментов и феноловых кислот в экстрактах, полученных из листьев дикорастущих растений // Веснік МДПУ імя І. П. Шамякіна. – 2021. – №2 (58). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhaniefotosinteticheskikh-pigmentov-i-fenolovyh-kislot-v-ekstraktah-poluchennyh-iz-listiev-dikorastuschih-rasteniy> (дата обращения: 20.05.2026).

