

УДК 582.949.27
DOI: 10.26456/vtbio465

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СЕМЕЙСТВА ПОДОРОЖНИКОВЫЕ (PLANTAGINACEAE) В БИОИНДИКАЦИИ

С.Н. Левицкий, Е.Л. Жиборт, Н.А. Фадеева

Северный государственный медицинский университет, Архангельск

Растения – биоиндикаторы, как правило, первыми реагируют на антропогенное воздействие. Загрязнение окружающей среды может приводить к нарушениям морфологических и физиологических показателей. В частности, с увеличением антропогенной нагрузки более ярко выражается флуктуирующая асимметрия, изменяется функционирование пигментного комплекса, что выражается в изменении содержания пигментов и интенсивности фотосинтеза. Определен коэффициент флуктуирующей асимметрии, содержание хлорофилла а и b, каротиноидов в листьях различных видов семейства Подорожниковых, произрастающих в различных районах г. Архангельска. Представители данного семейства распространены в городских агломерациях всех природных зон России и активно используется не только как источник лекарственного сырья, но и в качестве растения - биоиндикатора при проведении мониторинга антропогенной нагрузки на территорию. Установлено изменение как абсолютных показателей пигментного комплекса, так и основных маркеров антропогенного воздействия. Полученные результаты представляют интерес при оценке качества лекарственного растительного сырья.

Ключевые слова: биоиндикация, тест-объекты, флуктуирующая асимметрия, пигментный комплекс, семейство Подорожниковые.

Введение. Проблема заготовки качественного лекарственного сырья растительного происхождения в настоящее время является актуальной, так как постоянно происходит расширение производственных территорий и промышленных агломераций, которое сопровождается значительной антропогенной нагрузкой. Данная тенденция характерна для всех регионов страны, в том числе и для Арктической зоны России.

Ландшафты урбанизированных территорий формируются в результате взаимодействия техногенных, антропогенных и природных компонентов. В промышленных центрах исходные природные ландшафты изменили свою структуру, а динамика их развития связана с

антропогенной и техногенной нагрузкой (Кочуров, 2018; Ионкин, 2022).

При заготовке лекарственных растительных средств, по общепринятому мнению, кроме соблюдения оптимальных условий заготовки, технологии производства и хранения растительного сырья, особое внимание должно уделяться факторам окружающей среды, способствующим максимальному накоплению биологически активных веществ (Игнатова, 2019, Mazurkin, 2019). Кроме того, остро стоит проблема контроля качества растительного сырья, которое заготавливается на территориях с высокой антропогенной нагрузкой (Головки, 2010; Григорьева, 2022).

Одними из дикорастущих лекарственных растений, повсеместно произрастающих на территории Европейского Севера России, в том числе и в Архангельской области, являются представители рода Подорожник (*Plantago*), семейства Подорожниковые (Plantaginaceae) (Чудновская, 2023), среди которых наиболее часто встречаются такие виды как подорожник большой *Plantago major* L., подорожник средний *Plantago media* L. и подорожник ланцетолистный *Plantago lanceolata* L. (Кириенко, 2014).

В современной медицине подорожник используется как ранозаживляющее, обезболивающее, противовоспалительное, противоаллергическое, противоопухолевое, снотворное, седативное, обволакивающее, кровоостанавливающее, спазмолитическое, антипиретическое, противокашлевое, мочегонное, слабительное и умеренное гипотензивное средство, является адаптогеном (Дымова, 2019).

Представители рода *Plantago*, являясь лекарственными растениями, могут быть использованы и в качестве растений-индикаторов загрязнения окружающей среды. Так, например, установлено, что пластичность основных морфометрических параметров вегетативных и генеративных побегов *Plantago major* L. напрямую зависит от антропогенных нагрузок (Лабутина, 2021).

Имеются данные, что в условиях городских агломераций *Plantago major* L. характеризуется как устойчивое растение, но испытывающее определенный стресс, который проявляется в сокращении некоторых морфометрических характеристик растений, являясь биоаккумулятором загрязняющих веществ. Это указывает на возможность использовать данный вид как биоиндикатор состояния окружающей среды и как фитомедиатор.

Изучение количественного содержания растительных пигментов в листьях растений является в настоящее время актуальной задачей, так как фотосинтетический аппарат является одной из чувствительных структур, быстро реагирующих на изменение экологических условий и

различные виды загрязнений как в атмосфере, так и в почве (Лебединский, 2020). Кроме того, установлено, что в условиях северных широт фотосинтетическая система испытывает определенное физиологическое напряжение, что выражается в изменении структуры пигментного комплекса (Кириенко, 2014).

Пигментный комплекс может служить маркером антропогенного загрязнения окружающей среды. При техногенной нагрузке наблюдается существенное изменение в содержании хлорофилла и каротиноидов в растительном сырье в сторону понижения, а также фиксируются сдвиги в структуре мембран хлоропластов и снижение интенсивности фотосинтеза (Sinyutina, 2020; Уразгильдин, 2022).

Влияние антропогенной нагрузки территории на растительные объекты выражается и в изменении морфометрических характеристик растений, что выражается изменении пластичности вегетативных и генеративных структур (Лабутина, 2021) и изменении коэффициента флуктуирующей асимметрии, которую необходимо учитывать при интерпретации результатов оценки экологического состояния территорий (Козлов, 2017). Однако большинство исследований экологического характера с использованием коэффициента флуктуирующей асимметрии проводится с использованием древесных растений.

Имеются данные о том, что в биомониторинге оценки качества среды с помощью фенетического анализа, целесообразно использовать *Plantago major* L. (Свидетельство о регистрации..., 2023). Установлено, что фенетические показатели достаточно объективно отражают экологическое состояние биотопов, а фенетическое разнообразия листьев *Plantago major* L. снижается по мере увеличения уровня загрязнения среды и, наоборот, повышается в местах низкого уровня загрязнения, что можно использовать в качестве маркеров экологического благополучия изучаемых территорий (Мейсурова и др., 2023; Маринюк, Мейсурова, 2025).

В связи с тем, что сравнение флоры антропогенных местообитаний с эталонной флорой может дать представление о характере трансформации и степени экологической пластичности территории к антропогенному воздействию (Бабкина, 2018), **целью данного исследования** являлось изучение показателей флуктуирующей асимметрии листовой пластинки и пигментного комплекса различных видов семейства Подорожниковые (Plantaginaceae), произрастающих в условиях высоких широт (территории Архангельской области с разной степенью антропогенной нагрузки), для обоснования их использования при биомониторинге и целесообразности их сбора в качестве фитосырья.

Методика. Объектом исследования являлась надземная часть побега *Plantago major* L., *Plantago media* L. и *Plantago lanceolata* L. Сырье отбирали в естественных условиях в окрестностях города Архангельска в летний период (конец июня – начало июля). Для выбора площадок использовали методики, принятые в ботанических исследованиях (условно чистая – контроль и с антропогенной нагрузкой).

Контрольная площадка была оценена как коренная, малонарушенная, индигенная (Бабкина, 2015). Расположена за пределами городской агломерации (12 км), на левом берегу реки Северная Двина, в значительном удалении от автомагистралей, промышленных объектов и других источников загрязнения.

Экспериментальная площадка являлась синантропизированной, сохранившей черты коренного сообщества, но претерпевшая изменения в своей структуре. Расположена в пределах городской агломерации на границе рекреационной и промышленной зон (набережная реки), с автодорогой неинтенсивного движения.

В каждой площадке в трехкратной повторности были заложены пробные площадки размером 10 x 10 м, где осуществляли случайную выборку листьев у 50 генеративных растений каждого вида в трехкратной повторности. Дальнейшее изучение морфофизиологических и биохимических показателей проводили в лабораторных условиях.

Показатель асимметрии листовых пластинок рассчитывали как разницу между левой и правой половинками, поделенными на их сумму. Определяли ширину половинок листовой пластинки, измеренную на середине ее длины (Лебединский, 2020). Коэффициент флуктуирующей асимметрии выражали в условных единицах, используя методические рекомендации (Методические рекомендации..., 2003).

Содержание хлорофиллов а и b, каротиноидов определяли методом фотометрии в видимой области спектра на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ с использованием стеклянных кювет с толщиной поглощающего слоя 10 мм.

Измерение проводили при двух длинах волн 665 и 649 нм, соответствующих максимумам поглощения хлорофилла а и b. Количественное содержание каротиноидов определяли по адсорбционному максимуму при длине волны 470 нм. Для определения содержания пигментов в растительном сырье получали извлечение путем растирания 40 мг свежих листьев подорожника в фарфоровой ступке с последующим добавлением 10 мл 96 % спирта этилового. Извлечение оставляли на 48 часов в защищенном от света

месте до полного выхода пигментов из растительного сырья.

Расчет содержания пигментов производили по формулам (1-3):

$$\text{Схл а} = [(13,95 \cdot D_{665} - 6,88 \cdot D_{649}) \cdot V] / m \quad (1),$$

$$\text{Схл б} = [(24,96 \cdot D_{649} - 7,32 \cdot D_{665}) \cdot V] / m \quad (2),$$

$$\text{С кар} = [1000 \cdot D_{470} \cdot V / m - 2,05 \cdot \text{Схл а} - 114,8 \cdot \text{Схл б}] / 245 \quad (3),$$

где: Схл а, Схл б, Скар — количество хлорофилла а, б и каротиноидов, выраженное в мг/г сырого вещества; D665, D649 и D470 — оптическая плотность спиртового извлечения пигментов при соответствующих длинах волн (нм); m — масса взятой навески, мг; V — объем этанола в пробирке, мл.

Статистическая обработка полученных результатов, оценка распределения показателей, сравнительный анализ выборок проведен с помощью пакета программ для статистической обработки «STATA» («Stata Corp», TX, USA) общепринятыми методами статистической обработки.

Результаты и обсуждение. Анализ показателей изменения форфологических признаков у различных представителей семейства Plantaginaceae представлен в табл. 1.

Таблица 1

Показатели коэффициента флуктуирующей асимметрии листовой пластинки (КФА) у представителей семейства Plantaginaceae

Виды	КФА чистой зоны	КФА зоны с антропогенной нагрузкой	P
<i>Plantago major</i> L.	0,0034±0,0025	0,0121±0,0143	≤0,005
<i>Plantago media</i> L.	0,0015±0,0004	0,0112±0,0124	≤0,005
<i>Plantago lanceolata</i> L.	0,0007±0,0004	не обнаружен	-

Значения КФА демонстрируют условно-нормальное развитие изученных видов на обеих экспериментальных площадках, что свидетельствует об определенной устойчивости подорожников к антропогенным воздействиям, однако более высокие показатели КФА в зоне антропогенной (транспортной) нагрузки говорит о сдвигах механизмов адаптации. Как видно из табл. 1, статистически значимые различия показателей КФА были обнаружены у подорожника большого и подорожника среднего. Абсолютные показатели КФА сопоставимы с данными, полученными другими исследователями (Кириенко, 2014).

Кроме того, было установлено, что самые низкие показатели КФА листовой пластинки характерны для подорожника ланцетовидного *Plantago lanceolata* L., в зоне с антропогенным воздействием, что может говорить о его высокой уязвимости и возможности использования в

качестве биоиндикатора при мониторинге состояния окружающей среды.

Результаты изучения пигментного комплекса у представителей семейства Plantaginaceae представлены в таблице 2.

Таблица 2

Содержание пигментов (мг/г сырого вещества) в листьях представителей семейства Plantaginaceae

Виды	Чистая зона			Зона с антропогенной нагрузкой		
	Схл. а	Схл. b	Скар	Схл. а	Схл. b	Скар
<i>Pl. major</i> L.	4,42±0,40	3,10±0,33	0,67±0,12	4,35±0,70	3,57±0,20*	0,56±0,18
<i>Pl. media</i> L.	5,56±0,12	3,87±0,67	1,16±0,60	5,18±1,03*	3,82±0,34	1,02±0,03
<i>Pl. lanceolata</i> L.	4,45±0,06	2,75±0,04	0,66±0,32	4,03±0,82	2,24±0,16*	1,54±0,16*

Примечание: * - $p \leq 0,005$.

Анализ содержания основных пигментов у различных видов подорожников показал, что статистически значимые снижения уровня хлорофилла а при антропогенном воздействии наблюдаются только у *Plantago media* L., хлорофилла b у *Plantago major* L. и *Plantago lanceolata* L., каротиноидов – только у *Plantago lanceolata* L.

В исследованиях Уромовой И.П. (2023) установлено более сильное снижение хлорофилла а по сравнению с хлорофиллом b в результате повреждения мембраны хлоропластов, снижения интенсивность фотосинтеза и разрушения хлорофилла а и каротиноидов.

Таблица 3

Маркеры функционирования фотосинтетического аппарата у представителей семейства Plantaginaceae

Виды	Чистая зона		Зона с антропогенной нагрузкой	
	1	2	1	2
<i>Plantago major</i> L.	1,426	11,224	1,219	14,143
<i>Plantago media</i> L.	1,437	8,129	1,356	8,824
<i>Plantago lanceolata</i> L.	1,618	10,909	1,799	4,072

Примечание: 1 - Схл а / Схл b, 2- (Схл а +Схл b) / Скар.

Таким образом, все изученные виды семейства Plantaginaceae так или иначе реагируют на изменение активности фотосинтетического аппарата в ответ на антропогенное воздействие.

Однако, следует учитывать, что выявленные различия могут быть обусловлены не только антропогенным воздействием, но и специфическими физиологическими особенностями видов семейства

Plantaginaceae, а также комплексом других экологических факторов.

Абсолютные концентрации пигментов не всегда дают отражают степень антропогенной нагрузки на территорию, поэтому целесообразно определять отношение концентрации хлорофилла а к хлорофиллу b ($C_{хл\ a} / C_{хл\ b}$) и отношение концентрации суммы хлорофиллов а и b к концентрации каротиноидов ($(C_{хл\ a} + C_{хл\ b}) / C_{кар}$). В проведенном исследовании были получены следующие результаты (табл. 3).

Анализ полученных данных показал, что для *Plantago major* L. и *Plantago media* L. характерны изменения данных показателей, обнаруженных и другими авторами (Sinyutina, 2020). В частности, установлено, что отношение $C_{хл\ a} / C_{хл\ b}$ снижается, а отношение $(C_{хл\ a} + C_{хл\ b}) / C_{кар}$ возрастает с усилением антропогенной нагрузки на территорию. При загрязнении окружающей среды первый показатель, как правило, уменьшается, а второй - увеличивается (Mazurkin, 2019, Акатьева, 2020).

Однако данная закономерность не была установлена для *Plantago lanceolata* L., что делает сомнительным его использование в качестве биоиндикатора состояния окружающей среды. Вероятно, данный вид имеет особые механизмы регулирования и адаптации фотосинтетического аппарата к условиям антропогенного воздействия.

Заключение. Использование растений-биоиндикаторов для оценки качества окружающей среды до сих пор является актуальной, поскольку результаты, полученные с помощью данных объектов не всегда позволяют сделать однозначные выводы (Esyakova, 2020). Кроме того, для проведения биоиндикации предпочтение отдается в основном древесным растениям, однако для сбора растительного сырья в лекарственных целях необходимо проводить исследования именно с их использованием.

В проведенном исследовании виды, относящиеся к семейству *Plantaginaceae*, показали себя удобными тест-объектами, так как широко распространены на территории России, в том числе и на Европейском Севере. Их использование обусловлено тем, что по отношению к 10 факторам экологических шкал Д.Н. Цыганова эти виды рода *Plantago* являются гемизвравалентными, гемистеновалентными, эвравалентными (Османова, 2009).

Определение содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях различных видов подорожников, а также определение коэффициента флуктуирующей асимметрии листовой пластинки у изученных видов в целом показали свою информативность. Подобные исследования позволяют не только оценить антропогенную нагрузку на окружающую среду территории, но и определиться с возможной сырьевой базой для заготовки лекарственного растительного сырья. Для дальнейшего

использования в биоиндикационных исследованиях для определения степени антропогенной нагрузки на территорию целесообразно использовать *Plantago major* L. и *Plantago media* L.

Список литературы

- Акатьева Т.Г. 2020. Оценка качества атмосферного воздуха в с. Армизонское Тюменской области методом биоиндикации // Вестник Нижневартовского государственного университета. № 2. С. 151-156. DOI 10.36906/2311-4444/20-2/20. EDN: OHKLZN.
- Бабкина С.В., Сафонова Е.В. 2015. Механизмы антропогенной трансформации флор и подходы к ее анализу // Современные проблемы науки и образования. № 6. С. 640. EDN TGBJQC.
- Головки Т.К., Далькэ И.В., Дымова О.В., Загожий И.Г., Табаленкова Г.Н. 2010. Пигментный комплекс растений природной флоры европейского Северо-Востока // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2010. № 1(1). С. 39-46. EDN: NCOGGD.
- Григорьева Л.М. 2022. Факторы, влияющие на качество лекарственного растительного сырья и на лекарственные формы, полученные из него // Современная организация лекарственного обеспечения. Т. 9. № 3. С. 73-74. DOI 10.30809/solo.3.2022.24. EDN: BDSSDY.
- Дымова О.В., Головки Т.К. 2019. Фотосинтетические пигменты в растениях природной флоры таежной зоны европейского северо-востока России // Физиология растений. Т. 66. № 3. С. 198-206. DOI 10.1134/S0015330319030035.
- Игнатова Е.В. 2019. Оценка состояния сырья подорожника большого с точки зрения экологической чистоты // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. № 09. С. 11-13. EDN: UGPIWK.
- Ионкин К.В. 2022. Динамика городских ландшафтов (на примере г. Хабаровска) // Региональные проблемы. Т. 25. № 3. С. 25-27. DOI: 10.31433/2618-9593-2022-25-3-25-27.
- Карматов И.Д., Наврузова О.К., Авезова С.М. 2018. Подорожник большой и ланцетовидный // Биология и интегративная медицина. № 10(27). С. 78-97. EDN: VDTQDR.
- Кириенко Н.Н., Коротченко И.С. 2014. Влияние антропогенной загрязненности урболандшафта на морфометрические характеристики подорожника большого (*Plantago major* L.) // Вестник Красноярского государственного университета. №10. С 116-119. EDN: SZFFSX.
- Козлов М.В. 2017. Исследования флуктуирующей асимметрии растений в России: мифология и методология // Экология. № 1. С. 3-12. DOI: 10.7868/S0367059717010103. EDN: XHMOVR.
- Кочуров Б.И., Хазиахметова Ю.А., Ивашкина И.В., Сукманова Е.А. 2018. Ландшафтный подход в градостроительном проектировании // Юг России: экология, развитие. Т. 13, № 3. С. 71–82. DOI: 10.18470/1992-1098-2018-3-

71-82.

- Лабутина М.В., Маскаева Т.А., Чегодаева Н.Д. 2021. Определение жизнеспособности *Plantago major* (L.) в условиях Г. Саранска // Международный научно-исследовательский журнал. № 8-2(110). С. 14-18. DOI 10.23670/IRJ.2021.110.8.038. EDN AEIVTF.
- Лебединский И.А., Мочалова К.Ю. 2020. Площадь листовой пластинки как дополнительный критерий оценки выраженности флуктуирующей асимметрии по методике Захарова // Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия № 2. Физико-математические и естественные науки. № 1. С. 60-65. DOI 10.24412/2308-720X-2020-1-60-65. EDN: SGSVVC.
- Маринюк А.В., Мейсурова А.Ф. 2025. Фенетический анализ *Plantago major* L. Как метод фитоиндикации в узлах экологической напряженности города Твери // Актуальные проблемы природопользования и природообустройства : Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 18–19 ноября 2025 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет. С. 181-184. EDN GYRQDA.
- Мейсурова А.Ф., Еремеева О.А., Савинов А.Б. 2023. Индикаторные возможности некоторых видов растений в биомониторинге состояния среды по данным фенетического анализа // Вестник ТвГУ. Серия: Биология и экология. № 3 (71). С. 127-138.
- Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур): Распоряжение Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р. – М., 2003. – 28 с. URL: <https://teacher.msu.ru/sites/default/files/resursy/9-methods-licenz.pdf> (дата обращения 15.07.25).
- Османова Г.О. 2009. Онтогенетическая структура ценопопуляций *Plantago major* L., *Plantago media* L., *Plantago lanceolata* L., произрастающих в одном сообществе // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ontogeneticheskaya-struktura-tsenopopulyatsiy-plantago-major-l-plantago-media-l-plantago-lanceolata-l-proizrastayuschih-v-odnom-1> (дата обращения: 31.05.2025).
- Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2023624814 Российская Федерация. Фонд морфологических и физиолого-биохимических данных индикаторного вида *Plantago major* в городах Ржевско-Старицкого Поволжья Тверской области: № 2023624582; заявл. 07.12.2023; опубл. 20.12.2023 / А.Ф. Мейсурова, О.А. Еремеева; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет». – EDN JXCHY.
- Уразгильдин Р.В., Кулагин А.Ю. 2022. Повреждения, адаптации, стратегии древесных видов в условиях техногенеза: структурно-функциональные уровни реализации адаптивного потенциала // Успехи современной биологии. Т. 142. № 1. С. 52-69. DOI: 10.31857/S0042132422010082.

EDN: QYTXAZ.

- Уромова И.П., Штырлина О.В., Дедюра И.С. 2023. Влияние антропогенных факторов на содержание фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений в городских условиях // *Journal of Agriculture and Environment*. №12 (40). URL: <https://jae.cifra.science/archive/12-40-2023-december/10.23649/JAE.2023.40.15> (дата обращения: 31.05.2026). DOI: 10.23649/JAE.2023.40.15. EDN: TXGPNR.
- Чудновская Г.В., Чернакова О.В. 2023. Флуктуирующая асимметрия листа *Acer negundo* L. как индикатор состояния организма и качества городской среды // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. Т. 28. № 2. С. 293-302. DOI 10.31242/2618-9712-2023-28-2-293-302. EDN: ZVMTIY.
- Esyakova O.A., Voronin V.M. 2020. Bioindication methods in environmental engineering // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Krasnoyarsk, 16–18 апреля 2020 года / Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 862. Krasnoyarsk: Institute of Physics and IOP Publishing Limited. P. 62009. DOI 10.1088/1757-899X/862/6/062009. EDN: APRFMH.
- Mazurkin P.M., Kudryashova A.I. 2019. Patterns of phytoindication pollution of the urban environment the maximum width of the leaves of the silver birch // *Advances in current natural sciences*. № 8. P. 50-55. DOI 10.14738/aivp.73.6691.
- Sinyutina S.Ye., Shubina A.G. 2020. The use of indicators of plant photosynthetic and enzymatic activity in bioindication studies // *Journal of Agriculture and Environment*. № 4(16). P. 29-34. DOI 10.23649/jae.2020.4.16.3. EDN: WUFBZV.

MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL FEATURES OF PLANTAGINACEAE IN BIOINDICATION

S.N. Levitsky, E.L. Zhibort, N.A. Fadeeva
Northern State Medical University, Arkhangelsk

Bioindicator plants are usually the first to react to anthropogenic impact. Environmental pollution can lead to violations of morphological and physiological parameters. In particular, with an increase in anthropogenic tailings, fluctuating asymmetry is more pronounced, the functioning of the pigment complex changes, which is reflected in changes in the pigment content and photosynthesis intensity. The coefficient of fluctuating asymmetry, the content of chlorophyll a and b, and carotenoids in the leaves of various species of the Plantaginaceae growing in various districts of Arkhangelsk were determined. Representatives of this family are common in urban agglomerations of all natural zones of Russia and are actively used not only as a source of medicinal raw materials, but also as a bioindicator plant when monitoring anthropogenic load on the territory. Changes in both the absolute parameters of the pigment complex and the main markers of

anthropogenic impact have been established. The results obtained are also of interest in assessing the quality of medicinal plant raw materials.

Keywords: *bioindication, test objects, fluctuating asymmetry, pigment complex, Plantaginaceae.*

Об авторах:

ЛЕВИЦКИЙ Сергей Николаевич – кандидат биологических наук, доцент кафедры медицинской биологии и генетики ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет Минздрава РФ, 163000, Архангельская область, город Архангельск, проспект Троицкий, дом 51, e-mail: info@nsmu.ru.

ЖИБОРТ Екатерина Леонидовна – кандидат биологических наук, доцент кафедры медицинской биологии и генетики ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет Минздрава РФ, 163000, Архангельская область, город Архангельск, проспект Троицкий, дом 51, e-mail: info@nsmu.ru.

ФАДЕЕВА Наталья Алексеевна – преподаватель кафедры медицинской биологии и генетики ФГБОУ ВО Северный государственный медицинский университет Минздрава РФ, 163000, Архангельская область, город Архангельск, проспект Троицкий, дом 51, e-mail: info@nsmu.ru.

Левицкий С.Н. Использование морфологических и физиологических особенностей семейства подорожниковые (Plantaginaceae) в биоиндикации / С.Н. Левицкий, К.Л. Жиборт, Н.А. Фадеева // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2026. № 2(82). С. 153-163.

Дата поступления рукописи в редакцию: 20.05.26

Дата подписания рукописи в печать: 01.06.26