МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО РАН НА ТЕРРИТОРИИ ДНР

ISSN 2664-7362 (PRINT)
ISSN 2664-7370 (ONLINE)

МАТЕРИАЛЫ
XI Международной научной конференции

Донецкие чтения – 2026:
образование, наука, инновации, культура и вызовы современности



Том 3 | **Биологические, химические, медицинские науки и экология. Часть 1**

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Представительство федерального государственного
бюджетного учреждения «Российская академия наук»
на территории Донецкой Народной Республики

XI Международная научная конференция

Материалы конференции

Донецкие чтения – 2026: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности

Том 3

БИОЛОГИЧЕСКИЕ, ХИМИЧЕСКИЕ, МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ И ЭКОЛОГИЯ

Часть 1

г. Донецк
10–12 ноября 2026 г.

Донецк
Издательство ДонГУ
2026

ББК Е.я431+Г.я431+Р.я431
УДК 57+58+59+54+61+502/504(043.2)
Д672

Редакционная коллегия:

С.В. Беспалова (гл. ред.), А.В. Белый (зам. гл. ред.), В.А. Дубровина, М.В. Фоменко, О.С. Горецкий, А.И. Сафонов (отв. секр. секции), В.О. Корниенко, В.В. Труш, Е.В. Прокопенко, А.Д. Штирц, С.И. Демченко, А.О. Елизаров, А.О. Лисун, Ю.П. Загнитко.

Д672 **Донецкие чтения – 2026: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности:** Материалы XI Международной научной конференции (Донецк, 10–12 ноября 2026 г.). – *Том 3: Биологические, химические, медицинские науки и экология. Часть 1* / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2026. – 459 с.

Ответственность за содержание материалов, аутентичность цитат, правильность фактов и ссылок несут авторы.

В первую часть третьего тома материалов XI Международной научной конференции «Донецкие чтения – 2026: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности» вошли исследования по актуальным проблемам биологических и медицинских наук. Рассматриваются вопросы биофизики, ботаники, зоологии, физиологии растений и грибов, микробиологии, биотехнологии, физиологии человека и животных, медицины и экологии.

Освещенные в сборнике проблемы и направления их решения будут полезны научным работникам, преподавателям, студентам, аспирантам, докторантам, проводящим научные исследования в области биологических и медицинских наук.

ББК Е.я431+ Г.я431+Р.я431
УДК 57+58+59+54+61+502/504(043.2)

© Коллектив авторов, 2026
© Донецкий государственный университет, 2026

ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель:

Панченко Владислав Яковлевич, вице-президент Российской академии наук, д-р физ.-мат. наук, профессор, академик РАН (г. Москва).

Сопредседатель:

Беспалова Светлана Владимировна, ректор Донецкого государственного университета, руководитель Представительства Российской академии наук на территории Донецкой Народной Республики, д-р физ.-мат. наук, профессор (г. Донецк).

Члены программного комитета:

Алексеев Игорь Александрович, ведущий научный сотрудник лаборатории физической географии и биогеографии Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, д-р геогр. наук (г. Иркутск).

Андреев Дмитрий Александрович, заместитель декана по научной работе исторического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова (г. Москва), д-р ист. наук, доцент (г. Москва).

Аноприенко Александр Яковлевич, ректор Донецкого национального технического университета, канд. техн. наук, профессор (г. Донецк).

Бабурин Сергей Николаевич, президент Ассоциации юридических вузов, научный руководитель Центра интеграционных и цивилизационных исследований Института государства и права РАН, д-р юрид. наук, профессор, почётный профессор Донецкого государственного университета (г. Москва).

Бахтин Станислав Геннадиевич, декан химического факультета Донецкого государственного университета, канд. хим. наук, доцент (г. Донецк).

Белозеров Геннадий Александрович, заместитель генерального директора Автономной некоммерческой организации «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов».

Белый Александр Владимирович, проректор по научной и инновационной деятельности Донецкого государственного университета, канд. хим. наук, доцент (г. Донецк).

Блинова Елена Евгеньевна, заведующая кафедрой прикладной психологии и развития личности Херсонского государственного педагогического университета, д-р психол. наук, профессор (г. Херсон).

Вартанова Елена Леонидовна, декан факультета журналистики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, д-р филол. наук, академик РАО (г. Москва).

Варюхин Виктор Николаевич, научный руководитель Донецкого физико-технического института им. А. А. Галкина, д-р физ. мат. наук, профессор, член-корр. РАН, (г. Донецк).

Воронова Ольга Евгеньевна, профессор кафедры литературы и журналистики, руководитель Центра региональных проектов и межрегиональных связей Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина, д-р филол. наук, профессор (г. Рязань).

Ганиева Ирина Александровна, директор АНО «Научно образовательный центр „Кузбасс“», д-р экон. наук, доцент (г. Кемерово).

Глухов Александр Захарович, главный научный сотрудник Донецкого ботанического сада, профессор кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета, д-р биол. наук, профессор (г. Донецк).

Головчан Алексей Витальевич, директор Донецкого физико-технического института им. А. А. Галкина, канд. физ. мат. наук, доцент (г. Донецк).

Данилюк Даниил Анатольевич, и. о. директора Института прикладной математики и механики, канд. физ. мат. наук (г. Донецк).

Журавлёва Екатерина Васильевна, Советник президента РАН, советник Председателя Совета директоров ГК «ЭФКО», д-р с.-х. наук, профессор РАН (г. Белгород).

Зенченко Светлана Вячеславовна, проректор по научной работе Северо-Кавказского федерального университета, д-р экон. наук, профессор (г. Ставрополь).

Зинченко Юрий Петрович, декан факультета психологии Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, д-р психол. наук, профессор, член-корреспондент РАН, академик РАО (г. Москва).

Игнатенко Григорий Анатольевич, ректор Донецкого государственного медицинского университета им. М. Горького, д-р мед. наук, профессор, академик РАН (г. Донецк).

Ильинский Владимир Викторович, и. о. зав. кафедрой общей экологии и гидробиологии Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, д-р биол. наук, профессор (г. Москва).

Исаков Владимир Борисович, профессор НИУ «Высшая школа экономики», д-р юрид. наук, профессор (г. Москва).

Калмыков Степан Николаевич, вице-президент Российской академии наук, д-р хим. наук, профессор, академик РАН (г. Москва).

Керимов Александр Джангирович, главный научный сотрудник Института государства и права Российской академии наук, д-р юрид. наук, профессор (г. Москва).

Кирпичников Михаил Петрович, декан биологического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, д-р биол. наук, профессор, академик РАН (г. Москва).

Кожухов Игорь Борисович, профессор кафедры высшей математики НИУ «Московский институт электронной техники», д-р физ. мат. наук, профессор (г. Москва).

Крамаренко Артём Александрович, заместитель Председателя Правительства Донецкой Народной Республики, Министр сельского хозяйства, пищевой и перерабатывающей промышленности (г. Донецк).

Красильников Павел Владимирович, декан факультета почвоведения Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, д-р биол. наук, член-корреспондент РАН (г. Москва).

Липгарт Андрей Александрович, декан филологического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, д-р филол. наук, профессор (г. Москва).

Лубков Алексей Владимирович, ректор Московского педагогического государственного университета, д-р ист. наук, профессор, академик РАО (г. Москва).

Макаров Кирилл Борисович, заместитель Председателя Правительства Донецкой Народной Республики (г. Донецк).

Матишов Геннадий Григорьевич, заместитель президента РАН, научный руководитель Южного научного центра РАН, д-р геогр.наук, профессор, академик РАН (г. Ростов-на-Дону).

Месхи Бесарион Чохоевич, ректор Донского государственного технического университета, председатель Совета ректоров вузов Ростовской области, д-р техн. наук, профессор, академик РАО (г. Ростов на Дону).

Минаев Андрей Иванович, профессор Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина, д-р ист. наук, доцент (г. Рязань).

Некипелов Александр Дмитриевич, директор Московской школы экономики Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, д-р экон. наук, профессор, академик РАН (г. Москва).

Нечаев Владимир Дмитриевич, ректор Севастопольского государственного университета, д-р полит. наук, доцент (г. Севастополь).

Овечко Сергей Викторович, заместитель Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, канд. биол. наук (г. Севастополь).

Пармон Валентин Николаевич, научный руководитель Института катализа СО РАН, д-р хим. наук, академик РАН (г. Новосибирск).

Плугатарь Юрий Владимирович, директор Ордена Трудового Красного Знамени Никитского ботанического сада – Национального научного центра РАН, председатель Совета ботанических садов России, д-р с.-х. наук, профессор, академик РАН (г. Ялта).

Половян Алексей Владимирович, директор Института экономических исследований, д-р экон. наук, доцент, (г. Донецк).

Понедельников Алексей Борисович, руководитель отдела «Северо-Азовский» Южного филиала ФГБНУ «ВНИРО» (г. Мариуполь).

Приходько Светлана Анатольевна, директор Донецкого ботанического сада, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. (г. Донецк).

Прутцков Григорий Владимирович, профессор Института медиа НИУ «Высшая школа экономики», д-р филол. наук (г. Москва).

Рябичев Виктор Дронович, ректор Луганского государственного университета имени Владимира Даля, д-р техн. наук, профессор (г. Луганск).

Садовничий Виктор Антонович, ректор Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, д-р физ.-мат. наук, профессор, академик РАН (г. Москва).

Секиринский Дмитрий Сергеевич, заместитель Министра науки и высшего образования Российской Федерации.

Скуратовская Екатерина Николаевна, врио директора Института биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН, канд. биол. наук (г. Севастополь).

Сократов Сергей Альфредович, зам. декана географического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, канд. геогр. наук, доцент (г. Москва).

Тедеев Вадим Ботазович, ректор Юго Осетинского государственного университета имени А. А. Тибилова, канд. техн. наук, профессор (г. Цхинвал).

Тохтарь Валерий Константинович, директор Ботанического сада Белгородского государственного национального исследовательского университета, д-р биол. наук, с. н. с. (г. Белгород).

Трофимов Олег Владимирович, Министр образования и науки Донецкой Народной Республики (г. Донецк).

Тулупов Владимир Васильевич, декан факультета журналистики Воронежского государственного университета, д-р филол. наук, профессор (г. Воронеж).

Туранина Неонила Альфредовна, зав. кафедрой библиотечно-информационной деятельности Белгородского государственного института искусств и культуры, д-р филол. наук, профессор (г. Белгород).

Федянин Андрей Анатольевич, проректор – начальник управления научной политики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, д-р физ. мат. наук, профессор, член-корреспондент РАН (г. Москва).

Харламенкова Наталья Евгеньевна, заведующая лабораторией психологии развития субъекта в нормальных и посттравматических состояниях, заместитель директора Института психологии РАН, д-р психол. наук, профессор (г. Москва).

Хомутова Екатерина Валерьевна, директор Института физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвиненко, канд. биол. наук (г. Донецк).

Шебалков Алексей Викторович, Министр природных ресурсов и экологии Донецкой Народной Республики (г. Донецк).

Биофизика

УДК 577.3

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ (400 МГц) НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ

Авдеева К.А., ORCID 0009-0000-1983-5671
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
ks_avdeeva13@mail.ru

Технологический прогресс привёл к формированию антропогенного электромагнитного фона, превышающего природный, за счёт распространения систем беспроводной связи, линий электропередач высокого и сверхвысокого напряжения, а также промышленных и бытовых устройств [1]. Данное явление определяется как электромагнитное загрязнение окружающей среды и рассматривается как экологический фактор с высокой биологической активностью [2].

В агрономии активно применяют беспилотные летательные аппараты (БПЛА), являющиеся источником электромагнитного загрязнения [3]. Их используют для аэрофотосъёмки полей, распыления удобрений и средств защиты растений, мониторинга состояния посевов и прогнозирования урожайности.

Согласно литературным данным, воздействие электромагнитного поля при определённых параметрах может оказывать стимулирующее и угнетающее действие на все компоненты экосистем [3-6]. Особый интерес представляет частота 400 МГц, входящая в рабочий диапазон БПЛА.

Целью работы является изучение влияния электромагнитного поля частотой 400 МГц на морфометрические показатели и состояние фотосинтетического аппарата кукурузы сахарной (*Zea mays* L.).

Обработка семян *Zea mays* L., находящихся в сухом состоянии, осуществлялась электромагнитным полем частотой 400 МГц, время экспозиции 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30 мин. После обработки семена высевали в соответствии с ГОСТ 12038-84. Посевы помещали в климатическую камеру для проращивания семян LRG-260B с постоянными условиями (влажность 65%, температура +25°C). На 7 сутки проростки подвергали предварительной темновой адаптации в течение 20 минут. Регистрация флуоресценции проводилась с помощью импульсного сканирующего флуориметра «HEXAGON-IMAGING-PAM» (производства Heinz Walz, Германия). Затем проводился морфометрический анализ стебля *Zea mays* L.

Анализ полученных данных показал, что воздействие электромагнитного поля частотой 400 МГц не оказало негативного влияния на морфометрические показатели стебля *Zea mays* L. (рис.).

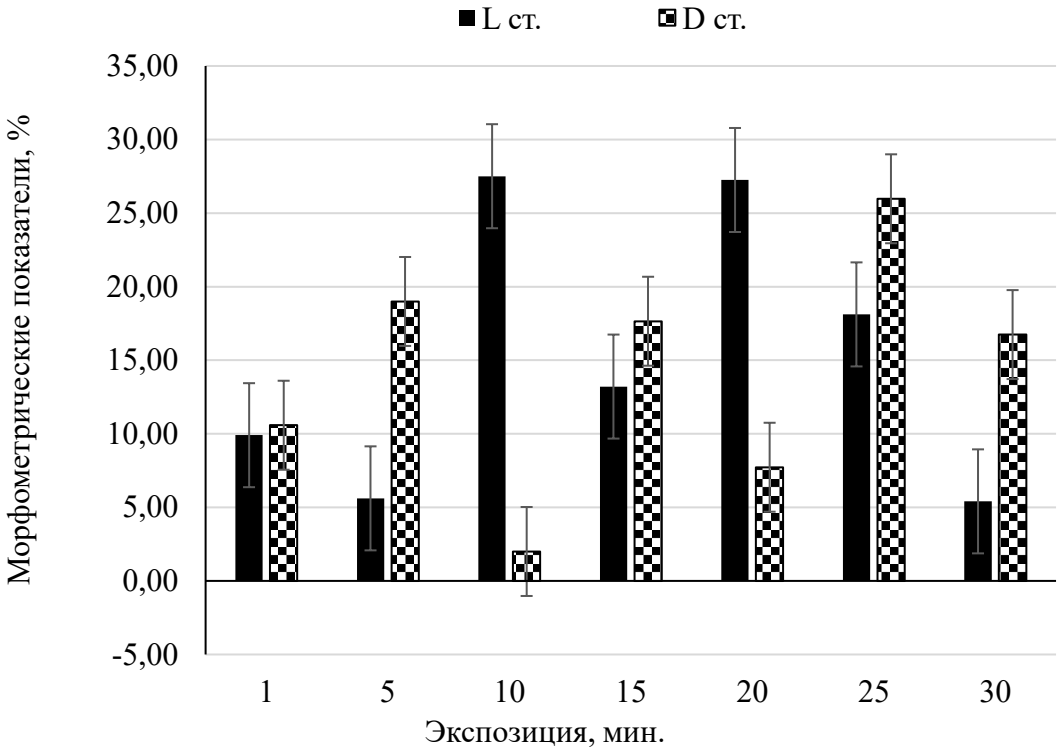


Рис. – Морфометрические показатели стебля *Zea mays* L.
$L_{ст}$ – длина стебля, $D_{ст}$ – диаметр стебля.

Длина стебля относительно контроля увеличилась на 5-27%, диаметр на 2-25%. Стимулирующее воздействие на длину главного корня отмечалось при экспозициях 10, 15, 20 минут, длина увеличилась на 10-12% относительно контроля. Однако эти же режимы обработки оказали ингибирующее действие на диаметр главного корня, вызывая снижение на 5-13% относительно контроля. Общий стимулирующий эффект на длину и диаметр главного корня был зафиксирован только при обработке продолжительностью 30 минут:

– длина увеличилась на 6%, а

– диаметр на 4%.

Минимальный уровень флуоресценции (F_0) варьировал в зависимости от длительности воздействия. При обработке в течение 5 минут было зафиксировано снижение показателей F_0 по сравнению с контролем, что может указывать на уменьшение содержания хлорофилла. В то же время экспозиции длительностью 15, 20 и 25 минут вызывали увеличение F_0 относительно контроля, что может указывать на увеличение содержания хлорофилла в проростках. Оценка ключевых параметров фотосинтетической активности (максимального уровня флуоресценции – F_m), максимального квантового выхода (Y(II)), нефотохимического тушения (NPQ), квантового выхода нефотохимического тушения (Y(NO) и коэффициента нефотохимического тушения (qN)) показала, что действие

электромагнитного поля частотой 400 МГц не нарушает работу фотосинтетического аппарата *Zea mays* L.

Таким образом, электромагнитное поле частотой 400 МГц оказывает преимущественно стимулирующее действие на морфометрические показатели стебля и корня *Zea mays* L. Анализ показателей фотосинтетической активности продемонстрировал отсутствие нарушений в работе фотосистемы, несмотря на вариабельность показателей минимального уровня флуоресценции.

Работа представляет существенный интерес для реализации программ по изучению трансформирующих экологических факторов в условиях открытых ландшафтов Донбасса [7].

Исследования выполнены в рамках государственного задания Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (FRRE-2024-0018).

Список литературы

1. Савиных, В. В. Методология оценки последствий воздействия электромагнитных полей и лазерного излучения антропогенного происхождения на компоненты агрофитоценозов / В. В. Савиных, В. И. Костин, Д. А. Фирсов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т 12, №1(9). – С. 2328–2333.
2. Смирнов, А. И. Влияние электромагнитных полей низкой частоты на рост сеянцев сосны обыкновенной / А. И. Смирнов // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2014. – Т. 18, № 4. – С. 52-55. – EDN SJXIKL.
3. Трофимов, Н. В. Проблемы и перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в сельском хозяйстве / Н. В. Трофимов, И. Ф. Яхин // Агробиотехнологии и цифровое земледелие. – 2025. – №. 2. – С. 69-76. – DOI 10.12737/2782-490X-2025-69-76.
4. Шибряева, Л.С. Влияние электромагнитных полей на продуктивность семян / Л.С. Шибряева, М.Е. Чаплыгин, Э.В. Жалнин [и др.] // Химия высоких энергий. – 2024. – Т. 58. – №1. – С. 2-18. – DOI 10.31857/S0023119324010016.
5. Корниенко, В. О. Влияние переменного магнитного поля с различной формой сигнала на морфометрию и онтогенез кукурузы сахарной (Zea mays L.) / В. О. Корниенко, А. С. Яицкий, К. А. Авдеева // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 4. – С. 51-57. – DOI 10.55355/snv2023124107. – EDN XAFNXU.
6. Авдеева, К. А. Влияние сочетанного действия вибрации частотой 10–100 Гц и наночастиц Fe_3O_4 на ранние стадии развития Zea mays L. / К. А. Авдеева, В. О. Корниенко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2025. – № 1. – С. 70-82. – DOI 10.5281/zenodo.14923295. – EDN FSQGXC.
7. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.

УДК 577.345

ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПРОТОЧНЫХ ВОДОЕМОВ МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ НА КЛЕТКАХ ФИТОПЛАНКТОНА

Аникина Е.А., ORCID 0009-0001-4398-0307,
Романчук С.М., ORCID 0009-0005-2356-900X,
Беспалова С.В. ORCID 0009-0009-4418-1513
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
elizavetaalexandrovna2505@yandex.ru

Поиск и своевременное выявление загрязнителей окружающей среды задача, не теряющая своей актуальности. Анализ химического состава природных проб – неотъемлемая часть экологического мониторинга. Рост общего числа загрязнителей и трудоёмкость методов их определения создаёт необходимость в поиске более простых способов определения степени загрязнения природной среды. При оценке состояния водных экосистем в качестве биоиндикатора наиболее часто используют культуры одноклеточных водорослей [1]. Выбор тест-объекта обусловлен не только определённым видом загрязнителей, но и характеристикой водных объектов, для которых проводят исследования: морские акватории, природные пресноводные водоёмы, питьевая вода, сточные воды [2]. При работе с фитопланктоном применяют флуориметрические методы анализа, обладающие рядом преимуществ: быстрота проведения измерений (экпрессность), информативность и простота выполнения измерений [3].

Целью данного исследования являлась оценка состояния природных водных объектов города Донецка с применением методов биотестирования и флуориметрии.

В качестве объектов исследования было выбрано 8 водных объектов в черте города Донецка. Каждый водный объект представляет собой крупный проточный водоём, находящийся в условиях интенсивной антропогенной нагрузки. Кроме того, большая часть водных объектов играет важную роль для местного населения в качестве рекреационных зон. Для оценки состояния поверхностных вод выбрали 11 мониторинговых точек. Пробы воды отбирали в дневное время, в стеклянную тару объёмом не менее 1,5 литров. В лабораторных условиях пробы воды отфильтровывали через ацетилцеллюлозные мембранные фильтры с диаметром пор не более 0,6 мкм с целью удаления, природного зоо- и фитопланктона, а также крупных взвешенных частиц. В полученный фильтрат вносили лабораторную тест-культуру микроводорослей *Chlorella vulgaris*. Для контроля фильтрат заменяли дистиллированной водой.

Токсичность исследуемых проб воды устанавливали в ходе непрерывного биотестирования в зависимости от времени проявления

токсического эффекта согласно РД 52.24.808–2014. Оценку концентрации фотопигмента выполняли на флуориметре ФС-2, разработанном в Донецком государственном университете. Подсчёт численности клеток фитопланктона выполняли в камере Горяева. Культивирование тест-культуры проводили при температуре 20–22°С и освещении от 3000 лк со световым режимом 12/12 часов. Хроническим токсическим действием на культуру клеток *Chlorella vulgaris* обладали пробы воды из мониторинговых точек водохранилища Донецкое море и притока пруда Алексеевского. Также стоит отметить мониторинговые точки II городского пруда и пруда ботанического сада, которые не обладают токсическим действием согласно рекомендациям, но при этом были получены статистически значимые отличия от контрольной группы, что указывает на необходимость адаптации и улучшения существующей утверждённой методики биотестирования. Так, фильтрат из мониторинговой точки II городского пруда оказывал значительный стимулирующий эффект – 55 % для прироста численности и 33 % для концентрации хлорофилла, тогда как проба из III пруда обладала угнетающим действием на тест-культуру – 30 % для прироста численности и 41 % для концентрации хлорофилла.

Для проб воды из всех мониторинговых точек острого токсического действия на культуру клеток *Chlorella vulgaris* не наблюдалось. Согласно основной методике биотестирования было выявлено хроническое токсическое действие для фильтрата из мониторинговых точек водохранилища Донецкое море и притока в пруд Алексеевский. При выполнении OJIP-теста отмечали снижение функциональной активности фотосинтетического аппарата клеток тест-культуры, которое было вызвано воздействием фильтрата из всех точек, кроме II городской пруда и пруда Песчаный.

Исследования выполнены в рамках государственного задания «Комплексная оценка и прогнозирование состояния водных экосистем на основе информации технических средств, биофизических и нейросетевых методов для решения задач экологического мониторинга» (№ FRRE-2026-0024).

Список литературы

1. Kungolos A. Assessment of vulnerable freshwater ecosystems and various aquatic effluents by means of ecotoxicological assays / A. Kungolos, C. Emmanouil, V. Manakou, E. Darakas // Desalination and Water Treatment. – 2014. – Vol. 54, No. 8. – P. 2120-2129. – DOI 10.1080/19443994.2014.933617.
2. Barcelo, D. Toxicity tests in wastewater and drinking water treatment processes: A complementary assessment tool to be on your radar / D. Barcelo, B. Zonja, A. Ginebreda // Journal of Environmental Chemical Engineering. – 2020. – Vol. 8, No. 5. – P. 104262. – DOI 10.1016/j.jece.2020.104262. – EDN EVJHBS.
3. Maxwell, K. Chlorophyll fluorescence – a practical guide / K. Maxwell, G. N. Johnson // Journal of Experimental Botany. – 2000. – Vol. 51, No. 345. – P. 659. – EDN IRKJOV.

УДК 577.34

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА РОДА *ULMUS*

Антропова Л.П., ORCID 0009-0000-3632-5438,
Чуфицкий С.В., ORCID 0009-0006-6126-7958
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
antropowalilya@yandex.ru, *chufitskyisergey@yandex.ru*

Городская среда характеризуется комплексным воздействием абиотических и биотических факторов, включая изменение температурного и водного режима, сезонные колебания климатических условий и воздействие насекомых-фитофагов, что может существенно влиять на состояние древесных растений [1, 2]. Одним из наиболее чувствительных к воздействию стрессоров является процесс фотосинтеза. Изменения функционального состояния фотосинтетического аппарата могут служить ранними индикаторами нарушения физиологического состояния растений [3]. Эффективным неинвазивным методом оценки влияния стрессовых факторов на растения является флуоресценция хлорофилла, позволяющая выявлять ранние нарушения фотосинтетической активности растений до проявления морфологических изменений.

Цель работы – выявить сезонные особенности функционирования фотосинтетического аппарата вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.) и вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.) в условиях урбанизированной среды.

В качестве объектов исследования были выбраны листовые пластинки двух древесных растений – вяза приземистого (*Ulmus pumila* L.) и вяза гладкого (*Ulmus laevis* Pall.), произрастающие на территории Студенческого парка города Донецка. Сбор материала и измерения атмосферных и эдафических параметров проводились в летне-осенний период 2025 года. С каждого модельного дерева было отобрано не менее 30 листовых пластин в определённые утренние часы. Функциональное состояние фотосинтетического аппарата оценивали по показателям флуоресценции хлорофилла с использованием сканирующего импульсного флуориметра HEXAGON-IMAGING-PAM.

В период исследования сочетание высоких температур и недостаточного количества осадков обусловило выраженный дефицит почвенной влаги, особенно в июле и сентябре. У *U. pumila* L. в течение вегетационного периода отмечалось повреждение листьев двумя видами фитофагов – зигзагообразным вязовым пилильщиком (*Aproceros leucopoda* Takeuchi, 1939) и вязовой молью-пестрянкой (*Lithocolletis tristrigella* Haworth, 1828). Повреждение мезофилла и снижение площади фотосинтезирующей поверхности вследствие питания личинок

ограничивали участие отдельных участков листа в фотосинтетических процессах. Несмотря на это, летом у *U. pumila* выявлено достоверное изменение показателей флуоресценции: уменьшение F_m при одновременном увеличении *Y*(*NPQ*), *NPQ* и *qN*, что свидетельствует об усилении механизмов нефотохимического рассеивания избыточной энергии. Повышенные, в сравнении с осенью, значения скорости электронного транспорта указывают на сохранение высокой фотохимической активности в условиях летнего стресса.

У *U. laevis* Pall. листья подвергались повреждению вязовым клопом (*A. melanocephalus* Fabricius, 1798), что дополнительно усиливало воздействие неблагоприятных условий. Осенью для данного вида наблюдалось увеличение значений параметров флуоресценции: F_m, *Y*(*II*), *qP* и *qL*. Такая динамика отражает изменение функционального состояния фотосинтетического аппарата в ходе сезонной перестройки и повышение эффективности использования поглощённой световой энергии. Летний период, напротив, характеризовался более выраженной активностью механизмов нефотохимической защиты. Дефицит почвенной влаги и высокие температуры способствовали закрытию устьиц и деградации фотосинтетических пигментов, а повреждение листьев насекомыми могло усиливать стрессовое воздействие.

Таким образом, исследованные виды вяза различались по характеру сезонных изменений фотосинтетического аппарата и устойчивости к воздействию абиотических и биотических факторов. Анализ параметров флуоресценции хлорофилла позволяет выявлять подобные функциональные изменения и может использоваться для оценки физиологического состояния древесных растений в условиях урбанизированной среды.

Работа выполнена в рамках государственного задания Донецкого государственного университета «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (FRRE-2024-0018).

Список литературы

1. Котова, Д. В. Мониторинг состояния древесных культур в различных функциональных зонах урбанизированной среды / Д. В. Котова, И. В. Волкова // Актуальные решения проблем водного транспорта. – 2023. – С. 115–121.
2. Косовская, М. А. Анализ ответных реакций древесных насаждений скверов г. Севастополя на действие биологических факторов / М. А. Косовская, Н. Н. Ленивенко // Энергетические установки и технологии. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 231.
3. Уромова, И. П. Влияние антропогенных факторов на содержание фотосинтетических пигментов в листьях древесных растений в городских условиях / И. П. Уромова, О. В. Штырлина, И. С. Дедюра // Journal of Agriculture and Environment. – 2023. – № 12(40). – EDN TXGPNR.

УДК 577.34+57.042

ИЗМЕНЕНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ БЕЛЛИГЕРАТИВНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Антропова Л.П., ORCID 0009-0000-3632-5438,
Чуфицкий С.В., ORCID 0009-0006-6126-7958
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
antropowalilya@yandex.ru, chufitskyisergey@yandex.ru

Растительные организмы постоянно подвергаются воздействию комплекса неблагоприятных факторов, обусловленных антропогенной деятельностью, промышленным загрязнением, транспортной нагрузкой и изменением характеристик окружающей среды. Существенно усиливают экологический стресс военные действия, последствия вооружённых конфликтов, сопровождающиеся загрязнением почвы и атмосферы тяжёлыми металлами, нефтепродуктами, продуктами горения и другими токсичными соединениями. Их накопление в компонентах экосистем способно нарушать минеральное питание, водный обмен и окислительно-восстановительный баланс растений, снижая их жизнеспособность, устойчивость и продуктивность [1]. Чувствительными индикаторами такого воздействия являются фотосинтетические процессы, содержание фотосинтетических пигментов и параметры флуоресценции хлорофилла [2]. Определение данных показателей позволяет выявлять физиологические нарушения и оценивать степень стрессового воздействия ещё до появления выраженных морфологических изменений растений. При этом именно фотосинтез имеет ключевое значение, поскольку обеспечивает растения органическим веществом и энергией, определяя их рост, развитие, продуктивность и адаптационные возможности. Поэтому оценка состояния фотосинтетического аппарата представляет особый интерес при исследовании устойчивости растений к антропогенным стрессорам. Воздействие на окружающую среду в зонах вооружённых конфликтов проявляется в виде ряда негативных факторов: химического загрязнения, термического воздействия, вибрационно-акустических и ударных эффектов.

Цель работы – анализ данных литературы о влиянии загрязнений, связанных с последствиями военных действий на фотосинтетический аппарат древесных растений.

При детонации боевых зарядов в виде продуктов, оказывающих негативное воздействие, могут выступать тротил (TNT) и гексоген (RDX). Установлено, что воздействие TNT и RDX приводило к выраженному снижению интенсивности фотосинтеза у *Myrica cerifera* L. и *Baccharis halimifolia* L. (Zinnert J.C. и соавт. [3], Naumann J. C. и др. [4]). Изменения

фотосинтеза сопровождались снижением параметра эффективности электронного транспорта (ETR) для обоих видов растений. Также воздействие TNT и RDX вызывало изменения спектральных индексов листьев, включая отражение и поглощение в красной и ближней инфракрасной областях спектра (R740/R630, R685/R850, R735/R850, Dmax/D716 и D730/D706). Данные индексы были связаны с содержанием хлорофилла, флуоресценцией и структурными особенностями тканей листа и позволяют дифференцировать растения, подвергшиеся воздействию взрывчатых соединений, от растений, испытывавших естественный стресс [3]. Воздействие TNT приводило к снижению интенсивности устьичной проводимости у *M. cerifera* L. [4]. У большинства растений наблюдалось уменьшение величины показателей, характеризующих эффективность работы фотосистемы II, при этом содержание общего хлорофилла достоверно не изменялось. Полученные результаты свидетельствуют о том, что загрязнение среды продуктами детонации оказывает выраженное воздействие на фотосинтетическую активность растений.

При термическом стрессе выявлено снижение интенсивности фотосинтеза у видов древесных растений, относящиеся преимущественно к родам *Prunus, Citrus, Ficus, Punica, Malus, Eucalyptus* и др. [5]. Воздействие высоких температур сопровождалось усилением процессов дыхания и транспирации растений, что способствовало дефициту воды в тканях, закрытию устьиц и ограничению поступления CO_2, необходимого для фотосинтеза. При дальнейшем увеличении теплового воздействия отмечалось повреждение клеточных мембран и нарушение метаболических процессов, что в совокупности приводило к снижению продуктивности и ухудшению вегетативного роста растений. При этом устойчивость деревьев к тепловому стрессу различалась в зависимости от вида, а наиболее существенные повреждения наблюдались при длительном воздействии высоких температур. Наиболее выраженная деградация отмечалась у *Punica granatum* L., *Vitis vinifera* L., *Ficus carica* L., *Prunus armeniaca* L., *Prunus avium* L. и ряда представителей рода *Citrus*. Наиболее устойчивыми к тепловому стрессу были *Cydonia oblonga* Mill., *Eucalyptus sp*., *Malus pumila* Mill., *Ricinus communis* L., *Phoenix dactylifera* L., *Morus alba* L. и *Olea europaea* L., у которых выраженных внешних повреждений и значительного снижения вегетативного роста не отмечалось.

В исследовании Попова и соавт. [6] на растениях *Rhus copallinum* L., произрастающих на территориях с различной степенью военных действий, оценивали физиологический стресс, в том числе по показателям фотосинтетической активности. Установлено, что растения на исследуемых участках испытывали выраженный физиологический стресс, определявшийся по параметрам флуоресценции хлорофилла. Результаты ранее проведённых исследований тех же популяций свидетельствовали о

снижении эффективности фотосинтетического аппарата на всех исследованных участках, что объяснялось дефицитом воды и недостатком питательных веществ. Также отмечалось, что после выжигания надземной части растений последующее восстановление сопровождалось очень высокой интенсивностью нетто-фотосинтеза и быстрым ростом молодых побегов. Полученные результаты о фотосинтетической активности и флуоресценции могут свидетельствовать о комплексном воздействии военной нагрузки, засухи, пожаров и изменений условий минерального питания растений, однако их интерпретация в условиях полевого эксперимента требует учёта совокупности действующих стрессовых факторов.

Таким образом, последствия военных действий, включая загрязнение взрывчатыми соединениями, повышение температуры воздуха, засухи и пожары, оказывают негативное влияние на фотосинтетический аппарат растений. Наиболее информативными показателями такого воздействия являются интенсивность фотосинтеза, устьичная проводимость и параметры хлорофилльной флуоресценции, отражающие состояние фотосистемы II.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Лесные экосистемы Донбасса в условиях боевых действий 2014–2025 годов / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань, А. О. Шкиренко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 3. – С. 57–68. – DOI 10.55355/snv2025143108.
2. Via, S. M. Impacts of explosive compounds on vegetation: A need for community scale investigations / S. M. Via, J. C. Zinnert // Environmental Pollution. – 2016. – Vol. 208. – P. 495–505. – DOI 10.1016/j.envpol.2015.10.020.
3. Zinnert, J. C. Distinguishing natural from anthropogenic stress in plants: physiology, fluorescence and hyperspectral reflectance / J. C. Zinnert, S. M. Via, D. R. Young // Plant and Soil. – 2012. – Vol. 366, № 1–2. – P. 133–141. – DOI 10.1007/s11104-012-1414-1.
4. Naumann, J. C. Fusing chlorophyll fluorescence and plant canopy reflectance to detect TNT contamination in soils / J. C. Naumann, K. Rubis, D. R. Young // Proceedings of SPIE / ed. by R. S. Harmon, J. H. Holloway Jr., J. T. Broach. – 2010. – Vol. 7664. – P. 76641L. – DOI 10.1117/12.851220.
5. Aliyas, I. M. Evaluation the impact of atmospheric thermal stress on vegetative growth of trees in Nineveh Governorate, Iraq / I. M. Aliyas // International Journal of Current Research in Multidisciplinary. – 2017. – Vol. 2, № 11. – P. 12–18.
6. Freeman, D. C. Developmental Instability in Rhus copallinum L.: Multiple Stressors, Years, and Responses / D. C. Freeman, M. L. Brown, J. J. Duda [et al.] // International Journal of Plant Sciences. – 2004. – Vol. 165, № 1. – P. 53–63. – DOI 10.1086/380986.

УДК 556.5.04/08

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДНОЙ СРЕДЫ В УСТЬЕ РЕКИ КАЛЬМИУС

Горбунов Р.И., ORCID 0009-0000-8846-6283,
Романчук С.М., канд. техн. наук, ORCID 0009-0005-2356-900X
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
r.gorbunov@donnu.ru, s.romanchuk@donnu.ru

Устья рек относятся к важным объектам изучения, поскольку являются ключевыми участками для понимания гидрофизических и химико-биологических процессов литоральной зоны моря. В устьях рек наблюдается наибольшая изменчивость многих гидрологических, физических, химических и биологических показателей водной среды, колебания параметров могут в несколько раз превышать значения речных или морских вод [1]. Это связано с воздействием приливных явлений на процессы смешивания пресных и солёных вод, обуславливая вариативность показателей как на различном удалении от устья реки, так и в различных водных горизонтах [2].

Цель – выявление в устье реки Кальмиус точек с изменчивостью большинства основных показателей водной среды для дальнейшей установки в них стационарных постов экологического мониторинга. Основной задачей исследований была непрерывная запись гидрофизических и биологических показателей на выбранном участке от речного бассейна до литорали моря.

Измерения проводились в июле 2026 г. в зоне впадения р. Кальмиус в Азовское море на территории г. Мариуполя на участке протяжённостью 3 км. Регистрация данных осуществлялась на глубине 0,5 м в 7 мониторинговых точках:

– 2 точки в акватории Азовского моря и

– 5 точек в устье реки Кальмиус.

В качестве измерительного оборудования были использованы погружной флуориметр, разработанный в ДонГУ [3] и портативный многопараметрический измеритель качества воды АР-2000 (AquaRead, Великобритания). Проводили измерение кривых индукции флуоресценции хлорофилла (КИФХ) фитопланктона, температуры, солёности, растворённого кислорода, мутности, pH и ОВП. Флуоресценцию хлорофилла индуцировали синим светодиодом (450 нм), сплошными насыщающими импульсами длительностью 1 мкс и интенсивностью 2 и 10 тыс. мкмоль квант $м^{-2} \times с^{-1}$.

На исследуемом участке не зарегистрировано значительных колебаний температуры (25,1±0,2 ºС), ОВП (35±4 мВ) и pH (7,3±0,03 ед.). В мониторинговой точке, наиболее удалённой от устья реки, наблюдалось

резкое снижение концентрации растворённого кислорода. Выявлены различия между содержанием растворенного кислорода в русле реки Кальмиус (12 мг/л) и прибрежной акватории моря (8,5 мг/л). Мутность воды на всем исследуемом участке акватории была ниже предела обнаружения измерителя.

При исследовании устьевых участков рек большое значение придают изменению солёности водной среды, который позволяет наилучшим образом определить процессы взаимного влияния речной и морской систем. Таким образом, в дальнейшем станет возможным определение степени влияния стока реки Кальмиус на акваторию моря, а также позволит изучить воздействие солёной морской воды на речную экосистему.

Выявлено существенное изменение солёности на границе устья реки Кальмиус. Полученные результаты коррелируют с концентрацией растворённого кислорода, что указывает на выявление выраженной зоны перемешивания морской и речной воды. Для определения градиента изменения солёности на данном участке были проведены непрерывные измерения, которые проводились по ходу движения лодки от моря к устью реки. По результатам измерений выявлено постепенное снижение солёности с незначительным подъёмом морской воды вверх по руслу реки. Таким образом, данный участок является наибольшее подходящим для установки автоматизированной системы мониторинга.

Измерения показателей флуоресценции хлорофилла погружным флуориметром позволили выявить ряд недостатков прибора. Так, при интенсивности насыщающих импульсов 2 тыс. мкмоль квант $м^{-2}\times с^{-1}$ сигнал флуоресценции не имел характерных для индукции флуоресценции хлорофилла перегибов, а также был сильно зашумлён. При увеличении интенсивности насыщающих импульсов до 10 тыс. мкмоль квант $м^{-2}\times с^{-1}$ было обнаружено, что часть КИФХ были искажены. В результате анализа КИФХ было обнаружено, что солнечный свет значительно искажает полезный сигнал, при этом в некоторых случаях превышая его в 10-20 раз, что приводило к насыщению усилительной схемы. Это связано с тем, что спектр естественного солнечного света содержит длины волн, на которых происходит флуоресценция хлорофилла (650-850 нм), данное излучение проходит через оптический фильтр флуориметра, значительно искажая сигнал. В случае минимального влияния солнечного света наблюдается форма кривых индукции флуоресценции с характерными перегибами с хорошей повторяемостью формы сигнала. Такое явление было обнаружено в каждой точке измерения.

По результатам исследований была разработана и изготовлена по технологии 3-D печати защитная камера, которая с одной стороны блокирует проникание солнечного света внутрь, а с другой стороны обеспечивает перемешивание пробы естественным путём за счёт двух стенок и отверстий, расположенных по схеме «лабиринт».

Главным недостатком защитной камеры является более интенсивное обрастание оптического блока флуориметра при длительной непрерывной эксплуатации под водой.

При интенсивности насыщающих импульсов до 10 тыс. мкмоль квант $м^{-2} \times с^{-1}$ в каждой точке были получены КИФХ, согласно которым количество хлорофилла пропорционально снижалось по мере перемещения от устья к морю.

Данные в точках измерения, полученные с помощью КИФХ, коррелируют с результатами измерения солёности и растворенного кислорода, что подтверждает применимость используемых методов комплексного мониторинга.

Проведение в ручном режиме непрерывных точечных измерений показателей состояния водной среды позволило получить данные о гидро- и биофизических параметрах исследуемого объекта и выделить наиболее важный участок устья р. Кальмиус, в котором наблюдается наибольшая изменчивость параметров. В дальнейшем планируется установка автоматизированных комплексов экологического мониторинга в выбранных точках для непрерывной регистрации параметров водной среды и выявления динамики состояния объекта на протяжении длительного периода.

Исследования проводились в рамках государственного задания «Комплексная оценка и прогнозирование состояния водных экосистем на основе информации технических средств, биофизических и нейросетевых методов для решения задач экологического мониторинга» (код (шифр) научной темы FRRE-2026-0024).

Список литературы

1. Миньковская, Р. Я. Проблемы использования водных ресурсов в устьевых регионах и пути их решения / Р. Я. Миньковская // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – 2014. – № 28. – С. 83-98. – EDN VBFSQD.
2. Мискевич, И. В. Гидрохимия приливных устьев рек: методы расчетов и прогнозирования: специальность 25.00.28 "Океанология": автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук / Мискевич Игорь Владимирович. – Санкт-Петербург, 2005. – 50 с. – EDN ZMYBKR.
3. Разработка интеллектуальных систем анализа и прогнозирования состояния природно-технических объектов: отчёт о НИР №23-П/1 (промежуточный, этап 1) / Донец. нац. ун-т; рук.: С.В. Беспалова; исполн.: С.М. Романчук [и др.] – Донецк, 2023. – С. 210. – № ГР 124012400344-1

УДК 577.151.62

АНАЛИЗ УРОВНЯ ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТИ ГЛЮКОАМИЛАЗЫ

Кожокина О.М., канд. биол. наук,
Куприяновская Д.Е.
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко», г. Воронеж, РФ
kde-35@mail.ru, omkozhokina@mail.ru

Вопрос термолабильности является центральным при изучении свойств белков. Многочисленные исследования подтверждают способность макромолекул оперативно адаптироваться к смене условий среды. В естественных (in vivo) условиях конформационное состояние белка определяется балансом внутриклеточных взаимодействий, которые подвержены внешнему воздействию. Температурный режим оказывает комплексное воздействие на кинетику ферментативных процессов. Это влияние реализуется через изменение конформационной стабильности белка, варьирование скорости диссоциации фермент-субстратного комплекса (зависящей от энергии активации), а также через модуляцию аффинности фермента к субстрату, активаторам или ингибиторам. Кроме того, при наличии мультиферментных систем температура может менять лимитирующую стадию процесса из-за различий в температурных коэффициентах отдельных компонентов [1].

В данной работе исследована термостабильность глюкоамилазы (КФ 3.2.1.3) – ключевого фермента гидролиза крахмала, имеющего важное прикладное значение в медицине, фармпромышленности, а также в пищевой индустрии (производство спирта, хлебопекарная и кондитерская отрасли).

Объектом исследования служил ферментный препарат глюкоамилазы «КормейГА» (Франция) и водорастворимый крахмал в качестве субстрата. Определение каталитической активности фермента проводили спектрофотометрическим методом с применением набора реагентов «GLUCOSE E-D» («OLVEX DIAGNOSTICUM», Россия), основанного на глюкозооксидазной реакции. Концентрацию белка в исследуемом препарате устанавливали по методу Лоури [2].

Термостабильность глюкоамилазы оценивали путём инкубации фермента при температурах 50, 60 и 70 °С. В ходе эксперимента измеряли остаточную каталитическую активность образцов после их выдержки при заданных температурах в течение 10–50 минут с интервалом в 10 минут.

Экспериментально доказана термоустойчивость глюкоамилазы: фермент сохраняет до 30% своей активности при 80 °С. Температурный оптимум действия препарата находится в интервале 45–70 °С, с максимумом эффективности при 50 °С (рис. 1).



Рис. 1. – Зависимость каталитической активности глюкоамилазы от температуры

Нелинейный характер температурной зависимости каталитической активности глюкоамилазы в процессе гидролиза крахмала обусловлен конкуренцией двух процессов: ускорением реакции при приближении к температурному оптимуму и термической инактивацией фермента, приводящей к постепенному снижению концентрации функционально активных центров при дальнейшем нагреве. Температурный оптимум гидролиза крахмала определяется соотношением между интенсивностью катализа и скоростью инактивации фермента [3]. Установлено, что реакция не описывается классическим уравнением Михаэлиса-Ментен. Согласно данным гель-хроматографии, глюкоамилаза представляет собой димер [4]. Сложный профиль температурной зависимости активности и существование двух стационарных состояний при варьировании концентрации субстрата обусловлены спецификой работы двух субъединиц, составляющих структуру фермента (рис. 2).

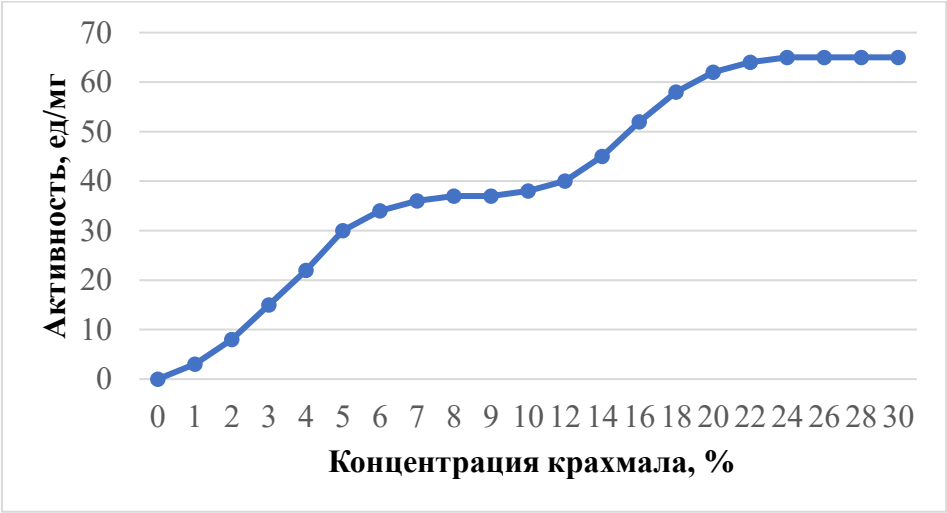


Рис. 2. – Зависимость каталитической активности глюкоамилазы от различных концентраций крахмала

В ходе работы была изучена термическая инактивация глюкоамилазы в диапазоне температур 50–70 °C. При 50 °C резкое падение каталитической активности фиксировалось уже на 10-й минуте инкубации, после чего скорость гидролиза крахмала стабилизировалась. При 60 °C наблюдалось постепенное снижение активности фермента на протяжении всего периода воздействия. В условиях 70 °C остаточная активность составляла лишь 5 % от исходной в течение первых 30 минут, а к 50-й минуте фермент полностью терял свои свойства [3].

Анализ показал, что при 50–60 °C препарат сохраняет 80–90 % активности, тогда как при 70 °C происходит полная деструкция. Усиление нелинейности кривых при повышении температуры свидетельствует о прогрессирующем уменьшении числа активных центров. Установлено, что термическая инактивация глюкоамилазы подчиняется кинетике первого порядка. Несмотря на выраженную зависимость скорости инактивации от температуры, фермент демонстрирует высокую термостабильность, сохраняя остаточную активность даже после 40-минутного прогрева при 70 °C.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что глюкоамилаза является термоустойчивым ферментом с температурным оптимумом 50 °C. Кинетика инактивации фермента подчиняется реакции первого порядка [1].

Подтверждено наличие четвертичной структуры молекулы глюкоамилазы, состоящей из двух субъединиц, что объясняет нелинейный характер зависимостей скорости реакции от температуры и концентрации субстрата. Выявлено, что при 70 °C происходит полная и необратимая инактивация фермента, тогда как при 50 °C и 60 °C сохраняется значительная остаточная активность.

Список литературы

1. Битюцкая, Л. А. Термодинамика и кинетика денатурации глюкоамилазы / Л. А. Битюцкая, Е. С. Машкина // Журнал физической химии. – 2000. – Т. 74, № 7. – С. 1189–1194.
2. Чиркин, А. А. Биохимия: учебное руководство / А. А. Чиркин, Е. О. Данченко. – Витебск: Медицинская литература, 2010. – 624 с.
3. Cepeda, E. Optimization of maltodextrin hydrolysis by glucoamylase in a batch reactor / E. Cepeda, M. Hermosa, A. Ballesteros. // Biotechnology and Bioengineering. – 2001. – 74(3). – P. 214–222.
4. Вольнская, А. В. Структурно-функциональные свойства глюкоамилазы / А. В. Вольнская, Э. А. Касумов, А. В. Шишков // Молекулярная биология. – 1998. – Т. 32, № 3. – С. 463–472.

УДК 577.3

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СТАРОВОЗРАСТНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДОНБАССА НА ПРИМЕРЕ *QUERCUS ROBUR* L.

***Корниенко В.О.*[1],** канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-7728-8116,
***Кишкань Р.В.*[2],** ORCID 0009-0000-2255-5531,
***Чибилёв А.А.*[3],** акад. РАН, д-р геогр. наук, проф. ORCID 0000-0002-6214-1437,
***Шкиренко А.О.*[1]**, ORCID 0009-0007-7469-784X
[1]ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
[2]Филиал «Южный» ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охраны окружающей среды», г. Донецк, РФ
[3]ФГБУН «Институт степи Уральского отделения Российской академии наук», г. Оренбург, РФ
kornienkovo@mail.ru

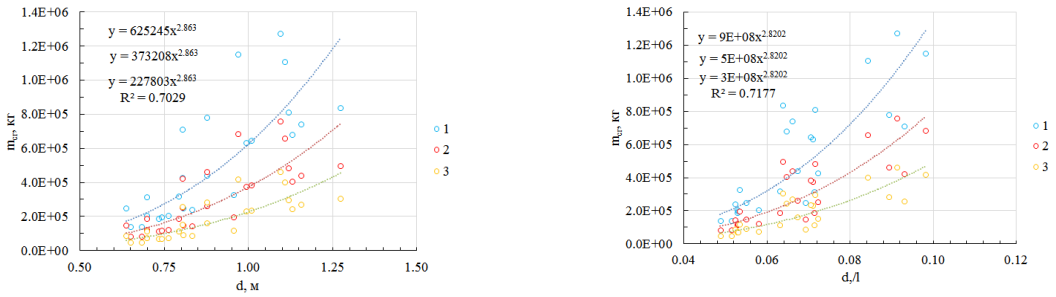
Древесное растение является открытой живой системой, в которой морфогенез, архитектоника кроны, физиологическое состояние тканей, физико-механические свойства тканей и механическая устойчивость взаимосвязаны с действием гравитационных, ветровых и температурных нагрузок. В степной зоне Донбасса механическая устойчивость древесных растений имеет особое экологическое значение вследствие сильных ветров, летних периодов аномальной жары, дефицита влаги и зимних оттепелей. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) является одной из основных лесообразующих пород байрачных лесов региона и служит перспективным модельным объектом для оценки механизмов долговременной биомеханической адаптации [1–7].

Цель работы – оценить биомеханические параметры старовозрастных дубов Донбасса и определить их связь с морфометрическими характеристиками и температурно-зависимыми физико-механическими свойствами живой древесины.

Исследованы 25 старовозрастных деревьев дуба черешчатого, выявленных в 2026 г. в окрестностях с. Бражино и верховьях балки Герасимова вблизи лесного заказника «Леонтьево-Байракское» (г. Снежное, ДНР). Высоту и диаметр ствола определяли инструментально и по цифровым фотоматериалам. Состояние растений оценивали по интегральной шкале В.А. Алексеева. В качестве аллометрического показателя использовали отношение диаметра ствола к высоте d/l. Расчёт механической устойчивости включал относительное сопротивление изгибу (RRB), жёсткость на изгиб (EI) и критическую массу (m_{cr}), действие которой вызывает необратимую деформацию либо разрушение ствола или скелетных ветвей.

Средняя окружность ствола обследованных деревьев составляла 278,8±57,0 см, высота – 13,5±2,9 м, площадь кроны – 96,5±37,3 м². В

выборку включён «Дуб Горняцкий» – памятник природы местного значения возрастом около 313 лет с окружностью ствола 4,0 м. Для деревьев балки Герасимова установлены меньшая высота (11,0±2,0 м против 14,5±1,8 м у деревьев вдоль прилегающей улицы), а также снижение диаметра ствола и площади кроны. С позиций биомеханики живых систем низкорослая ширококронная форма может рассматриваться как результат длительной пластической адаптации к ветровым нагрузкам степной зоны. Снижение высоты уменьшает изгибающий момент, а увеличение относительного диаметра ствола и развитие корневой системы повышают устойчивость к опрокидыванию и облому. Для исследованной выборки среднее аллометрическое отношение d/l составило 0,067±0,014, что соответствует высокой механической устойчивости. Расчёт показал выраженную зависимость характеристик прочности от температурного состояния древесины. Относительное сопротивление изгибу RRB составляло $2{,}80\times10^{5}\pm1{,}15\times10^{4}$ для замороженных образцов, $1{,}67\times10^{5}\pm6{,}89\times10^{4}$ после оттаивания и $1{,}02\times10^{5}\pm4{,}21\times10^{4}$ в условиях высоких летних температур. Аналогичную направленность имела жёсткость на изгиб EI: $1{,}98\times10^{8}\pm1{,}62\times10^{7}$; $1{,}18\times10^{8}\pm9{,}69\times10^{7}$ и $7{,}20\times10^{7}\pm5{,}91\times10^{6}$ ГН·м² соответственно. Следовательно, изменение модуля упругости живой древесины при температурных колебаниях выступает существенным биофизическим фактором, определяющим устойчивость целого растения. Критическая масса существенно зависела от температурного состояния тканей (рис.). Наиболее высокая механическая устойчивость характерна для замороженного состояния древесины, тогда как оттаивание и особенно воздействие высоких летних температур снижают расчётный предел устойчивости.



А Б

Рис. – Биомеханика старовозрастных дубов в районе с. Бражино: А – зависимость критической массы *Quercus robur* L. (m_{cr}) от диаметра ствола на высоте груди; Б – зависимость критической массы m_{cr} от отношения d/l при различных температурных состояниях древесины

В экологическом аспекте это означает увеличение уязвимости старовозрастных деревьев в периоды резких зимних оттепелей и аномальной жары. Неравномерный прогрев частей растения создаёт дополнительные внутренние напряжения, суммирующиеся с внешними ветровыми нагрузками и повышающие вероятность повреждения ствола и

скелетных ветвей. При наличии ядровой гнили, повреждений корневой системы или механических травм этот эффект усиливается.

Старовозрастные растения *Q. robur* в условиях Донбасса представляют живую биомеханическую систему, адаптация которой проявляется в геометрии ствола, архитектонике кроны и физико-механических свойствах древесины. Высокие значения *d/l* и m_{cr} подтверждают значительный запас механической устойчивости в условиях изменения климата региона. Комплекс морфометрических и биомеханических показателей может использоваться в экологической биофизике для диагностики состояния старовозрастных древесных растений и оценки риска их разрушения.

Работа выполнена в рамках государственного задания Донецкого государственного университета «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (FRRE-2024-0018, рук. В.О. Корниенко).

Список литературы

1. The climate to growth relationships of pedunculate oak in steppe / M. Netsvetov, M. Nikulina, M. Prokopuk [et all.] // Dendrochronologia, 2017. – Vol. 44. – P. 31-38. – DOI 10.1016/j.1016/j.dendro.2017.03.004.
2. Чибилёв, А.А. Оценка состояния старовозрастных лесных насаждений Донбасса и Новороссии / А.А. Чибилёв, Р.В. Кишкань, В.О. Корниенко [и др.] // Наука Юга России. – 2026. – Т. 22. – № 2. – С. 91-99. DOI: 10.7868/S25000640260212. EDN RUQLHA.
3. Корниенко, В. О. Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. – 107 с. – ISBN 978-5-9273-3220-5. – EDN HCFNFD.
4. Корниенко, В. О. Механическая устойчивость старовозрастных деревьев *Quercus robur* L. в условиях города Донецка / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев, Н. Н. Харченко // Учёные записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7, № 4. – С. 60–68. EDN: WLEACB.
5. Корниенко, В. О. эколого-биологические особенности старовозрастных деревьев города Донецка / В. О. Корниенко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 44-54. – DOI 10.5281/zenodo.15088293. – EDN PQWUJS.
6. Корниенко, В.О. Онтогенетические изменения механической устойчивости основных видов древесных растений в экосистемах города Донецка / В.О. Корниенко, А.С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 1. – С. 30-38. DOI 10.55355/snv2024131104. EDN: LYEGSZ.
7. Корниенко, В.О. Отдалённые радиобиологические эффекты у деревьев дуба черешчатого (*Quercus robur* L.), выросших из облучённых желудей / В.О. Корниенко, В.Н. Калаев, В.Г. Артюхов // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2025. – Т. 65, № 4-5. – С. 477-495. DOI 10.7868/s3034589825040078. EDN AJKWQB.

УДК 577.34

ОЦЕНКА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ У ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Мирошникова М.С., ORCID 0009-0007-9834-3878,
Чуфицкий С.В., ORCID 0009-0006-6126-7958
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
mirosnikovamaria2007@yandex.ru, chufitskyisergey@yandex.ru

Хвойные породы, играя ключевую роль в озеленении города, одновременно могут быть биоиндикаторами состояния окружающей среды [1]. Городская среда г. Донецка характеризуется высокой техногенной нагрузкой и в сочетании с микроклиматическими условиями может оказывать выраженное неблагоприятное воздействие на состояние древесных растений. Для оперативной и информативной оценки функционального состояния растений подходящим является метод флуориметрии, позволяющий неинвазивно диагностировать нарушения в работе фотосинтетического аппарата [2].

В исследовании проведена сравнительная оценка фотосинтетической активности сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), ели обыкновенной (*Picea abies* (L.) H.Karst.) и ели голубой (*Picea pungens* Engelm.), произрастающих на территории г. Донецка. Объектами исследования выступали деревья на территории парка кованых фигур г. Донецка. Сбор проб хвои проводился в июле 2026 года. Фотосинтетическую активность определяли методом сканирующей импульсной флуориметрии с использованием флуориметра HEXAGON-IMAGING-PAM.

Установлено, что *P. sylvestris* характеризуется более высокими значениями выхода флуоресценции, что свидетельствует о более высокой эффективности работы ФС II и лучшей адаптации сосны к условиям произрастания. Исследуемые виды ели отличались от сосны более низкой фотосинтетической активностью, а также более высоким уровнем нефотохимического тушения флуоресценции.

Список литературы

1. Сезонные изменения содержания хлорофиллов и каротиноидов в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в зоне влияния теплового поля газового факела / С. А. Шавнин, И. А. Юсупов, Н. В. Марина [и др.] // Физиология растений. – 2021. – Т. 68, № 3. – С. 315-325. – DOI 10.31857/S0015330321020184. – EDN PKIPQM.
2. Baker N. R. Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis *in vivo* / N. R. Baker // Annual Review of Plant Biology. – 2008. – Vol. 59. – P. 89-113. – DOI 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092759.

УДК 577.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АРТЕРИАЛЬНОМ РУСЛЕ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ ГРАВИТАЦИОННЫХ И ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

Морозов С. В., ORCID 0009-0009-5209-2908
Никифоров Д. К., канд. физ.-мат. наук, доц.
Калужский филиал ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, РФ
stepanom17@mail.ru

Изучение биофизических процессов в организме человека при специфических спортивных режимах является одной из ключевых задач современной биомедицинской инженерии [1]. Сердечно-сосудистая система представляет собой сложную открытую гидродинамическую систему трубок переменного сечения, по которым циркулирует неньютоновская жидкость под воздействием пульсирующего насоса. В процессе выполнения интенсивных циклических упражнений, особенно бега с переменным углом наклона поверхности (бег в гору), гидродинамические параметры кровотока подвергаются комбинированному воздействию возрастания частоты сердечных сокращений и изменения вектора действия гравитационных сил. Субъективно данные изменения часто манифестируют в виде выраженной локальной пульсации в краниальной области (в области височных артерий).

Целью данной работы является математическое моделирование изменений гидродинамического давления и объемной скорости кровотока в магистральных артериях при сочетанном действии переменного угла наклона локомоции.

Для описания потока крови в артериальном русле используется линеаризованная система уравнений Навье – Стокса для вязкой несжимаемой жидкости в цилиндрических координатах, адаптированная к геометрии кровеносного сосуда [2]:

$$\rho \frac{\partial v_z}{\partial t} = -\frac{\partial P}{\partial z} + \mu\left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial v_z}{\partial r}\right) + \rho g_z$$

где ρ – плотность крови (1050 кг/м³), v_z – продольная скорость кровотока, P – гидродинамическое давление, μ – динамическая вязкость, зависящая от скорости сдвига, а g_z– проекция ускорения свободного падения на продольную ось сосуда.

При изменении геометрии бега (переход от горизонтальной трассы к углу наклона α проекция гравитационного компонента на вертикальную ось, связывающую дугу аорты и краниальные артерии, изменяется. Эффективное гидростатическое давление P_{hs} на расстоянии L от уровня сердца до височной артерии определяется биофизическим выражением [3]:

$$P_{hs} = \rho \cdot g \cdot L \cdot cos(\theta - \alpha),$$

где θ – базовый угол наклона торса спортсмена при беге по горизонтали, α – угол наклона беговой поверхности. Полное систолическое давление в краниальных артериях P_{total} складывается из базового артериального давления, гидродинамического напора пульсовой волны и пространственного гидростатического сдвига. Для численного анализа использовались расчетные параметры, характерные для циклической нагрузки субмаксимальной мощности (ЧСС 165–180 уд/мин). В качестве математического аппарата расчета гидравлического сопротивления ветвей сонной артерии применялось уравнение Хагена – Пуазейля, модифицированное с учётом эластичности сосудистой стенки [1].

$$Q = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8\mu L},$$

Q – объемная скорость кровотока, R – радиус просвета сосуда, ΔP – перепад (градиент) давления на анализируемом участке, μ – динамическая вязкость крови, а L – длина исследуемого участка артерии.

В рамках численного эксперимента была рассчитана зависимость между углом наклона трассы и изменением систолического давления в височной артерии, проходящей в непосредственной близости от костных структур черепа. Результаты моделирования параметров кровотока приведены в таблице 1.

Таблица

Динамика гидродинамических параметров кровотока в височной артерии

Угол наклона α, градусов	ЧСС спортсмена, уд/мин	Линейная скорость сдвига γ, $с^{-1}$	Полное давление P_{total}, мм рт. ст.
0 (горизонт)	75 (покой)	120	115
0 (бег)	150	280	128
5	162	340	134
10	170	410	142
15	182	490	151

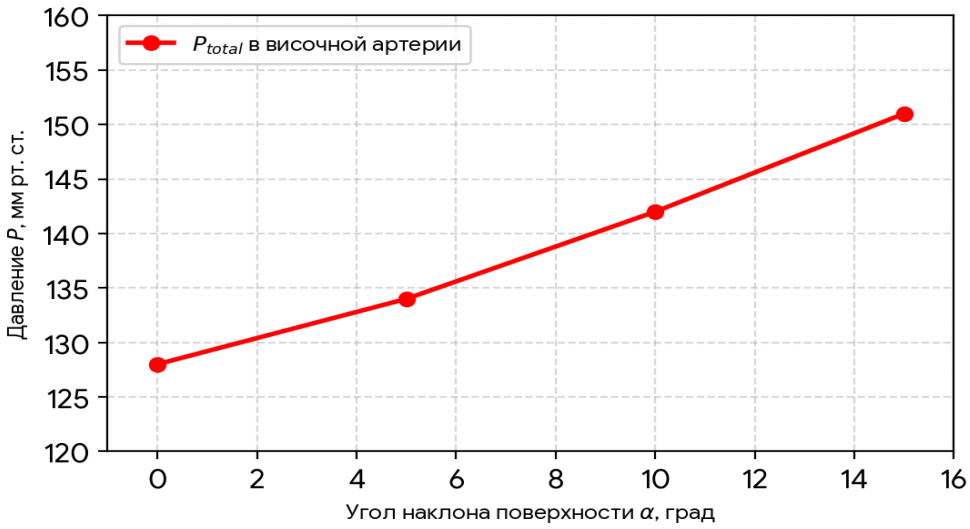


Рис. – Зависимость давления в височной артерии от угла наклона трассы

Математическая модель показывает, что при беге в гору происходит локальная суперпозиция прямой и отраженной пульсовых волн в сонной артерии. Из-за высокого сопротивления периферических сосудов лица и черепа отраженная волна давления возвращается в фазу систолы, создавая кратковременные локальные пики гидродинамического давления (эффект гидравлического удара малой мощности). Этот физический эффект напрямую объясняет феномен выраженной пульсации в висках, испытываемый спортсменами при движении по пересеченной местности.

Разработанная гидродинамическая модель краниального кровообращения позволяет с высокой точностью прогнозировать изменения давления в артериальном русле спортсмена на основе физических констант и геометрических параметров локомоции. Установлено, что субъективное ощущение пульсации в висках при беге в гору обусловлено сочетанным действием изменения вектора гравитационной силы, вызывающего перераспределение гидростатического столба жидкости, и эффектом суперпозиции отраженных пульсовых волн в условиях высокой частоты сокращений сердечного насоса.

Список литературы

1. Антонов, В. Ф. Биофизика: учебник для студ. вузов / В. Ф. Антонов, А. М. Черныш, В. И. Пасечник. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2006. – С. 187–190, 193–200. – ISBN 5-691-01037-9.
2. Педли, Т. Гидродинамика крупных кровеносных сосудов / Т. Педли; пер. с англ. В. В. Орлова. – Москва: Мир, 1983. – С. 41-64.
3. Основы военно-авиационной и космической медицины / под ред. П. В. Васильева, А. Р. Котовской. – Москва: Воениздат, 1985. – С. 74-91.

УДК 577.3

ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ *POPULUS NIGRA* VAR. *ITALICA* MÜNCHH. В ЖИЛЫХ МАССИВАХ г. ТОРЕЗА

Реуцкая В.В., ORCID 0009-0000-4031-7764,
Корниенко В.О., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-7728-8116
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
reutskaya_valeria@mail.ru, kornienkovo@mail.ru

Интенсивная урбанизация привела к обострению экологической обстановки в городах, что требует объективной и комплексной оценки состояния окружающей среды и изучения механизмов функционирования городских систем в условиях техногенного и антропогенного стресса [1–5]. Особую актуальность эти вопросы приобрели на современном этапе развития городов Донбасса, где первостепенное значение имеет анализ экологического состояния территории и устойчивости древесных насаждений в урбанизированной среде и жилых комплексах [4–7]. Древесная растительность выступает ключевым элементом средообразующей инфраструктуры жилых массивов, выполняя широкий спектр экологических, микроклиматических и рекреационных задач – от очистки воздуха и снижения шума до формирования комфортных условий для повседневной жизни горожан. В условиях высокой антропогенной нагрузки и плотной застройки её значимость возрастает, определяя санитарно-гигиенические параметры территорий и качество жизни населения. Оценка функциональной эффективности древесных пород, включая морфологические и адаптационные характеристики видов (в том числе аборигенных и интродуцированных), служит научным основанием для рационального планирования и оптимизации городского озеленения.

Цель работы – оценить жизненное состояние тополя чёрного пирамидального (*Populus nigra* var. *italica* Münchh.) в условиях жилой застройки г. Тореза на основе морфометрических и фитопатологических показателей.

Мониторинг проводился в 2025–2026 г. Объект исследования – *P. nigra* var. *italica* крупное быстрорастущее дерево, узкопирамидальной или колонновидной формы, значимое для городских лесных экосистем (рис.). Расстояние от деревьев до жилых домов составляло 3–4 м в зависимости от места расположения. Оценка жизненного состояния выполнена по шкале В.А. Алексеева. Дополнительно отобрано 100 листьев с нижнего яруса световой стороны для морфометрического анализа листьев *P. nigra* var. *italica*, который проводили по методике Б.Р. Васильева (1988). У каждого листа измеряли длину листовой пластинки (L) и длину черешка (P). На основе полученных промеров рассчитывали индекс – отношение длины

листовой пластинки к длине черешка $(\frac{L}{P})$ – по методу индексов Ю.А. Филипченко (1968).



Рис. – Объект исследования *Populus nigra* var. *italica* Münchh. (фото Реуцкая В.В., 2025 г.)

Определены морфометрические параметры листового аппарата *P. nigra* var. *italica* (площадь листа 23,1±9,6 см^2, длина пластинки 6,6±1,7 см, длина черешка 4,3±1,4 см), которые соответствовали типичным значениям для вида. Индекс формы 1,6 находился в пределах физиологически характерного диапазона 1,3–1,8, что указывает на отсутствие выраженных нарушений. Листовая пластинка и черешок развиты пропорционально, что характерно для данного вида. По шкале жизненного состояния В. А. Алексеева деревья отнесены к категории ослабленных (в среднем 3 балла). Основными морфологическими признаками угнетения являются суховершинность, видимая гниль ствола (нижняя 1/3), повреждения листовых пластин и черешка, наросты и открытая прорость.

Фактическое расстояние от стволов *P. nigra* var. *italica* до наружных стен жилых домов составило 3–4 м в зависимости от места расположения дерева. Согласно п. 9.6 СП 42.13330.2016, минимальное расстояние от наружной стены здания до оси ствола дерева должно составлять не менее 5,0 м – для деревьев с диаметром кроны до 5 м, с увеличением для деревьев с кроной большего размера. Поскольку взрослая особь *P. nigra* формирует крону диаметром 3-5 м, требуемое нормативное расстояние должно быть увеличено относительно базового минимума. Таким образом, во всех точках замера зафиксировано нарушение – фактическое расстояние на 0,5–1,5 м ниже установленного норматива. Поверхностная корневая система тополя чёрного пирамидального (глубина проникновения – 1,5–2,5 метра (редко до 3 м)), способная распространяться на 10–15 м от ствола (при этом основная масса корней (до 80%) сосредоточена в верхнем слое почвы (0–60 см) и

уходит от ствола на расстояние, примерно равное 1,5–2 высотам дерева. То есть при высоте в среднем 15-17 м корни могут расходиться на 7-9 м, но не более 20 м.). Такое расстояние представляет непосредственную угрозу повреждения фундамента, отмостки и подземных коммуникаций зданий.

Причина нарушения санитарных норм заключается в том, что требовалось быстрое озеленение новых микрорайонов и территорий вокруг заводов. Тополь выбрали из-за темпов роста (за 10–15 лет достигает ~20 метров), неприхотливости к почвам и экологическим функциям. В условиях дефицита ресурсов на детальный расчёт каждого места не было времени, поэтому деревья сажали там, где требовалось создать зелёную зону, не всегда строго следуя строительным правилам.

Результаты позволяют рекомендовать корректировку плана озеленения города Тореза с учётом не только нормативных расстояний, но и фактического состояния насаждений и особенностей городской застройки.

Работа выполнена в рамках государственного задания Донецкого государственного университета «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно–трансформированных экосистем Донбасса» (FRRE–2024–0018).

Список литературы

1. Реуцкая, В. В. Проблемы устойчивости древесных растений в условиях антропогенной нагрузки / В. В. Реуцкая // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 133–138. – EDN LMCQCJ.
2. Корниенко, В. О. Эколого-биологические особенности старовозрастных деревьев города Донецка / В. О. Корниенко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 44–54. – DOI 10.5281/zenodo.15088293. – EDN PQWUJS.
3. *Oxycarenus lavaterae* (Fabricius, 1787) (Hemiptera: Heteroptera: Lygaeidae) – новый инвазивный вид в фауне г. Донецка: распространение, численность, морфометрическая характеристика / А. А. Джантимирова, Е. В. Прокопенко, А. О. Шкиренко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2026. – Т. 15, № 1. – С. 16–22. – DOI 10.55355/snv2026151102. – EDN IKRLEE.
4. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
5. Корниенко, В. О. Оценка устойчивости деревьев *Tilia cordata* Mill. в условиях урбанизированной среды г. Донецка / В. О. Корниенко, А. А. Джантимирова, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2026. – Т. 15, № 2. – С. 66-74. – DOI 10.55355/snv2026152108. – EDN IJTRHC.
6. Сафонов, А. И. Экологический подход к фиторемедиации в новых условиях антропогенной трансформации ландшафтов Донбасса / А. И. Сафонов, Ф. В. Голубев // Овощи России. – 2026. – № 1. – С. 110-118. – DOI 10.18619/2072-9146-2026-1-110-118. – EDN EWFXOU.
7. Корниенко, В. О. Деревья *Populus* L. в условиях урбанизированной среды Донецка / В. О. Корниенко, В. В. Реуцкая // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 1. – С. 24–34. – DOI 10.5281/zenodo.15005606. – EDN MOGDEG.

УДК 577.3

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА *POPULUS ALBA* L. В ГОРОДЕ ДОНЕЦКЕ

Реуцкая В.В., ORCID 0009-0000-4031-7764
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
reutskaya_valeria@mail.ru

В условиях стремительного роста городов и обострения экологической ситуации проблема сохранения и рационального использования древесных ресурсов приобретает исключительную значимость [1–3]. Древесные насаждения выполняют ключевые биосферные функции, однако полноценность их реализации напрямую зависит от физиологического состояния растений и их устойчивости к стрессовым факторам среды [1–7]. Эколого-биологическая оценка древесных растений является необходимым инструментом мониторинга состояния зелёного фонда, позволяя своевременно выявлять угнетённые экземпляры, устанавливать причины их ослабления и назначать обоснованные мероприятия по уходу и защите [6, 7]. Результаты такой оценки особенно важны для организаций, курирующих вопросы озеленения, поскольку позволят оптимизировать ассортимент высаживаемых растений и повышать долговечность насаждений.

Цель настоящей работы – дать эколого-биологическую оценку деревьев вида *Populus alba* L., произрастающих в городских условиях Донецка.

Полевые исследования проводились на территории города Донецка в 2026 году. Первая пробная площадка – Парк кованых фигур (рис.), представляющий собой музей кузнечного мастерства под открытым небом. Планировка парка организована по принципу тематических аллей, оборудованных дорожками, скамьями и зонами отдыха. Парк характеризуется высокой рекреационной нагрузкой, обусловленной его популярностью среди туристов. Вторая площадка – улица Набережная (рис.), протянувшаяся вдоль правого берега реки Кальмиус и Кальмиусского водохранилища на протяжении более двух километров. Улица имеет твёрдое покрытие из тротуарной плитки, вдоль неё установлены кованые скамейки, декоративные цветники и невысокий парапет с кованым ограждением; данная зона отличается значительной плотностью древесных насаждений.

Жизнеспособность старовозрастных древесных растений определяли по общепринятой интегральной шкале В. А. Алексеева. Оценку устойчивости деревьев к антропогенному воздействию проводили по комплексу морфологических показателей, включающих наличие и степень выраженности повреждений ствола, а также состояние кроны.



Парк Кованных фигур



Улица Набережная

Рис. – Фрагменты насаждений *Populus alba* L. в исследуемых экотопах

Тополь белый *P. alba* – крупное листопадное дерево с широкой шатровидной кроной и серебристыми листьями, которое ценится за быстрый рост, декоративность и устойчивость к морозам, засухе, а также к воздействию токсикантов.

Жизнеспособность *P. alba,* произрастающего в условиях городской среды, оценена в среднем 2 баллами, что соответствует хорошему состоянию для старовозрастных насаждений.

В зоне парка Кованых фигур тополь белый представлен крупными экземплярами высотой более 25 метров с преимущественно раскидистой формой кроны.

На улице Набережной деревья также характеризуются широкой раскидистой кроной, при этом они располагаются ближе к автомагистрали, что усиливает нагрузку на растения. Но даже в таких условиях тополь белый сохраняет высокую декоративность и выполняет важные средообразующие функции.

При визуальном обследовании древесных растений *P. alba* выявлены характерные морфологические особенности и патологические признаки, различающиеся в зависимости от условий произрастания. В Парке кованых фигур у части экземпляров отмечен небольшой наклон стволов, что связано с неравномерным развитием кроны и тесным расположением деревьев, при котором кроны соседних растений соприкасаются и затеняют друг друга. На улице Набережной вдоль реки Кальмиус из основных патологических признаков зафиксирована гниль ствола.

Несмотря на изменение климатических условий на территории Донбасса, *P. alba* остаётся устойчивым видом, даёт хорошую тень и характеризуется средней механической устойчивостью.

Это подтверждает целесообразность его использования в городском озеленении (при определённых схемах), однако требует проведения регулярных фитопатологических обследований и своевременных санитарных мероприятий, особенно для экземпляров с выявленными признаками гнили.

Работа выполнена в рамках государственного задания Донецкого государственного университета «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (FRRE-2024-0018).

Список литературы

1. Анализ уязвимости древесных растений, произрастающих в условиях урбоэкосистем (на примере города Донецка) / В. О. Корниенко, А. О. Шкиренко, В. В. Реуцкая [и др.] // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 2. – С. 19-29. – DOI 10.55355/snv2025142103. – EDN MUFKAZ.
2. Реуцкая, В. В. Вибрации железнодорожного транспорта, как экологическая составляющая в городе Донецке / В. В. Реуцкая // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2025. – Т. 1, № 17. – С. 64-69. – EDN DDVOOC.
3. Optimization Potential of Ecosystem Functions of Tree and Shrub Plantations in Anthropogenically Transformed Territories of the Southern East European Plain / V. Kornienko, I. Pirko, B. Meskhi [et al.] // Biology. – 2026. – Vol. 15, No. 10. – DOI 10.3390/biology15100784. – EDN JEBOAH.
4. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
5. Глухов, А. З. Информационно-аналитическая ботаника в решении вопросов экологического мониторинга / А. З. Глухов, А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 4. – С. 6-13. – DOI 10.5281/zenodo.18063342. – EDN LRBPGX.
6. Корниенко, В. О. Состояние деревьев *Quercus robur* L., произрастающих в различных экотопах города Донецка / В. О. Корниенко, А. О. Шкиренко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 3. – С. 31-38. – DOI 10.55355/snv2024133105. – EDN CRFRCR.
7. Корниенко, В. О. Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка / В. О. Корниенко, Л. В. Хархота // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 46-51. – DOI 10.55355/snv2023122107. – EDN BATLWA.

УДК 577.3

СОСТОЯНИЕ *POPULUS BOLLEANA* LAUCHE НА ТЕРРИТОРИИ СТУДЕНЧЕСКОГО ПАРКА ГОРОДА ДОНЕЦКА

Реуцкая В.В., ORCID 0009-0000-4031-7764
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
reutskaya_valeria@mail.ru

Парки и зелёные зоны в крупных городах выполняют двойную функцию – рекреационную и экологическую. С одной стороны, они служат пространствами для отдыха и туризма, с другой – формируют экологический каркас города: снижают уровень загрязнения, способствуют стабилизации микроклимата, тем самым повышая общую устойчивость городской среды [2, 5, 7]. В условиях антропогенной нагрузки и трансформации климатических параметров состояние древесного фонда становится критически важным фактором [1–7]. Устойчивость насаждений и их видовой состав напрямую определяют качество городской среды и уровень комфорта для населения. Создание долговечных парковых насаждений требует научно обоснованного подхода к подбору пород. Необходимо учитывать не только биологические особенности видов, но и почву, влагу, освещённость, а также устойчивость к городским стрессовым факторам. В озеленении целесообразно сочетать аборигенные виды, естественно адаптированные к местным условиям, с интродуцированными породами. Первые обеспечивают экологическую устойчивость, вторые – расширяют декоративный ассортимент и повышают эстетическую ценность зелёных пространств [3-5].

Цель данной работы – оценить морфологические повреждения ствола, кроны и жизненное состояние *Populus bolleana* Lauche, произрастающих в студенческом парке города Донецка.

Мониторинговые исследования проводили в летний период 2025-2026 гг. Общую жизнеспособность и состояние древесных растений оценивали по интегральной общепринятой шкале В.А. Алексеева. Дополнительный осмотр кроны и измерение стволов проводился с помощью фотофиксации.

В результате определения жизнеспособности древостоя *P. bolleana* установлено, что общее состояние насаждений оценивается в 3 балла, что соответствует сильно ослабленным дендроценозам. Для данного вида характерны такие патологические признаки, как морозобоины, видимая гниль, сухобокость, суховершинность. Кроме того, у 32% обследованных деревьев зафиксированы механические повреждения антропогенного происхождения, которые в процессе старения ран создают серьёзные риски для дальнейшей жизнеспособности растений. Такие повреждения служат

«входными воротами» для проникновения патогенных организмов – грибов, бактерий и насекомых-ксилофагов, что впоследствии приводит к снижению механической устойчивости дерева. Следует также отметить, что при условии своевременного проведения агротехнических мероприятий, включающих регулярную санитарную обрезку аварийных скелетных ветвей и общий уход за насаждениями, состояние древостоя может существенно улучшиться.

Работа выполнена в рамках государственного задания Донецкого государственного университета «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно–трансформированных экосистем Донбасса» (FRRE–2024–0018).

Список литературы

1. Оценка состояния старовозрастных лесных насаждений Донбасса и Новороссии / А. А. Чибилев, Р. В. Кишкань, В. О. Корниенко [и др.] // Наука Юга России. – 2026. – Т. 22, № 2. – С. 91-99. – DOI 10.7868/S25000640260212. – EDN RUQLHA.
2. Комплексная оценка состояния дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) в урбоценозах Центрального Донбасса / А. О. Шкиренко, Е. В. Прокопенко, В. О. Корниенко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 1. – С. 63-73. – DOI 10.55355/snv2025141109. – EDN VGOAYS.
3. Корниенко, В. О. Онтогенетические изменения механической устойчивости основных видов древесных растений в экосистемах города Донецка / В. О. Корниенко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 1. – С. 30-38. – DOI 10.55355/snv2024131104. – EDN LYEGSZ.
4. Корниенко, В. О. Жизнеспособность дуба черешчатого в условиях города Донецка / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев // Сибирский лесной журнал. – 2024. – № 4. – С. 95-106. – DOI 10.15372/SJFS20240409. – EDN SPLUNB.
5. Пирко, И. Ф. Ресурсы флоры Юга Восточно-Европейской равнины. Аборигенные виды порядка Злакоцветные (Poales small) для озеленения городов Донецко-Макеевской агломерации / И. Ф. Пирко, В. О. Корниенко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 3. – С. 24-37. – DOI 10.5281/zenodo.14532037. – EDN JJBGYH.
6. Korniyenko, V. O. Impact of Natural Climate Factors on Mechanical Stability and Failure Rate in Silver Birch Trees in the City of Donetsk / V. O. Korniyenko, V. N. Kalaev // Contemporary Problems of Ecology. – 2022. – Vol. 15, No. 7. – P. 806-816. – DOI 10.1134/s1995425522070150. – EDN EUVZMY.
7. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.

УДК 537.611.3

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СПИРАЛЬНОЙ ДОМЕННОЙ СТРУКТУРЕ ПЛЕНОК ФЕРРИТА-ГРАНАТА

***Сирюк Ю.А.*[1],** д-р физ.-мат. наук, проф., ORCID 0009-0001-3406-4948,
***Безус А.В.*[1],** канд. физ.-мат. наук, доц., ORCID 0009-0003-0865-6194,
***Кононенко В.В.*[2]**, канд. физ.-мат. наук ORCID 0009-0008-1554-9780,
***Легенький Ю.А.*[1],** ORCID 0009-0007-7571-8091.
[1]ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
[2]ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина», г. Донецк, РФ
juliasiryuk@gmail.com

В феррит-гранатовых плёнках наблюдается большое разнообразие доменных структур (ДС): полосовая и лабиринтная ДС, решётка цилиндрических магнитных доменов (ЦМД), спиральные доменные структуры (СпД), неупорядоченные ДС и т.д. Виды доменных структур зависят от многих факторов: толщины плёнки, действия магнитных полей и температур, лазерного облучения и т.д. Наиболее широко исследованы динамические ДС.

В научной школе «Фазовые переходы в неупорядоченных доменных структурах плёнок феррита-граната» [1–3] исследованы статические доменные структуры. Эти исследования дают возможность подробно изучить все процессы, происходящие в спиральных структурах при изменении внешних магнитных полей и температур. При исследовании доменных структур используются термодинамический подход с применением магнитостатического давления.

Изучение спиральной доменной структуры актуально как для фундаментальной науки (физики магнетизма, твёрдого тела, физики неравновесных процессов), так и для прикладной науки: запоминающие устройства, магнитооптика, спинтроника, космология. В биологии спиральные структуры встречаются на всех уровнях организации жизни: от молекул до целых организмов. В эмбриологии и биологии развития существует модель «спиральных волн» в возбудимых средах. Считается, что такие волны могут управлять закладкой органов и формированием повторяющихся структур (например, листьев или зубов).

Благодаря оптической прозрачности феррит-гранатовых плёнок с применением эффекта Фарадея можно визуально наблюдать все процессы, происходящие в статических спиральных структурах под внешним воздействием магнитных полей и температур. Феррит-гранатовые плёнки являются прекрасным модельным объектом изучения спиральных структур.

Исследования проведены на плёнке состава $(TmBi)_3(FeGa)_5O_{12}$. Толщина плёнки $h = 8{,}4$ мкм, намагниченность насыщения при комнатной

температуре $4\pi M_s = 175$ Гс, температура Нееля $T_N = 437\,K$, точка магнитной компенсации $T_К = 120\,K$. Магнитные доменный структуры создаются монополярным импульсным магнитным полем, перпендикулярным плоскости плёнки при поле смещения: $H = 0$ Э; $H > 0$ Э; $H < 0$ Э. Экспериментально обнаружено, что зародышем спиральной доменной структуры является гантелевидный домен [1]. Виды спиральный доменных структур приведены рис. 1.

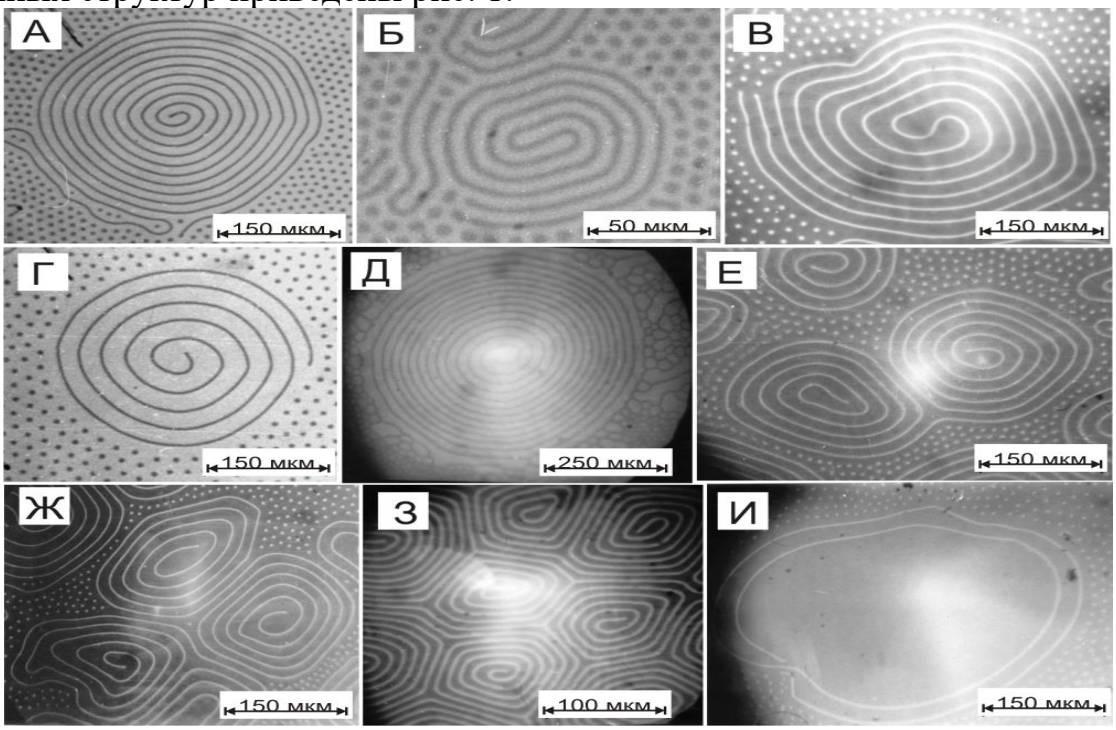


Рис.1. Виды устойчивых спиральных ДС: А – спираль Архимеда (СпД), $Н_{см}$ = 0 Э; Б, В – спираль-петля при 0 Э и 60 Э соответственно; Г – Спд, $Н_{см}$ = 112 Э; Д – СпД при $Н_{см}$ = -45 Э; Е,Ж – двойная спираль и группа спиралей при $Н_{см}$ = 60 Э; З – решётка спиральных доменов (РСпД), $Н_{см}$=30 Э; И – кольцевой домен, $Н_{см}$=100 Э.

Под действием монополярного импульсного магнитного поля при отсутствии поля смещения или при его присутствии ($H > 0$; $H < 0$) получены устойчивые спиральные доменные структуры, которые сохраняются и после выключения импульсного поля. Установлено, что равновесными спиральными доменными структурами являются: спиральный домен, окружённый решёткой ЦМД, и решётка спиральных доменов. Показано, что вид спиральной доменной структуры зависит от условий формирования.

Изучено влияние поля смещения на параметры спирального домена (радиус, число витков, длину и период полосового домена, образующего спираль).

Показано, что в основе сосуществования двух доменных фаз СпД – решётка ЦМД лежит условие равновесия – равенство магнитостатических давлений двух фаз.

Обнаружено, что зародышем спирального домена является гантелевидный домен, который создаётся под действием импульсного магнитного поля. Под влиянием планарного магнитного поля гантелевидные домены исчезают. Чтобы вновь создать спиральную доменную структуру приходится длительное время воздействовать на плёнку импульсным магнитным полем. Таким образом создаются зародыши спиральных доменов.

Экспериментально и теоретически определено, что магнитостатическое давление решётки ЦМД не только стабилизирует спиральный домен, но и определяет:

- возможность формирования спирального домена и его вид, размер;
- поведение СпД при изменении температуры или магнитного поля;
- температурную область формирования спирального домена.

Экспериментально обнаружено, что при изменении температуры или магнитного поля фазовые переходы в решётке ЦМД инициируют фазовые переходы в СпД.

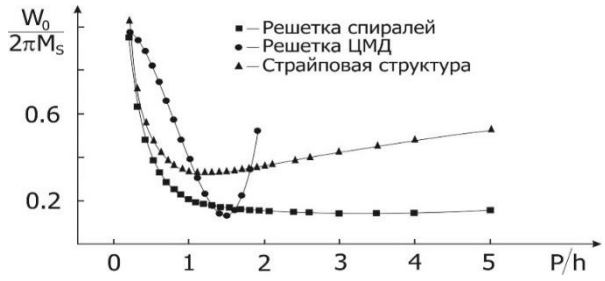


Рис. 2. – Зависимости энергий различных ДС от периода [2].

Экспериментально определено и теоретически доказано, что решётка спиральных доменов, сформированная при 30-40Э, энергетически выгодная доменная структура и устойчива при поле формирования (рис.2).

При изменении температуры или увеличении поля смещения фазовые переходы в решётке спиральных доменов не происходят. Она исчезает путём уменьшения длины спиралей.

Таким образом, из приведённых спиральных доменных структур, равновесными являются: спиральный домен Архимеда, окружённый решёткой ЦМД, и решётка спиральных доменов. Их изучение поможет глубже понять принципы работы молекулярных машин и формообразование в биологических системах.

Список литературы

1. Сирюк, Ю. А. Спиральные доменные структуры в феррит-гранатовых плёнках: препринт / Ю. А. Сирюк, В.В. Смирнов. – Донецк: ДонНУ, 2014 – 56 с. – ISBN 978-966-639-657-3
2. Lamonova, K. V. Static properties of a hexagonal lattice of spiral magnetic domains / K. V. Lamonova, A. L. Sukstanskii, Yu. A. Mamalui // Physica B: Condensed Matter. – 2002. – Vol. 324, № 1/4. – P. 9–14.
3. Mamalui, Ju. A. Properties of a new kind of structure: lattice of spiral domains / Ju. A. Mamalui, E. N. Soika // Phys. Stat. Sol. (a). – 2001. – Vol. 184, № 2. – P. 437–441.

Ботаника и экология

УДК 581.48 : 581.5 : 574.21 : 581.15 (477.60)

СЕМЕННОЙ ПОЧВЕННЫЙ БАНК БЕЛЛИГЕРАТИВНО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ ДОНБАССА В УСЛОВИЯХ ПОЛЕМОСТРЕССА

Авраменко К.Д.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
avramenkokostya358@mail.ru

Для Донбасса, характеризующегося длительной техногенной трансформацией и наложением на нее новых форм механического, пирогенного, химического и беллигеративного воздействия [1], исследование почвенного банка целесообразно рассматривать как самостоятельное направление структурной фитоиндикации [2]. В региональных исследованиях уже было предложено использовать банк семян как «стратегический потенциал» почвенных горизонтов и инструмент ретроспективной диагностики антропогенной нагрузки [3]; при этом выделялись химическая, механическая и комплексная трансформация экотопов. Семенной почвенный банк представляет собой долговременно существующий латентный компонент растительного сообщества [4, 5], в котором сохраняется не только потенциал последующего возобновления растительности, но и ретроспективная информация о состоянии генеративной сферы ценопопуляций, последовательности нарушений эдафотопа и отборе жизненных стратегий растений [3, 6, 7].

В настоящей работе обосновывается переход от традиционного анализа видового состава семенного банка к карпо-морфологическому, функциональному и физиолого-экологическому анализу банка диаспор. Ключевыми диагностическими характеристиками предлагается считать морфометрию семян и односемянных плодов, строение тесты и перикарпия, степень их склеренхиматизации, кутинизации и суберинизации, морфологическую и физиологическую разнокачественность диаспор, тип покоя, глубину залегания, жизнеспособность и способность выходить из вторичного покоя под действием импульсных факторов нарушения. Особое значение приобретает исследование того, каким образом разрушение дернины, перемешивание и декомпрессия почвенных горизонтов, изменение светового и температурного режима, аэрации и нитратного статуса создают «окно реализации» для длительно сохранявшейся части банка. Современные глобальные данные подтверждают связь персистентности банка с размером и формой семян, хотя сила этой связи таксономически и экологически контекст-зависима.

Если в классической фитоиндикации растительность рассматривается преимущественно как актуально наблюдаемая надземная компонента экосистемы, то для сильно нарушенных ландшафтов такой подход имеет принципиальное ограничение: состав надземного травостоя отражает лишь реализовавшуюся в данном вегетационном сезоне часть популяционного потенциала. В почве одновременно присутствует значительно более длительная во времени «скрытая флора» – жизнеспособные семена, односемянные плоды, мерикарпии, зерновки, орешки и другие диссеминационные единицы. Поэтому в строго морфологическом отношении объектом исследования оказывается не только *seed bank sensu stricto*, но и эдафический банк диаспор.

Для современного Донбасса эта концепция приобретает дополнительный смысл. В региональной литературе последних лет термин «полемострессс» применяется как рабочее интегральное обозначение воздействия комплекса факторов, ассоциированных с военным нарушением экотопов [1], а фитомониторинг связывается с пространственной оценкой такого воздействия.

Провели анализ проявлений гетерокарпии и гетероспермии. В пределах одной материнской особи формируются морфы диаспор, различающиеся окраской, массой, толщиной тесты или перикарпия, проницаемостью и глубиной физиологического покоя. Такая диверсификация потомства является типичной формой *temporal bet-hedging*: часть выборки реализуется относительно быстро, другая остается в банке. По карпоэкологическим признакам идентифицировали представителей *Atriplex*, *Chenopodium*, *Amaranthus*, а также *Xanthium*, у которого пространственно объединенные диаспоры отличаются глубиной покоя и временем прорастания. Подобная внутрикогортная асинхрония снижает риск утраты всей генерации при одиночном экстремальном эпизоде. Показательно, что уже в донбасской системе структурной фитоиндикации репродуктивные признаки рассматривались как диагностические [3]: отдельно анализировали генетическую гетерогенность семян, морфологическую гетерогенность плодов и генеративную трансформацию субпопуляций.

В системе наблюдений подтверждено, что после нарушения почвенного покрова меняется прежде всего доля жизнеспособных семян, переходящих из состояния покоя в состояние, допускающее прорастание. Для интерпретации банка это принципиальное различие. Таким образом, почвенный банк следует трактовать как метаболически минимизированную, но функционально подготовленную систему длительного ожидания экологического окна. Механическое нарушение одновременно изменяет несколько экологических сигналов. Перемещение диаспоры из глубинного горизонта к поверхности увеличивает отношение красного света к дальнему красному и активирует фитохромную систему фотобластичных семян;

резко возрастает суточная амплитуда температур, улучшаются аэрация и газообмен, после минерализации органического вещества могут возникать локальные нитратные импульсы. Абразия частицами минерального субстрата способна механически повреждать водонепроницаемые покровы, а разрушение дернины снимает конкурентный фильтр, который до нарушения препятствовал закреплению проростков.

Это рассмотрено для рудеральных и эксплерентных видов *Ambrosia artemisiifolia*, *Amaranthus albus*, *Reseda lutea*, *Cyclachaena xanthiifolia*, *Xanthium albinum* и *Stenactis annua* – видов, способных сохранять полноценный диссеминационный материал в течение 5–10(30) и более лет до возникновения благоприятных условий, связанных в том числе с механической трансформацией почвенных горизонтов.

Для беллигеративно трансформированной территории перспективна концепция семенного банка как двунаправленного индикатора. В ретроспективном направлении он отражает прошлый состав генеративных популяций и накопленное воздействие стрессоров; в прогностическом – показывает, какой флористический и функциональный ответ потенциально реализуется после очередной дестабилизации эдафотопа.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
2. Сафонов, А. И. Первичный скрининг семенного банка фитоиндикаторов техногенных нагрузок на эдафотопы Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2010. – № 1(10). – С. 92-96. – EDN YCQNEK.
3. Safonov, A. I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region // Problems of Ecology and Nature Protection of Technogenic Region. – 2013. – No. 1. – P. 52-59. – EDN XRAETZ.
4. Wang X., Ge W., Zhang M., Fernández-Pascual E., Moles A. T., Saatkamp A., Rosbakh S., Bu H., Panahi P., Ma M. Large and non-spherical seeds are less likely to form a persistent soil seed bank // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2024. – Vol. 291. – Art. 20232764. – DOI: 10.1098/rspb.2023.2764.
5. Hubert B., Leprince O., Buitink J. Sleeping but not defenceless: seed dormancy and protection // Journal of Experimental Botany. – 2024. – Vol. 75, No. 19. – P. 6110–6124. – DOI: 10.1093/jxb/erae213.
6. Luo C., Guo X., Feng C., Xiao C. Soil seed bank responses to anthropogenic disturbances and its vegetation restoration potential in the arid mining area // Ecological Indicators. – 2023. – Vol. 154. – Art. 110549. – DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110549.
7. Liu Y., Qi L., Ren W., Chen Z., Yuan F., Liu Y. Changes with time post-restoration in the relationships between soil seed bank and aboveground vegetation in a reclaimed open-pit coal mine // Scientific Reports. – 2025. – Vol. 15. – Art. 26373. – DOI: 10.1038/s41598-025-12056-w.

УДК 581.5 (477.60)

БОТАНИКО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВИДОВ ПРИРОДНОЙ ФЛОРЫ ДОНБАССА В ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОМ ОБУЧЕНИИ НА БАЗЕ МАСТЕРСКОЙ «ПРОСВЕТ» (Г. ДОНЕЦК)

Авраменко К.Д., Сорока М.В.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
avramenkokostya358@mail.ru

Природная флора Донбасса представляет значительный научно-образовательный интерес, обусловленный флористическим богатством региона [1–3], экологической неоднородностью местообитаний [4, 5] и своеобразием степных, луговых, опушечных и прибрежно-водных растительных сообществ [6, 7]. Разнообразие жизненных форм, морфологических структур и фенологических состояний сосудистых растений создаёт предпосылки для их многоаспектного использования в образовательном процессе: от изучения систематических признаков и адаптивных особенностей до конструирования художественных объектов на основе природных форм.

Перспективным направлением является включение представителей региональной флоры в образовательные программы авторской проектной мастерской Анны Петровны Жижко – «ПроСвет» (г. Донецк), предусматривающие синтез ботанического просвещения, элементов флористического дизайна и проектно-исследовательской деятельности.

Особую дидактическую ценность представляет создание икебаны – художественных композиций, основанных на пространственно-ритмической организации растительного материала, асимметрии, соподчинении структурных элементов и выразительности естественной архитектоники растений. В условиях образовательной мастерской такая деятельность может выступать не только инструментом эстетического развития, но и способом предметного освоения морфологических, систематических и экологических характеристик растительных организмов.

Цель исследования – научно-методическое обоснование и разработка модели интеграции видов природной флоры Донбасса в образовательные программы проектной мастерской «ПроСвет» (г. Донецк, ДНР) посредством создания флористических композиций в технике икебаны и формирования ботанически достоверного дидактического материала.

Реализация поставленной цели предусматривает определение морфолого-декоративного потенциала региональных видов сосудистых растений, установление критериев их отбора для образовательной деятельности, разработку способов трансформации природного материала в

учебно-наглядные объекты и определение педагогических возможностей интеграции флористического конструирования с изучением ботанических дисциплин.

Для разработки образовательных модулей выделены десять видов, относящихся к шести семействам покрытосеменных растений: *Achillea millefolium* L. (Asteraceae), *Artemisia absinthium* L. (Asteraceae), *Centaurea scabiosa* L. (Asteraceae), *Tanacetum vulgare* L. (Asteraceae), *Salvia nemorosa* L. (Lamiaceae), *Daucus carota* L. (Apiaceae), *Melilotus officinalis* (L.) Lam. (Fabaceae), *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. (Poaceae), *Dactylis glomerata* L. (Poaceae), *Rosa canina* L. (Rosaceae).

Методологическую основу составляют сравнительно-морфологический, систематический, фенологический и визуально-аналитический методы исследования растительного материала, дополненные методами педагогического моделирования, проектного обучения и предметно-практической деятельности.

Первоначальный этап предусматривает таксономическую идентификацию видов, анализ диагностических признаков вегетативных и генеративных органов, определение фенологических фаз и оценку пригодности отдельных морфологических структур к последующему композиционному использованию.

В результате теоретико-методического анализа выделены два взаимосвязанных направления интеграции регионального флористического материала в деятельность проектной мастерской «ПроСвет»: художественно-композиционное конструирование с использованием природных растительных форм и разработка специализированного ботанического дидактического комплекса.

Первое направление предусматривает использование морфологической вариабельности растительных объектов при создании икебаны и других флористических композиций. Установлена методическая целесообразность дифференциации растительного материала по его композиционно-функциональным характеристикам: линейным, акцентным, фактурообразующим и пространственно-заполняющим.

Линейную основу композиций могут формировать генеративные побеги представителей Poaceae, прежде всего *Phragmites australis* и *Dactylis glomerata*, обладающие выраженной направленностью осей и специфической архитектоникой метельчатых соцветий.

В качестве акцентных элементов перспективно использование соцветий *Salvia nemorosa* и *Centaurea scabiosa*, отличающихся контрастностью цветовой гаммы и пространственной конфигурации. Мелкофактурные структуры *Achillea millefolium* и *Daucus carota* могут обеспечивать визуальную связность композиции, тогда как побеги *Artemisia absinthium* позволяют акцентировать текстурные характеристики листовых поверхностей.

Применение плодоносящих побегов *Rosa canina* создаёт возможности для отображения сезонной динамики декоративных признаков и осмысления взаимосвязи репродуктивной биологии растений с их эстетической выразительностью.

Таким образом, формирование композиции приобретает характер морфолого-аналитического действия, при котором художественное решение основывается на осознанной оценке пространственного строения, фактуры, симметрии и особенностей расположения органов растительного организма.

Разработка икебаны на основе локального растительного материала позволяет рассматривать флористическое конструирование как форму предметно-практического познания, обеспечивающую интеграцию естественно-научного анализа и художественно-эстетической деятельности.

Предложенная модель обладает потенциалом применения в системе дополнительного образования и может служить методологической основой для разработки вариативных междисциплинарных программ, ориентированных на изучение и сохранение регионального фитобиоразнообразия.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
2. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
3. Гермонова, Е. А. Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура. – Донецк: ДонНУ, 2019. – С. 202-204. – EDN XFYXFQ.
4. Балыкин, И. А. Анализ ландшафтного профиля в графике по динамике полемостресса // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 18-25. – EDN CVNVAE.
5. Морозова, Е. И. Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 317-318. – EDN YUAPBZ.
6. Глухов, А. З. Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 311-312. – EDN YUAPAY.
7. *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid в оценке техногенного загрязнения (Ni, Zn, Mn, Al, Se, Cs, La, Sm) трансформированных экотопов Донбасса // Трансформация экосистем. – 2023. – Т. 6, № 3(21). – С. 22-38. – DOI 10.23859/estr-220726. – EDN GHVAZY.

УДК 911.52

ЛАНДШАФТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛЫХ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Адодина Е.В., канд. геогр. наук, доц., ORCID 0000-0002-5245-3496
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, РФ
evkand@yandex.ru

Для Воронежской области характерно распространение малых речных водотоков. Так, на их долю в области приходится более 80 % от общей численности всех водотоков региона. Малые реки образуют своеобразный каркас речной сети. Они формируют около половины суммарного речного стока, а протяженность их гидрографической сети – 94,6 % суммарной. При этом малые реки наиболее уязвимы перед природными и антропогенными изменениями. В ландшафтном отношении данные речные бассейны имеют идентичную структурную организацию, но в ряде случаев имеются различия. Так, например, в пределах Окско-Донской низменной равнины выделяется междуречно-недренированный тип местности, а на юге Воронежской области в бассейне реки Левая Богучарка встречается останцово-водораздельный тип местности. Большинство бассейнов малых рек характеризуются следующей ландшафтной структурой в ландшафтно-типологическом отношении: пойменный, склоновый и плакорный [3,4]. Более детально нами рассмотрена структурная организация ландшафтов и их характеристика на примере бассейна реки Трещевка, которая находится на юго-западе Европейской части России в пределах Восточно-Европейской (Русской) равнины. Координаты крайних точек на севере 51°57'20.2"(с.ш.) 38°49'27.4"(в.д.), на западе 51°51'47.8"(с.ш.) 38°48'14.8"(в.д.), на юге 51°46'58.9" (с.ш.) 38°59'38.6" (в.д.), на востоке 51°52'46.3"(с.ш.) 39°00'08.1"(в.д.). Бассейн расположен на известняковом севере Воронежской области в лесостепной зоне.

Река Трещевка протекает по известняковому северу Воронежской области и относится к категории малых. Она является левым притоком реки Ведуга. Длина русла составляет 30 км. Площадь водосборного бассейна – 267 км² [1]. Она является левым притоком реки Ведуга. Река берет свое начало у села Сомово, устье находится недалеко от села Губарево. Трещевка имеет несколько безымянных водотоков, которые в основном пересыхают в летнее время. Крупнейший приток – река Камышовка с длиной 17 км. Также на Трещевке образовано несколько прудов.

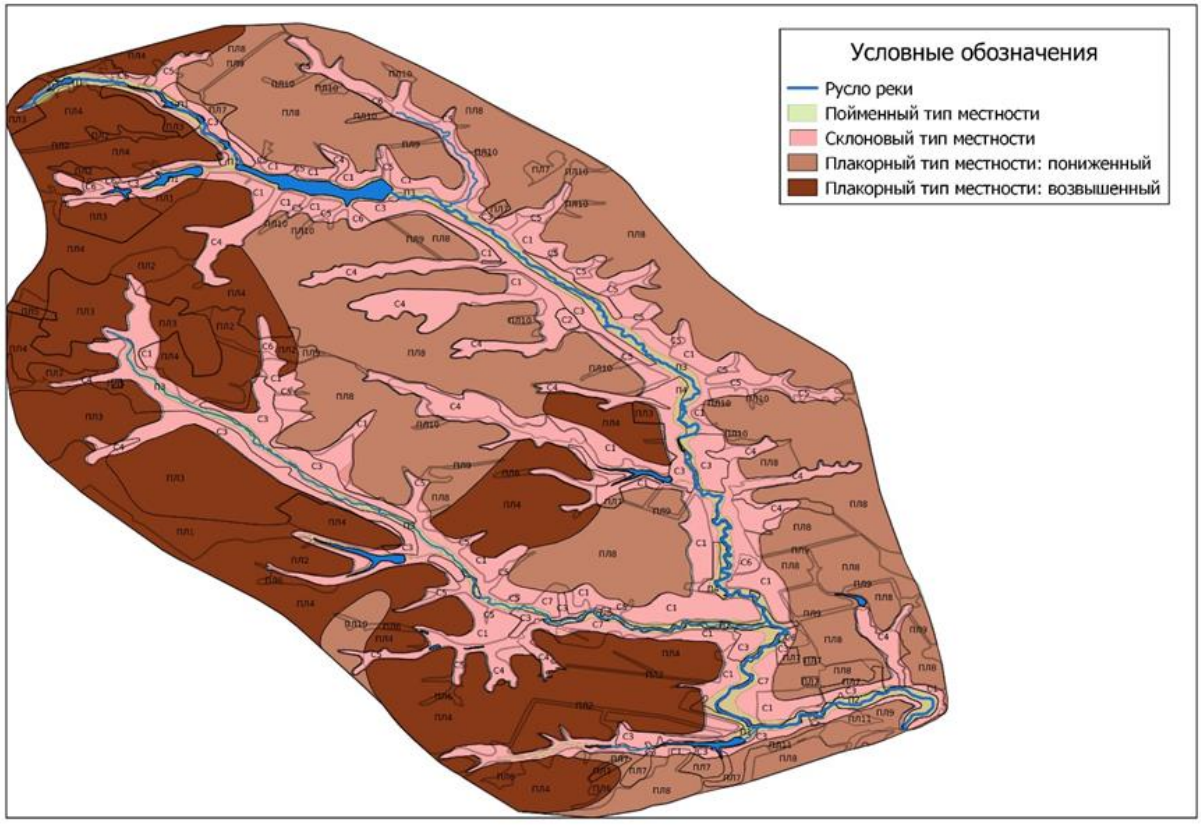
Для бассейна р. Трещевки характерны отметки высот 150-200 м над уровнем моря, а в верхнем течении высота повышается до 250 м. В гидрологическом отношении бассейн приурочен к Девицкому гидрологическому району [2].

Таблица

Основные морфометрические характеристики бассейна реки Трещевка

Основные морфометрические характеристики Бассейна реки Трещевка				
F, км^2	$L_б$, км	$Вб_{макс}$, км	$Вб_{ср}$, км	$L_{вдр}$, км
393	30,5	18	9	86

Так, в пределах бассейна реки Трещевка Воронежской области были выделены три типа местности: пойменный, склоновый и плакорный (рис.).



Масштаб 1:50000

Рис. – Ландшафтная карта бассейна реки Трещевка Воронежской области (составлено автором)

Пойменный тип местности представляет собой заливаемые в половодье участки речных долин. Занимает наименьшую по площади территорию (43 км²). Он развит в долине реки Трещевка и ее притоках.

Пойма неширокая, до 1 км, но довольно широко распространены луга, используемые для пастьбы скота и заготовки сена.

Ландшафтную структуру склонового типа местности предопределяют природно-территориальные комплексы в виде склонов речных долин, балок и оврагов. Он занимает 112,4 км², то есть 28,6 % от площади бассейна. Литогенную основу склоновых местностей образуют преимущественно суглинки и мело-мергельные породы.

Плакорный тип местности приурочен к пологоволнистым водораздельным равнинам реки Трещевка. Водораздел покрыт типичными и выщелоченными черноземами. Он занимает наибольшую площадь территории – 237,6 км², что составляет 60,4 % бассейна. Четко прослеживаются два высотно-геоморфологических варианта плакоров: возвышенный пологоволнисто-суглинистый (с абсолютными высотами поверхности от 200 до 259 м) и пониженный пологоволнисто-суглинистый (с абсолютными высотами поверхности от 150 до 200 м).

В настоящее время обязательной составляющей рациональной организации любой территории остается сохранение ландшафтного разнообразия [3, 4]. Территории с низким ландшафтным разнообразием при прочих равных условиях благоприятны для эффективного монофункционального хозяйства, с высоким – для организации охраняемых территорий и рекреации. В этой связи одним из важнейших элементов структурно-морфологической оценки территории может служить анализ ее ландшафтного разнообразия, т. е. количества различных одноранговых природных комплексов внутри более крупной геосистемы, соотношения их площадей, формы контуров и других характеристик.

Список литературы

1. Дмитриева В. А. Гидрологическая изученность Воронежской области: каталог водотоков / В. А. Дмитриева. – Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2008. – 225 с.
2. Жигулина Е.В. Влияние естественных факторов на структурную организацию ландшафтов бассейна реки Трещевка Воронежской области / Е. В. Жигулина, В. А. Тихонова // Новые информационные технологии и системы в решении задач инновационного развития. – Уфа, 2021. – С. 191-193
3. Жигулина Е. В. Структурная организация ландшафтов бассейнов малых рек Воронежской области // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах. Москва-Белгород, 2013. С. 54-57.
4. Жигулина Е. В. Структурно-динамическая организация ландшафтов бассейнов малых рек Воронежской области / Е. В. Жигулина // Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете: материалы 4-ой всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Томск, 2017. – Т 1. – С. 64-67.

УДК 911.52

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСОАГРАРНЫХ ЛАНДШАФТОВ ОРГАНИЗАЦИИ ООО ИМЕНИ ТЕЛЬМАНА ЛИСКИНСКОГО РАЙОНА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Адодина Е.В., канд. геогр. наук, доц., ORCID 0000-0002-5245-3496,
Кочемасов К.В.
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», г. Воронеж, РФ
kochemasovkonstantin@yandex.ru

В современных условиях динамичного развития сельского хозяйства недостаточное внимание уделяется своевременной оценке состояния аграрных и лесоаграрных ландшафтов, а они играют незаменимую роль в поддержании экологического состояния любой территории. Наиболее важным в изучении современного состояния является прогнозирование возможных факторов, негативно сказывающихся на функционировании лесоаграрных ландшафтов, поскольку они являются важным звеном экономической, управленческой и экологической систем.

Лесные полосы имеют незаменимое значение в ведении сельского хозяйства. Их роль важна в борьбе с суховеями и пыльными бурями. Они задерживают снег на полях, накапливая влагу и тем самым способствуя повышению плодородия почв и, как следствие, урожайности. Кроме того, им отводится важная роль в борьбе с водной и ветровой эрозией [2].

Именно поэтому необходим постоянный мониторинг состояния лесоаграрных ландшафтов, необходимый для разработки мероприятий по охране, мелиорации и созданию научно обоснованных проектов по закладке новых или выкарчевыванию старых в связи с потерей их бонитета. В результате этого возникла необходимость данных исследований. Нами в августе 2026 года проведена оценка состояния лесоаграрных ландшафтов на территории сельскохозяйственной организации ООО имени Тельмана, расположенной в селе Аношкино Лискинского района Воронежской области [1].

На исследуемой территории в настоящее время находится более 30 лесополос, общая протяженность которых составляет 85,3 км. Особенность исследуемой территории состоит в том, что в окрестностях расположено несколько участков ГЛФ общей площадью 11,4 км^2 и иные лесные участки площадью 4,2 км^2, которые также оказывают влияние на сельскохозяйственные угодья.

На изучаемой территории были выделены различные типы лесоаграрных ландшафтов. Так, на северо-западе доминируют тополиные лесополосы из тополя дрожащего (*Populus tremula*), в центральной и северной частях – береза повислая (*Betula pendula*) и вяз гладкий (*Ulmus*

laevis). В балочных системах встречаются смешанные насаждения, а в южных районах – доминирует дуб черешчатый (*Quercus robur*).

Было установлено, что доминирующими лесными породами в лесоаграрных ландшафтах являются тополь дрожащий и береза повислая, но наибольшую площадь всё же занимают смешанные лесные полосы (рис.1). На долю смешанных противоовражных лесополос приходится около 42 % от всей протяженности лесополос хозяйства. Далее примерно с равным значением в 16 % находятся посадки с доминированием березы повислой, тополя дрожащего и дуба черешчатого. Наименьшие участки приходятся на посадки вяза гладкого (10 %) и белой акации (*Robinia pseudoacacia*) (2 %), которая встречается лишь на одном участке.

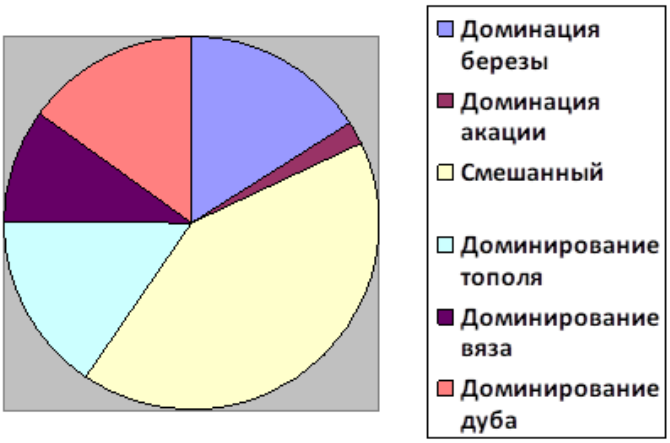


Рис. 1. – Соотношение лесоаграрных ландшафтов по доминирующей лесной породе по состоянию на июль 2026 г. (составлена авторами)

Плотные лесополосы в хозяйстве занимают 42 %, соответственно, на продуваемые (с их промежуточными вариантами) приходится 58 %, включая как ажурно-продуваемые, так и ажурно-непродуваемые.

На основе полученных данных составлена картосхема размещения лесоаграрных ландшафтов по доминирующей древесной породе, земель ГЛФ и иных лесных участков на территории ООО имени Тельмана с. Аношкино Лискинского района Воронежской области (рис. 2).

По результатам полевых наблюдений мы также установили, что вяз в восточной части территории сильно поврежден вредителями, в особенности пилильщиком-зигзагом, и посадка продолжает находиться в угнетенном состоянии уже более 10 лет [3]; в плохом состоянии также находятся посадки березы, которые повреждены под действием сильных ветров, как в тёплые, так и в холодные периоды года; остальные посадки находятся в удовлетворительном состоянии, однако с 90-х годов прошлого века и по сей день прекращён уход за ними, а высадки (подсадки) также не производятся.



Рис. 2. – Карта-схема размещения лесоаграрных ландшафтов ООО имени Тельмана Лискинского района Воронежской области (составлена авторами)

Для устранения текущих проблем в лесоаграрных ландшафтах требуется набор мероприятий, который будет направлен на улучшение современного состояния лесоаграрных ландшафтов, например, таких как: внедрение системы возделывания разнообразных посадок с применением рациональных доз; поэтапное возрождение утраченных зон в березовых и вязовых насаждениях, подбор подходящих древесных культур для их замены в актуальных условиях ведения хозяйства и др.

Список литературы

1. Жигулина, Е. В. Физико-географическая характеристика сельского поселения Аношкино Лискинского района Воронежской области / Е. В. Жигулина, К. В. Кочемасов // Региональные эколого-географические и туристско-рекреационные исследования. - Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2025. - С. 15-21. EDN ACVJZU
2. Мильков, Ф. Н. Каменная степь: лесоаграрные ландшафты / Ф. Н. Мильков, А. И. Нестеров, П. Г. Петров, Б. И. Скачков, К. А. Дроздов, Л. Л. Семаго. – Воронеж: Изд-во Воронежского государственного университета, 1992. – 224 с.
3. Щуров, В. И. Ильмовый пилильщик в европейской части России / В. И. Щуров, Ю. И. Гниненко, Н. А. Ленгесова, М. Ю. Гниненко // Защита и карантин растений. - 2012. - № 2. - С. 37–38.

УДК 574.2

ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ ГОРОДСКОЙ ДЕНДРОФЛОРЫ В ЦЕЛЯХ БИОИНДИКАЦИИ

Анищенко Е.И.
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск, РФ
eco_egf@mail.ru

Насаждения в черте города вынуждены приспосабливаться к необычным условиям среды, используя выработанные за период многовековой эволюции механизмы адаптации и выживания в условиях стресс-факторов. Видовая устойчивость и способность растений к трансформации загрязняющих веществ в зонах экологического риска, к которым по многим факторам можно отнести урбанизированную среду, преимущественно определяют качество выполнения растительностью средообразующих и средостабилизирующих функций [3]. В условиях городской среды важно выявить видовую толерантность дендрофлоры для уточнения диапазона изменений в связи с влиянием стрессовых факторов [1, 2]. Для крупной урбоэкосистемы Брянска исследована толерантность фоновых видов зелёных насаждений по накоплению хлорофиллов для оптимизации биоиндикации, что и явилось целью исследований.

Обследованы 12 видов растений по методике определения фотосинтетических пигментов методом экстрагирования с последующим спектрофотометрическим анализом по I. F. Wintermans, A. De Mots, 1965. Во внимание принимались гинкго двулопастный (G. bil.), дуб красный (Q.rub.), дуб черешчатый (Q.rob.), ива козья (S. cin), клён платанолистный (A.plat), сосна сибирская (P.sib), ель колючая (P.pun), ель европейская (P.abi), липа сердцелистная (T.cor), пузыреплодник калинолистный (P.opu), сирень венгерская (S.jos)

Исследование пигментной системы растений в летний и осенний периоды показало изменения, вызванные не только антропогенно-техногенными воздействиями, но и абиотическими факторами (рисунки 1–2).

Содержание Хл А у исследуемых видов в летний и осенний периоды изменяется неравномерно, поэтому сезонная динамика носит видоспецифический характер. У части растений осенью наблюдается увеличение показателя, у части – снижение. Повышение содержания Хл а в осенний период отмечено у *G.bil*, *Q.rub*, *S.cin*, *A.plat*, *P.sib* и *P.opu*. Наиболее заметный рост виден у *Q.rub*, где среднее значение увеличивается с 0,118 до 0,180 мг/г. У *A.plat*, *P.sib* и *P.opu* осенние показатели также выше летних, но

различия выражены умеренно. У *G.bil* и *S.cin* увеличение менее резкое, однако тоже прослеживается.

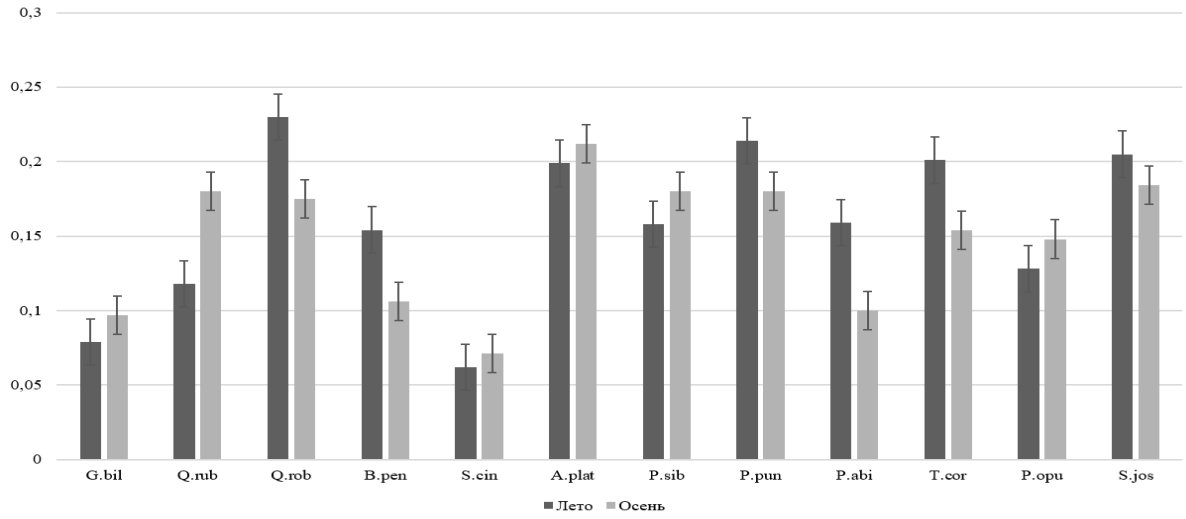


Рис. 1. – Сравнение содержания хлорофилла a (Хл a) мг/г у видов в летний и осенний периоды

Снижение содержания Хл a осенью наблюдается у *Q.rob*, *B.pen*, *P.pun*, *P.abi*, *T.cor* и *S.jos*. Наиболее выраженное уменьшение характерно для *P.abi*, где показатель снижается примерно с 0,159 до 0,100 мг/г. Достаточно заметное снижение также видно у *T.cor*, *B.pen* и *Q.rob*. У *P.pun* и *S.jos* уменьшение выражено слабее, но также отчетливо прослеживается.

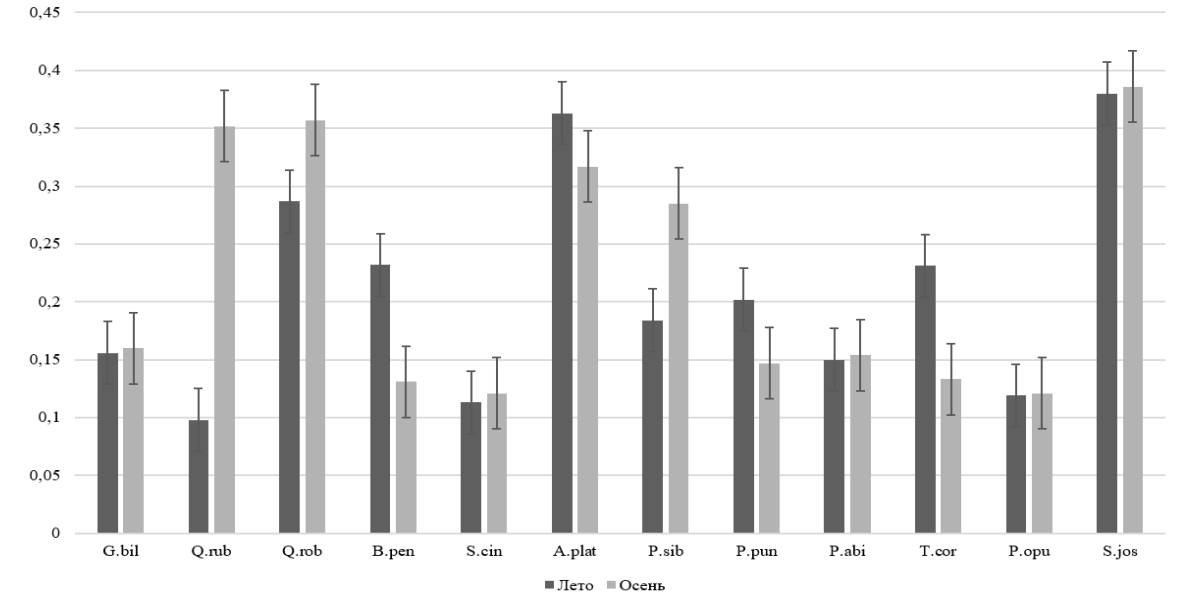


Рис. 2. – Сравнение содержания хлорофилла b (Хл b) мг/г у видов в летний и осенний периоды

Содержание Хл b у исследуемых видов в летний и осенний периоды изменяется неодинаково, поэтому сезонная динамика носит видоспецифический характер. Для части древесных и кустарниковых видов осенью наблюдается увеличение показателя, у части — снижение. Повышение содержания пигмента в осенний период отмечено у *G.bil*, *Q.rub*, *Q.rob*, *S.cin*, *P.sib*, *P.abi*, *P.opu* и *S.jos*. Наиболее заметный рост виден у *Q.rub*, где средний показатель увеличивается с 0,098 до 0,352 мг/г. Существенное увеличение также наблюдается у *P.sib*, где значение возрастает с 0,184 до 0,285 мг/г, и у *Q.rob*, где осеннее значение выше летнего. У *G.bil*, *S.cin*, *P.abi*, *P.opu* и *S.jos* увеличение менее резкое, однако тоже прослеживается. Снижение содержания Хл b осенью выявлено у *B.pen*, *A.plat*, *P.pun* и *T.cor*. Наиболее выраженное уменьшение характерно для T.cor (с 0,231 до 0,133 мг/г). Заметное снижение также наблюдается у *B.pen*, *P.pun* и *A.plat*. Пределы погрешности результатов в экспериментах в целом невелики, что указывает на относительно низкий разброс значений внутри выборок и достаточную устойчивость полученных результатов.

На основании анализа видовых различий в накоплении пигментов выявлено, что наиболее устойчивыми для условий городской среды являются те виды, у которых сохраняется сравнительно высокий уровень пигментов, выражена сезонная адаптивная перестройка пигментного комплекса. Такие особенности свидетельствуют о способности растений поддерживать фотосинтетическую активность, компенсировать действие стрессовых факторов городской среды и сохранять физиологическую устойчивость в разные периоды вегетации. Среди исследованных видов наиболее устойчивыми можно выделить *A.plat*, *Q.rob*, *Q.rub* и *S.jos*. К относительно устойчивым можно отнести *P.sib*, *T.cor* и *P.opu*, т. к. у них наблюдается сохранение и увеличение содержания отдельных пигментов, однако защитные реакции выражены слабее или менее однозначно. Тема актуальна в биоиндикационном аспекте постконфликтных территорий [4].

Список литературы

1. Ковалева А. С., Нестеренко В. М., Анищенко Л. Н. К вопросу биохимического мониторинга пигментного аппарата фоновых видов в крупном городе // Современные вызовы и их влияние на развитие науки и образования: анализ и практические решения. Сб. статей по итогам Междунар. научно-практ. конф. Стерлитамак: АМИ, 2025. – 208 с. – EDN QGCOJD
2. Кочуров Б. И., Чубченко Н. В. Пигментный состав как биоиндикатор в урбоэкодиагностике городской среды // Экология урбанизированных территорий. 2023. №4. – С. 26–34. DOI 10.24412/1816-1863-2023-4-26-34
3. Шихова Н.С. Биогеохимические критерии оценки экологической эффективности видов в городском озеленении // Вестн. ДВО РАН. 2022. №2. С. 17–36. EDN VRPJFM
4. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.

УДК 574.2 (502)

ЭЛЕМЕНТЫ РЕТРОСПЕКТИВНОГО ДЕНДРОМОНИТОРИНГА (НА ПРИМЕРЕ РЕПЕРОВ ОПАСНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ РФ)

Анищенко Е.И.*, *Гришина Д.А.*, *Каменецкая К.С.*, *Тимонина Т.С.
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск, РФ
eco_egf@mail.ru

Ретроспективный экомониторинг опасных техногенных объектов лежит в основе оценки реабилитационных мероприятий. На территории Брянской области в Почепском административном районе до 2015 г. действовал объект 1204 по утилизации химического оружия (ОУХО), представляющий особую угрозу среде и населению при возможных аварийных ситуациях [3]. Однако на объекте соблюдались требования технологического цикла, а многолетние аналитические данные, собранные сотрудниками Брянского госуниверситета, свидетельствовали о безопасности его работы, оцененной по государственным методикам [1, 2]. Законсервированный объект и 121 репер представляют прекрасный полигон для разработки прогнозных моделей отдалённых воздействий техногенных объектов на среду. В работе поставлена цель – представить результаты дендромониторинга состояния среды по элементам группы тяжёлых металлов.

Побеговая масса древесных видов (образцы древесины, хвои (листвы), коры) отбиралась на реперных точках объекта по уничтожению химоружия в 2025 г. в Семецком лесничестве. При проведении детальных работ на пробных площадках (СПП) отбирались модельные деревья главной породы по таксационным признакам, близкие к параметрам среднего дерева. Химический анализ образцов проведен по соответствующим ГОСТам в ФГУ «БрянскАгрохимрадиология».

Полученные данные химического анализа образцов сгруппированы по породам деревьев и частям фоновых видов лесных сообществ (таблица).

В районе бывшего ОУХО ближайшим источником техногенного загрязнения среды является автодорога Почеп – Семцы с одной полосой движения в каждом направлении с асфальтовым покрытием. Интенсивность движения автотранспорта по ней низкая. Анализ содержания химических элементов в частях деревьев не выявил связи с расстоянием отбора образцов от дороги Почеп – Рамасуха.

Содержание микроэлементов характеризует состояние среды на территории, ранее подвергавшейся техногенному воздействию, и может

использоваться при мониторинге состояния природной среды и оценки воздействия на неё объекта УХО.

Воздействие ОУХО на среду признано нейтральным, по прошествии 10 лет его воздействие ещё уменьшилось.

Таблица

Содержание химических элементов (мкг/г) в образцах древесины, хвои (листвы) и коры фоновых видов на реперных точках

компонент		элементы							
		B	Al	Ti	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn
	Расстояние от дороги	Ель европейская							
Древесина	150	< 0,6	4,6	< 0,3	222	8	0,21	1,2	17,8
	550	< 0,6	15,4	1,1	270	25,2	0,32	1,7	23,5
	1000	< 0,6	4,8	0,5	70,9	7	0,23	0,76	18,1
	средн	< 0,6	8,3	0,6	187,6	13,4	0,25	1,22	19,8
Кора	150	8,9	75,1	3,2	1624	35,9	2,1	5,7	141
	550	10,1	60	2,8	2060	11,9	5,2	2,9	87,3
	1000	5,5	184	11,6	151	99,4	1,5	3,3	92,5
	средн	8,2	106,4	5,9	1278	49,1	2,9	4	106,9
Хвоя	150	14,2	98,6	6,1	1430	69,7	6,7	5,2	38,7
	550	17,9	53	3,1	1660	29,6	5,8	2,8	22,7
	1000	13,2	140	8,7	456	100	3,2	3,3	38,3
	средн	15,1	97,2	6	1182	66,4	5,2	3,8	33,2
		Дуб черешчатый							
Древесина	100	3,8	4,6	2,1	82,7	8,6	0,73	2,4	7,1
	500	5,2	42,7	3,1	103	32,1	0,93	2,5	12,2
	средн	4,5	23,7	2,6	92,9	20,4	0,83	2,45	9,7
Кора	100	15,5	27,5	1,5	501	35,7	2,9	6,3	15,8
	500	10,7	619	52,8	341	479	2,8	6,5	11,5
	средн	13,1	323,3	27,2	421	257,4	2,85	6,4	13,7
Листья	100	10,8	124	4,9	1714	98,6	5,5	5	24,2
	500	14,5	115	5,9	932	122	4,4	6,9	27,6
	средн	12,7	119,5	5,4	1323	110,3	5	6	25,9

Содержание различных элементов значительно варьирует по деревьям разных пород и частям дерева (таблица).

Содержание бора в частях деревьев ели на СПП варьирует от 0,3 до 184 мкг/г с максимумом на СПП- 29 для коры и хвои.

В частях деревьев дуба – от 3,8 до 15,5 мкг/г, у сосны – от 2 до 6,9 с увеличением в коре и ассимиляционных органах.

Наибольшее содержание алюминия отмечается во всех частях деревьев сосны. Содержание титана в частях деревьев ели ниже (0,6–5,9 мкг/г); у ДЧр максимум его содержания – в коре (52,8 мкг/г) на СПП-28, биомасса сосны занимает промежуточное положение. Содержание марганца относительно высокое у всех пород, но максимальное отмечено у деревьев ели – до 1278 мкг/г в коре. Концентрация элемента в частях сосны

ниже по всем частям, чем у ели, у дуба черешчатого также ниже, за исключением листвы у деревьев на СПП-26 (1714 мкг/г).

Максимальное содержание железа отмечается в древесине сосны, листве и коре дуба по сравнению с другими проанализированными образцами. Никель содержится в больших количествах в коре и хвое ели – 2,9-5,2 мкг/г, хвое сосны – 3,4 мкг/г.

Содержание меди выше в частях деревьев дуба, цинка – минимальное у сосны, максимальное – у ели.

Максимум ванадия отмечается в коре и древесине дуба и хвое ели. Хром содержится в больших количествах в древесине сосны (2000 нг/г), коре дуба (600), листве дуба (350). Содержание кобальта максимальное в частях деревьев ели – до 2530 нг/г, мышьяка – в коре и листве дуба. Селен во всех анализируемых образцах отмечен в качестве следов с низким содержанием. Молибдена больше всего содержится в древесине сосны (380 нг/г), коре дуба (84,0), листве дуба – 55,5 нг/г.

Максимальное содержание кадмия отмечено во всех образцах, взятых у ели (содержание в коре достигает 1140 нг/г на СПП-27). Титана больше содержит кора сосны (130 нг/г), древесина дуба (18 нг/г).

Деревья дуба содержат относительно большое количество свинца (в листьях – до 3276 нг/г, в коре – до 5038) на СПП-28, у сосны большее количество свинца в хвое, у ели – в коре (до 2353 нг/г на СПП-29). Содержание сурьмы максимальное в древесине сосны на СПП-25 (104 нг/г), в коре дуба (до 116 нг/г – СПП-28) и хвое ели (119 нг/г – СПП-24).

Таким образом, приведённые данные можно рассматривать как фоновые для нечернозёмной зоны РФ. Работа актуальна и для проведения экологической экспертизы на сопредельных территориях [4].

Влияние техногенного объекта на среду не выявлено.

Список литературы

1. Анищенко Л. Н., Балясников И. А., Рудакова Т. А. Блок биомониторинга в экоаналитическом контроле химически опасных техногенных систем (на примере объекта по утилизации химического оружия 1204, Брянская область) // Теоретическая и прикладная экология. – 2013. – № 3. – С. 40-46. EDN ROZGUR.
2. Анищенко Л. Н., Сковородникова Н. А., Балясников И. А., Рудакова Т. А. Биологическая диагностика состояния почв и воздуха на химически опасных техногенных объектах (на примере объекта по утилизации химического оружия, Брянская область)// Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 3. – URL:http://www.science-education.ru/123-17537. EDN UJXQNV.
3. Клевцова М. А., Седых В. А. Геоэкологическая оценка загрязнения окружающей среды по биогеохимическим параметрам древесных растений (на примере г. Липецка) // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. – 2023 – Т. 46. – С. 93-113. EDN PXGEYB.
4. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.

УДК 631.67:633.18

ОЦЕНКА И ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ РИСА В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ ТУРКМЕНИСТАНА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ CROPWAT 8.0 И ДАННЫХ NASA POWER

Аныев Д.Б., ORCID 0009-0008-8899-3129
Туркменский сельскохозяйственный институт, г. Дашогуз, Туркменистан
dbaygeldi7@gmail.com

Аграрный сектор Туркменистана функционирует в условиях резко континентального аридного климата, характеризующегося высокой температурой воздуха в летний период, значительным испарением и ограниченным количеством атмосферных осадков. В этих условиях устойчивое развитие растениеводства непосредственно связано с эффективным использованием водных ресурсов и совершенствованием технологий орошения [1, 2]. Одним из перспективных направлений решения данной проблемы является применение компьютерного моделирования для определения потребности сельскохозяйственных культур в воде. Модель CROPWAT 8.0, разработанная при участии Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединённых Наций (ФАО), позволяет рассчитывать эвапотранспирацию сельскохозяйственных культур, потребность в орошении и графики полива на основе климатических, почвенных и агротехнических данных [3, 4].

Цель исследования – разработать методический подход к оценке и оптимизации режима орошения риса в аридных условиях Туркменистана на основе модели CROPWAT 8.0 и метеорологических данных NASA POWER.

Исследование предусматривает использование данных NASA POWER о температуре воздуха, относительной влажности, скорости ветра, солнечной радиации и атмосферных осадках. Выбор расчётного периода должен охватывать полный вегетационный цикл риса и, по возможности, несколько лет наблюдений, что позволит учитывать межгодовую изменчивость климатических условий. В качестве территории исследования предлагается использовать Дашогузский велаят Туркменистана, где оценка климатических факторов представляет практический интерес для совершенствования сельскохозяйственного водопользования.

На первом этапе формируется массив метеорологических данных, необходимых для расчёта испарительного спроса атмосферы и оценки поступления влаги. Для обеспечения сопоставимости результатов проводится проверка полноты исходных данных и соответствия единиц измерения требованиям модели.

На втором этапе выполняется расчёт эвапотранспирации эталонной поверхности (ET_0) методом ФАО Пенмана - Монтейта. Затем определяется

эвапотранспирация риса (ETc), характеризующая расчётную потребность культуры в воде. Для этого используется зависимость:

$$ETc = Kc \cdot ET_0 ,$$

где ETc – эвапотранспирация риса, мм;

ET_0 – эвапотранспирация эталонной поверхности, мм;

Kc – коэффициент культуры, изменяющийся в зависимости от фазы развития растений.

На третьем этапе в CROPWAT 8.0 вводятся климатические характеристики, параметры риса, продолжительность фаз развития, сведения о почве и условиях орошения. Модель используется для расчёта потребности культуры в воде и формирования возможных графиков полива [5, 6].

При оценке водопотребления необходимо учитывать не только эвапотранспирацию, но и эффективные осадки, изменение запасов почвенной влаги, а также специфические потребности риса, связанные с подготовкой поля и поддержанием необходимого водного режима. Поэтому расчётная потребность в орошении не должна автоматически отождествляться с общей потребностью риса в воде.

На заключительном этапе предполагается сопоставление вариантов орошения с различной периодичностью и нормами подачи воды. Критериями сравнения выступают обеспечение потребности растений во влаге, предполагаемый объём оросительной воды и возможность сокращения непродуктивных потерь. Результаты моделирования должны интерпретироваться с учётом местных почвенных условий, технического состояния оросительной сети и фактической технологии возделывания риса.

Применение модели CROPWAT 8.0 совместно с данными NASA POWER позволяет сформировать методическую основу для оценки водопотребления риса в аридных условиях Туркменистана. Такой подход обеспечивает возможность анализа климатических факторов, определяющих интенсивность испарения, и выявления периодов, в которые сельскохозяйственная культура наиболее нуждается в дополнительном водоснабжении. Для рисоводства особое значение имеет учёт водного режима затопляемых полей. Помимо испарения и транспирации растений, необходимо принимать во внимание фильтрацию воды через почву и потребность в воде для подготовки поля. Поэтому для получения достоверных результатов стандартные параметры культуры и почвы, предлагаемые моделью, следует корректировать при наличии местных экспериментальных данных.

Метеорологические данные NASA POWER могут использоваться для предварительной оценки климатических характеристик территории и формирования исходного массива для моделирования. Однако расчётные результаты необходимо по возможности сопоставлять с данными местных

метеостанций, наблюдениями за влажностью почвы и фактическими объёмами оросительной воды. Это особенно важно при разработке практических рекомендаций для конкретных хозяйств.

Ожидаемым результатом исследования является формирование научно обоснованных вариантов организации орошения риса, учитывающих динамику водопотребления в течение вегетационного периода. Практическое применение такого подхода может способствовать повышению обоснованности планирования поливов, рациональному распределению водных ресурсов и снижению риска неэффективного использования воды. Вместе с тем количественная оценка водосберегающего эффекта требует проведения расчётов на основе фактических климатических, почвенных и агротехнических данных. Без выполнения моделирования и проверки результатов нельзя достоверно утверждать, на сколько процентов уменьшится расход воды или насколько увеличится урожайность риса. Использование модели CROPWAT 8.0 и метеорологических данных NASA POWER представляет перспективное направление совершенствования режима орошения риса в аридных условиях Туркменистана. Таким образом, интеграция дистанционно получаемых метеорологических данных и компьютерного моделирования может стать одним из инструментов рационального управления оросительными ресурсами и повышения устойчивости рисоводства в условиях дефицита воды.

Список литературы

1. Smith, M. CROPWAT: A Computer Program for Irrigation Planning and Management / M. Smith. - Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1992. - 126 p. - (FAO Irrigation and Drainage Paper; No. 46). - ISBN 92-5-103106-1. - URL: https://books.google.com/books?id=p9tB2ht47NAC (дата обращения: 08.10.2026).
2. Allen, R. G. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements / R. G. Allen, L. S. Pereira, D. Raes, M. Smith. – Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998. - 300 p.
3. NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER): официальный информационный ресурс / National Aeronautics and Space Administration. URL: https://power.larc.nasa.gov/ (дата обращения: 08.10.2026).
4. CROPWAT: Software for Irrigation Planning and Management / Food and Agriculture Organization of the United Nations. - URL: https://www.fao.org/land-water/resources/tools/software/cropwat/en (дата обращения: 08.10.2026).
5. Irrigation Water Requirement / Food and Agriculture Organization of the United Nations // AQUASTAT — FAO's Global Information System on Water and Agriculture. - URL: https://www.fao.org/aquastat/en/data-analysis/irrig-water-use/irrig-water-requirement/ (дата обращения: 08.10.2026).
6. Assessing the crop water requirements for direct sown Kharif rice in Mirzapur district's Vindhyan zone, Uttar Pradesh using CROPWAT 8.0 model / R. Sahu, A. K. Misra, D. K. Singh, A. Sarangi // Journal of Soil and Water Conservation. – 2024. – Vol. 23, No. 1. – P. 69-78. - DOI 10.5958/2455-7145.2024.00008.x. – EDN IZYQZM

УДК 581.5

ИНТЕГРАЦИЯ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ И ФИТОИНДИКАЦИИ ПОЛЕМОСТРЕССА В ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ: ПОТЕНЦИАЛ ЦВЕТКОВЫХ И МОХООБРАЗНЫХ РАСТЕНИЙ ПОСТКОНФЛИКТНЫХ ЛАНДШАФТОВ ДОНБАССА

Базунова А.А.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
stanna05@mail.ru

Современная концепция экосистемных услуг рассматривает природные системы не только как совокупность биотических и абиотических компонентов, но и как функционально организованные образования, обеспечивающие разнообразные формы вклада природного капитала в благополучие человека. Особое значение данный подход приобретает применительно к территориям, характеризующимся высокой степенью антропогенной трансформации и необходимостью комплексной экологической реабилитации. Донбасс представляет собой территорию длительного взаимодействия природных, промышленных, урбанизационных и аграрных процессов [1–3]. Многолетняя эксплуатация угольных месторождений, деятельность металлургических и химических предприятий, формирование породных отвалов и развитие транспортно-коммуникационной инфраструктуры обусловили возникновение многочисленных геохимически контрастных экотопов [4, 5]. С 2014 г. существенное дополнительное воздействие на региональные экосистемы оказывают факторы военного происхождения [6, 7].

Цель исследования – научно обосновать и разработать концептуально-методическую модель интеграции экосистемных услуг в экологическое образование на основе фитоиндикационного потенциала 10 видов цветковых и 10 видов мохообразных растений флоры Донбасса с учётом специфики полемостресса, особенностей постконфликтной трансформации экосистем и перспектив их экологической реабилитации.

Отбор модельных видов осуществлялся по следующим критериям: документированное присутствие вида в региональной флоре; информативность морфологических либо экологических реакций; доступность неразрушающего наблюдения и возможность видовой идентификации; потенциальное участие в процессах стабилизации субстратов, сохранения влаги, формирования растительного покрова либо поддержания биоразнообразия; возможность использования в лабораторных, цифровых и полевых образовательных практиках; соответствие природоохранным и санитарно-экологическим ограничениям.

Цветковые растения: *Cichorium intybus* L., *Taraxacum officinale* F. H.

Wigg., *Plantago major* L., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Verbascum lychnitis* L., *Erigeron canadensis* L., *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin, *Stipa capillata* L., *Koeleria cristata* (L.) Pers., *Achillea leptophylla* M. Bieb.

Мохообразные: *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum capillare* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp., *Brachythecium campestre* (Müll. Hal.) Schimp., *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Marchantia polymorpha* L.

Для интерпретации экосистемных услуг использована функциональная логика классификации CICES. Образовательный компонент рассматривался преимущественно как культурная экосистемная услуга, реализуемая посредством научных исследований и обучения.

В отношении морфологических признаков растений использован подход, предполагающий регистрацию отклонений от типичного строения органов. Информативными показателями являются фасциации, пролиферации, атипичная архитектоника побегов, изменения симметрии, деформации генеративных структур, хлорозы и некрозы. Однако такие изменения имеют неспецифическую природу и могут возникать под влиянием различных стрессоров.

Для мохообразных учитывались особенности жизненных форм, тип субстрата, характер дерновин и ковровых структур, состояние листового аппарата, особенности спороношения, изменения окраски и признаки повреждения тканей. Предложена схема последующей эмпирической верификации, предусматривающая сопоставление экологически безопасных модельных участков четырёх категорий: условно фоновых, промышленно трансформированных, нарушенных вследствие военных воздействий и участков комплексного антропогенного влияния. На каждом участке целесообразно регистрировать видовой состав, проективное покрытие, морфометрические и морфопатологические признаки растений, показатели влажности, кислотности, гранулометрического состава почв и элементного загрязнения. Для аналитической проверки могут применяться атомно-абсорбционная спектрометрия и масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, как это предусмотрено в соответствующих региональных исследованиях. Предлагаемые виды, способы их использования и образовательные результаты рассматриваются как аналитически обоснованные возможности, требующие последующей локальной апробации.

Первая группа – растения-индикаторы антропогенного нарушения. К ней относятся *Taraxacum officinale*, *Plantago major*, *Verbascum lychnitis* и *Erigeron canadensis*. Их образовательная значимость определяется возможностью исследования реакции организмов на градиенты антропогенной нагрузки непосредственно по морфологическим признакам.

Вторая группа – растения-пионеры восстановительных сукцессий.

Представлена *Cichorium intybus* и *Diplotaxis muralis*. Эти виды могут участвовать в первичном освоении трансформированных почвенных субстратов, формировании растительного покрытия и создании условий для последующего заселения другими растениями. Однако их участие в восстановлении экотопа должно оцениваться с учётом состава почвы, характера загрязнения, продуктивности и устойчивости ценопопуляций.

Третья группа – виды, характеризующие сохранность и восстановительный потенциал степных фитоценозов. К ней относятся *Festuca valesiaca*, *Stipa capillata*, *Koeleria cristata* и *Achillea leptophylla*. Эти растения позволяют исследовать принципиально иной аспект экосистемных услуг – поддержание функций естественных степных сообществ. Особое значение имеют сохранение почвенного покрова, ограничение эрозионных процессов, поддержание местообитаний и формирование разнообразной пространственной структуры растительности.

Образовательное использование степных видов целесообразно осуществлять преимущественно методом неразрушающего наблюдения. Для видов, находящихся под охраной на соответствующей территории, исключаются самовольный сбор, выкапывание и пересадка.

Таким образом, использование разнофункциональных групп растений позволяет одновременно изучать процессы деградации экосистем, механизмы устойчивости и естественного восстановления, а также формирование регулирующих и культурных экосистемных услуг.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
2. Адаптационные детерминанты психофизического здоровья человека: Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Донецк. – Донецк: ДонГУ, 2026. – 399 с. – EDN GKEMXQ.
3. Сафонов, А. И. Экологический подход к фиторемедиации в новых условиях антропогенной трансформации ландшафтов Донбасса / А. И. Сафонов, Ф. В. Голубев // Овощи России. – 2026. – № 1. – С. 110-118. – DOI 10.18619/2072-9146-2026-1-110-118. – EDN EWFXOU.
4. Алемасова, А. С. Накопление тяжелых металлов мохообразными в различных экотопах Донбасса // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов. – Киров: ВятГУ, 2019. – С. 60-65. – EDN EMTHZO.
5. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
6. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: ЭДИТ, 2024. – 289 с. – ISBN 978-5-605-24266-6. – EDN QVJSQE.
7. Neutron Activation Analysis of Rare Earth Elements (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) in the Diagnosis of Ecosystems of Donbass / I. Zinicovscaia [et al.] // Physics of Particles and Nuclei Letters. – 2024. – Vol. 21, No. 2. – P. 186-200. – DOI 10.1134/S1547477124020158. – EDN XTYWUI.

УДК 633.1:631.4

ФРАКЦИОННЫЙ СОСТАВ БЕЛКА НУТА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Бакаева Н.П., д-р биол. наук, проф., ORCID 0000-0003-4784-2072
ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет»,
пгт. Усть-Кинельский, г. Кинель, Самарская обл., РФ
bakaevanp@mail.ru

Растительное сырье составляет основу мирового производства продуктов питания, обеспечивая около 80 % общего объема [1, 2]. Среди культур, богатых растительным белком, нут является одной из наиболее востребованных и перспективных для возделывания и переработки. Белки в семенах нута – это ключевой компонент, определяющий его высокую пищевую ценность [3]. Они хорошо сбалансированы по аминокислотному составу и усваиваются организмом лучше, чем белки многих других бобовых.

Общее количество белка в семенах нута колеблется от 20 до 32 %, что определяется генетическими особенностями сорта, а также агроклиматическими условиями в фазе налива зерна. Установлено, что повышенные температурные показатели в период вегетации стимулируют интенсивный синтез белковых соединений [4].

Нут, поставляемый для продовольственных целей, должен соответствовать ГОСТ 8758-76, а по медико-биологическим требованиям и санитарным нормам качества продовольственного сырья и пищевых продуктов – СанПиН 1.3.2.1078-01.

Возделывался сорт ПРИВО 1 в условиях Среднего Поволжья, рекомендованный для 7 региона. Сумма осадков за год составила 393,6 мм, при среднемноголетнем – 410. Средняя температура за год 6,4 °С, при среднемноголетнем значении 3,8, погодные условия в год изучения были относительно сухими и жаркими [5].

Нут, как зернобобовая культура, эффективно повышает плодородие почвы. Благодаря способности усваивать азот из атмосферы и переводить труднодоступный фосфор в усвояемую форму, они значительно улучшают структуру и химический состав почвы [6]. Нут считается отличным предшественником: он рано освобождает поля, оставляя после себя богатую азотом органику и способствуя накоплению влаги [7].

Урожайность озимых культур после нута сопоставима с показателями после чистого пара.

При этом сам нут неприхотлив к выбору предшественника, единственное важное требование – отсутствие на участке многолетних сорняков.

Урожайность в исследуемом году составила в среднем 28,7 ц/га. Содержание белка в семенах было в среднем 27,5 %, углеводов 50,3 %, крахмала 31,2 %, воды 11,9 %. Разделение белка на фракции проводили различными растворителями и получали фракции водо-, соли- и спирторастворимые.

Соотношение этих фракций может различаться у разных сортов. Получили в массовом отношении в основном две фракции: альбумины – их доля 12,5 %, эти белки хорошо растворяются в воде. Глобулины – составляют 78,2 % от общего количества белка, они растворимы в солевых растворах.

Фракции глютелинов и проламинов были незначительны и составили 5,7 и 3,5 % соответственно.

Изучение фракционного состава белка нута в условиях Среднего Поволжья носит выраженную экологическую направленность, так как адаптивный потенциал культуры и качество формирующегося урожая напрямую зависят от почвенно-климатических факторов региона – засушливости, температурного режима и типа почв, таких как черноземы обыкновенные.

Список литературы

1. Пащенко Л. П. Разработка технологии хлеба, обогащенного семенами нута // Успехи современного естествознания. 2009. № 1. С. 24-38.
2. Babadzhanova M. A., Bakaeva N. P., Babadzhanova M. P. Functional properties of the multienzyme complex of Calvin cycle key enzymes // Russian Journal of Plant Physiology. – 2000. – Vol. 47, No. 1. – P. 23-31. – EDN XJLYVL.
3. Бакаева Н. П., Коржавина Н. Ю. Методы выделение белка и его фракций из зерна озимой пшеницы сорта Поволжская-86 // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. – 2015. – № 3(40). – С. 7-11. – EDN UHSJRD.
4. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. Белок и его фракционный состав в зерне яровой пшеницы в зависимости от систем обработки почвы и засоренности посевов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 3. – С. 3-7. – DOI 10.12737/17441. – EDN ZDUKZV.
5. Бакаева Н. П., Салтыкова О. Л. Проявление белкового комплекса зерна пшениц различных агротехнологий Среднего Поволжья. – Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – 157 с. – ISBN 978-5-88575-526-9. – EDN YKZUTJ.
6. Бакаева Н. П. Белково-протеазный комплекс зерна в агротехнологии озимой пшеницы при применении минеральных и органических удобрений // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 4(44). – С. 71-76. – DOI 10.18286/1816-4501-2018-4-71-76. – EDN VRGKTS.
7. Бакаева Н. П., Коржавина Н. Ю. Влияние ранневесенней подкормки озимой пшеницы различными видами азотных удобрений на использование азота минеральных удобрений, урожайность и углеводно-амилазный комплекс зерна // Агрохимия. – 2019. – № 9. – С. 47-52. – DOI 10.1134/S0002188119090035.

УДК 504.73

ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА-ЛИСТЬЯ *POPULUS NIGRA L.*» (НА ПРИМЕРЕ Г. ТОЛЬЯТТИ)

Богданова М.А., ORCID 0009-0001-7976-3662,
Соков С.А., канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0002-0639-0455
ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», г. Тольятти, РФ
Riabova0705@yandex.ru, S.A.Sokov.tltsu@gmail.com

Цель исследования – оценить накопления тяжелых металлов в системе «почва – листья *Populus nigra* L.» на территории крупного промышленного города и выявить приоритетные загрязнители городского округа Тольятти. Исследование проводили в августе 2026 года на территории городского округа Тольятти. Отбор проб почв и листьев *P. nigra* осуществляли на 15 мониторинговых точках в различных функциональных зонах: жилая, рекреационная, автотранспортная и промышленная [1, 2]. Значение pH почвы измеряли в водной суспензии pH-метром «Эксперт-001». Уровень кислотности почв на исследуемых участках варьировался в диапазоне от 7,72 до 8,84, среднее значение pH составило 8,01. Содержание тяжелых металлов в образцах почвы и листьев *Populus nigra L*. определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе Shimadzu AA-7000. На основе полученных данных в ходе исследований рассчитаны интегральные индексы: БХА (биогеохимическая активность вида), Z_c (суммарный показатель загрязнения почв). Результаты расчетов представлены в таблице. Выявлена отрицательная корреляция (r_{xy}= -0,55, $p < 0.05$) между интегральными индексами БХА и Z_c. Загрязнение тяжелыми металлами нарушает взаимодействие между различными трофическими уровнями в почвенной микробной пищевой сети, поскольку тяжелые металлы увеличивают разнообразие бактерий и грибов и уменьшают разнообразие и численность простейших-потребителей [5].

В мониторинговых точках «Автоваз, КПП №61» и «Обводное шоссе» значения суммарного показателя загрязнения соответствуют категории умеренно опасная (Z_c=16-32), в остальных мониторинговых точках значения соответствуют категории допустимая ($Z_c < 16$). Содержание тяжелых металлов в почвенных пробах можно расположить в ряду убывания: цинк > никель > медь > свинец > марганец. Содержание тяжелых металлов в листьях *Populus nigra* L. можно расположить в ряд убывания: медь > свинец > цинк > никель > марганец. В ходе исследований выявлены приоритетные загрязнители, к ним относятся цинк, никель, медь, свинец. Значения суммарного показателя загрязнения почв соответствующие категории умеренно опасная зафиксированы в промышленной и автотранспортной зонах, что обусловлено высокой техногенной нагрузкой.

Таблица

Результаты расчетов интегральных индексов в образцах почв и листьев Populus nigra L исследуемых территорий

Место наблюдения	K_c*					Z_c	БХА
	Zn	Ni	Pb	Mn	Cu		
Жилая зона							
«Ленинский пр-т»	0,98	1,20	0,70	1,03	0,47	0,39	11,23
«Ул. Голосова»	1,30	0,82	1,64	0,72	1,22	1,71	4,92
«Ул. Советская»	1,76	1,45	9,25	1,24	0,62	10,32	8,65
«Ул. Лизы Чайкиной»	0,91	0,71	0,82	0,62	0,38	-***	10
«Ул. Гидротехническая»	0,49	0,13	1,18	0,25	0,00	-***	6,03
«Ул. Тополиная»	0,95	0,78	0,94	0,77	0,64	0,08	7,76
«Ул. Фрунзе»	1,11	1,23	0,69	1,02	0,81	0,85	5,43
Промышленная зона							
«Автоваз, КПП №6»	1,07	1,31	0,64	1,13	1,03	1,18	4,05
«Автоваз, КПП №61»	3,79	1,85	10,28	3,62	5,72	21,27	0,99
«Ул. Новозаводская»	1,16	1,47	2,40	1,40	2,45	4,88	5,34
«Ул. Энергетиков»	0,63	0,24	3,45	0,30	0,12	0,75	16,54
Рекреационная зона							
«Парк Победы»	1,18	1,23	1,32	1,31	1,29	2,32	3,47
«Центральный парк культуры и отдыха»	1,00	1,18	1,00	1,16	1,47	1,81	7,4
«Парк культуры и отдыха»	0,82	0,60	0,69	0,52	0,24	-***	12,04
Автотранспортная зона							
«Обводное шоссе»	2,14	1,37	9,61	1,45	5,36	16,14	2,11

Примечание: *коэффициент концентрации химического элемента

**коэффициент концентрации химического вещества не рассчитан, так как содержание определяемого загрязнителя выявлены в значениях ниже предела количественного определения

***расчетное значение суммарного индекса загрязнения почв ниже нуля

Установлено, что биологическая активность тополя снижается по мере увеличения суммарного показателя загрязнения почв, что позволяет рассматривать *Populus nigra* L. как индикатор техногенной нагрузки на городские экосистемы в широкой общероссийской перспективе [3].

Список литературы

1. Богданова, М. А. Оценка содержания тяжелых металлов в почвах города Тольятти / М. А. Богданова, С. А. Соков // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2025. – № 4. – С. 71-79. – DOI 10.5281/zenodo.17199920. – EDN CCWUVW.
2. Гудзенко, Е. О. Оценка дендрологической составляющей сквера «Семицветик» селитебной зоны Ростова-на-Дону / Е. О. Гудзенко, С. Н. Горбов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 2. – С. 6-13. – DOI 10.5281/zenodo.13949242. – EDN BJZJVG.
3. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.

УДК 581.15 (477)

ПОЛЕМОГЕННО-ИНДУЦИРОВАННЫЙ ТЕРАТОМОРФОГЕНЕЗ *ASTERACEAE* BERCHT. & J.PRESL В БЕЛЛИГЕРАТИВНЫХ ЛАНДШАФТАХ ДОНБАССА

Братухинаа Е.А.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
bratukhina91.91@mail.ru

В условиях научного развития Донбасса [1] важную роль играют исследования экологической значимости [2], имеющие как фундаментальный, так и прикладной смысл в познании живой природы [3]. Особый интерес представляет анализ растений не только на уровне видового состава или проективного покрытия, но и на уровне онтогенетически реализуемой морфогенетической стабильности [4, 5]. Именно нарушение программ органогенеза, гистогенеза, антогенеза и карпогенеза способно выступать интегральным ответом растительного организма на длительное сочетанное воздействие стрессоров [6, 7].

Перспективным модельным объектом в данном отношении является семейство Asteraceae Bercht. & J. Presl. Его представители широко представлены в синантропной, рудеральной, сегетальной и техногенной фракциях растительного покрова Донбасса, обладают значительной экологической амплитудой и активно колонизируют нарушенные субстраты. Особая ценность семейства для тератологического анализа обусловлена также сложностью организации его генеративной сферы. Корзинка – capitulum – представляет собой высокоинтегрированную систему, в которой пространственная деятельность расширенной меристемы соцветия определяет геометрию цветоложа, филлотаксис многочисленных цветков, дифференциацию краевых и срединных флорет, морфогенез обёртки и последующее формирование плодов. Поэтому нарушения меристематического программирования способны получать множественное морфологическое выражение.

Задачи текущей работы: выявить закономерности полемогенно-индуцированной морфогенетической дестабилизации представителей семейства Asteraceae Bercht. & J.Presl в экотопах Донбасса, установить спектр, частоту и органоспецифичность тератоморфозов и оценить возможность их использования в качестве интегральных биоиндикационных маркеров экологического состояния беллигеративных ландшафтов. В методической подходе нам нужно было установить фоновый диапазон морфологической изменчивости и спектр атипичных морфотипов у массовых видов *Asteraceae* в условно контрольных и трансформированных экотопах; провести дифференцированный учёт терат

генеративной и вегетативной сфер – фасциаций, пролификаций, дистопий, нарушений филлотаксиса, полимеризации и олигомеризации элементов цветка, деформаций цветоложа и обёртки, филлодии, виресценции, пелоризации, нарушений паппуса, андроцея и гинецея; сопоставить частоту тератоморфов с интенсивностью полемострессa, физико-химическими параметрами почв и локализацией беллигеративных нарушений; разграничить полемогенные тераты и фенокопии, возникающие вследствие фитопатогенных, климатических, гербицидных и иных факторов; разработать систему морфологических макромаркеров для полевой экспресс-диагностики и последующего ГИС-картографирования экологически дестабилизированных участков.

Принципиально важно рассматривать полемострессс не как единичный тератоген, а как комплекс взаимодействующих морфогенетически активных факторов. На физиолого-биохимическом уровне металлотоксический стресс способен нарушать минеральный гомеостаз, индуцировать избыточное образование активных форм кислорода, изменять состояние мембран, ферментных систем, нуклеиновых кислот и меристематических тканей. Следствием становится нарушение клеточной пролиферации и дифференцировки, которое потенциально реализуется на макроморфологическом уровне через аномалии органогенеза. для Донбасса корректнее говорить не об одном «военном тератогене», а о синергическом полемогенно-техногенном континууме, в котором исторически накопленный промышленный стресс взаимодействует с более молодым беллигеративным воздействием. Региональные исследования уже рассматривают полемострессс в качестве самостоятельного фактора трансформации экотопов и используют показатели атипичного морфогенеза растений при его картографировании.

Наиболее информативной системой у астровых является генеративная сфера. На уровне побега могут регистрироваться фасциация, гипергенезия, дистопия осей, нарушение апикального доминирования, аномальное ветвление и гетерохрония органогенеза. На уровне синфлоресценции и отдельных корзинок диагностическое значение приобретают би- и полифасциация цветоносов, конгенитальное или постгенитальное срастание осевых структур, атипичная пролификация корзинки, нарушение геометрии и симметрии цветоложа, деформация рядов филариев обёртки, изменение числа и топографии корзинок, расстройство спирального филлотаксиса.

Наконец, на уровне цветка потенциально регистрируются меристические нарушения, включая олигомеризацию и полимеризацию органов, частичную элиминацию элементов андроцея или гинецея, пелоризацию зигоморфных цветков, нарушения сростнолепестности, атипию сингенезийного андроцея, изменения морфогенеза столбика и его ветвей, филлодию, виресценцию и переходные цветочно-листовые структуры. В репродуктивном цикле необходимо учитывать также

морфометрию семянок, нарушения паппуса, аномалии микроспорогенеза, стерильность и тератоморфизм пыльцевых зёрен.

В систему полевого мониторинга нами был включен политаксонный комплекс Asteraceae, представленный различными жизненными формами и экологическими стратегиями: *Achillea nobilis* L., *Achillea millefolium* L., *Artemisia absinthium* L., *Cichorium intybus* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Carduus acanthoides* L., *Erigeron canadensis* L., *Lactuca serriola* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip., *Tussilago farfara* L., *Onopordum acanthium* L., *Ambrosia artemisiifolia* L. и традиционно используемый в региональном мониторинге *Taraxacum officinale* F.H.Wigg. Такая система позволяет противопоставить многолетние корневищные, стержнекорневые, двулетние и однолетние стратегии, аборигенную и адвентивную фракции, а также виды с различной степенью рудеральности.

Семейство Asteraceae Bercht. & J.Presl занимает особое положение во флоре техногенно трансформированного Донбасса. Высокое видовое разнообразие, широкая представленность в синантропных и рудеральных сообществах, значительная экологическая валентность, способность быстро осваивать нарушенные субстраты и сложная архитектоника генеративной сферы делают представителей семейства удобной сентинельной таксономической группой для диагностики экологического состояния территории.

Список литературы

1. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
2. Nespirnyi, V. The importance of principal component analysis for environmental biodiagnostics of Donbass // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 555. – P. 01007. – DOI 10.1051/e3sconf/202455501007. – EDN EQEGDI.
3. Сафонов, А. И. Аномалии эмбриональных структур растений-индикаторов Донбасса / // Разнообразие растительного мира. – 2022. – № 3(14). – С. 5-18. – DOI 10.22281/2686-9713-2022-3-5-18. – EDN GQUFYH.
4. Сафонов, А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 3-4. – С. 23-29. – EDN YUDMKW.
5. Safonov, A. Ecological phytomonitoring in Donbass using geoinformational analysis / A. Safonov, A. Glukhov // BIO Web of Conferences. – 2021. – Vol. 31. – P. 00020. – DOI 10.1051/bioconf/20213100020. – EDN XYLEQZ.
6. Сафонов, А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса // Зеленый журнал - Бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. – 2017. – № 3. – С. 5-12. – EDN UYHXGO.
7. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.

УДК 581.15 (477)

МОХООБРАЗНЫЕ ДОНБАССА КАК ОБЪЕКТЫ БИОИНДИКАЦИИ И РЕСУРС ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Васильева Н.Н.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
onatalia2011@mail.ru

Мохообразные представляют собой информативный компонент растительного покрова урбанизированных [1–3] и техногенно трансформированных территорий [4, 5]. Особенности организации их гаметофита, значительная площадь контакта фотосинтезирующих тканей с внешней средой, способность к длительному существованию на маломощных, каменистых и искусственных субстратах, разнообразие жизненных форм и выраженная субстратная приуроченность определяют перспективность данной группы для биомониторинга [2, 6, 7].

Цель работы – обобщить современные сведения о мохообразных Донбасса как индикаторах состояния природных и антропогенно преобразованных экотопов и обосновать возможность использования региональной бриофлоры в проектно-исследовательской деятельности обучающихся системы среднего профессионального образования.

Анализ региональных исследований показывает, что наиболее информативными для учебного мониторинга являются широко распространённые и экологически пластичные виды *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Bryum argenteum* Hedw., *Tortula muralis* Hedw., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Brachythecium mildeanum* (Schimp.) Schimp. ex Milde, *Hypnum cupressiforme* Hedw., а также эпифитные представители Orthotrichaceae. Для менее трансформированных экотопов диагностическое значение могут иметь *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp. Региональные материалы 2020–2026 гг. свидетельствуют о связи видового состава, жизненных форм, субстратной приуроченности и количественной представленности мохообразных со степенью антропогенной нагрузки.

Предложена модель учебного проекта «Бриоиндикационная карта локальной территории», включающая маршрутно-рекогносцировочное обследование, таксономическую идентификацию, оценку проективного покрытия, анализ бриоморф, субстратов и экологических групп, фотофиксацию, геопривязку и картографирование. Показано, что мохообразные могут одновременно выступать объектом ботанического исследования, модельной группой экологического мониторинга и средством формирования исследовательских компетенций студентов СПО.

Региональные данные свидетельствуют о высокой представленности экологически пластичных акрокарпных мхов, способных формировать плотные дерновины или подушки. Подобная архитектура гаметофита уменьшает площадь непосредственного воздействия сухого воздуха на внутреннюю часть колонии и способствует сохранению влаги в капиллярных пространствах между побегами.

Одним из характерных видов является *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. – короткодерновинный космополит, широко заселяющий нарушенные минеральные субстраты. В условиях Донецко-Макеевской агломерации его короткодерновинная бриоморфа была отнесена к формам, устойчивым к вытаптыванию и рекреационной нагрузке.

Сходное значение для обследования городской среды имеет *Bryum argenteum* Hedw. Вид отличается высокой экологической пластичностью и способен колонизировать урбанизированные поверхности. В региональном исследовании отмечалась способность этого вида изменять жизненную форму в зависимости от среды, что делает его перспективным объектом морфометрических и фенотипических наблюдений.

Характерным эпилитным компонентом является *Tortula muralis* Hedw., формирующая дерновины на каменистых и искусственных минеральных субстратах. В учебных исследованиях она удобна как объект сравнения старой кирпичной кладки, бетона, известковых строительных материалов и естественных каменистых обнажений.

Grimmia pulvinata (Hedw.) Sm. образует плотную подушковидную бриоморфу. В региональных материалах такие формы отмечены на бедных субстратах, включая бетонные сооружения и техногенные комплексы, что делает вид удобной моделью для изучения первичного заселения субстрата.

Специфика мохообразных делает их особенно удобным объектом для проектного обучения. Размер объектов требует овладения микроскопированием, а широкое распространение позволяет организовать сбор материала непосредственно возле образовательного учреждения без сложных экспедиционных работ. Один объект одновременно интегрирует ботанику, экологию, систематику, географию, почвоведение, химический анализ и цифровую картографию.

Оптимальной формой проекта определена: «Бриоиндикационная карта антропогенной трансформации территории».

На повышенном уровне проект может включать трансплантационный эксперимент – экспозицию стандартизированного мохового материала в различных локалитетах. Однако установление концентрации тяжёлых металлов или других загрязнителей требует инструментальных методов – атомно-абсорбционной спектрометрии, ICP-OES, ICP-MS либо другой валидированной аналитической технологии. Международный опыт показывает, что химический моховой биомониторинг требует стандартизированных процедур отбора и подготовки образцов.

Для экспресс-индикации трансформированных местообитаний наибольший методический интерес представляют широко распространённые виды *Ceratodon purpureus*, *Bryum argenteum*, *Tortula muralis*, *Grimmia pulvinata* и *Brachythecium mildeanum*. В исследовании более сохранных напочвенных моховых сообществ значимы *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens* и другие плеврокарпные виды. Эпифитная фракция Orthotrichaceae представляет отдельное направление исследований состояния древесных насаждений и микроклимата.

Мохообразные Донбасса целесообразно рассматривать одновременно как биологический индикатор состояния трансформированных экотопов и как многофункциональный учебно-исследовательский ресурс СПО. Наиболее научно корректная модель их применения основана не на единичном «виде-индикаторе», а на комплексном анализе таксономической структуры бриофлоры, бриоморф, субстратной приуроченности, проективного покрытия и пространственного распределения моховых синузий. Такой подход позволяет превратить доступные локальные объекты живой природы в основу воспроизводимого экологического проекта, завершающегося созданием чек-листа, бриотеки и биоиндикационной карты исследуемой территории. При этом заключения о присутствии конкретных химических загрязнителей должны подтверждаться инструментальным анализом, а не только видовым составом мхов.

Список литературы

1. Морозова, Е. И. Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки // Донецкие чтения 2017. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. – С. 100-101. – EDN YOUSVF.
2. Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса / А. И. Сафонов, А. С. Алемасова, И. И. Зиньковская [и др.] // Геохимия. – 2023. – Т. 68, № 10. – С. 1032-1044. – DOI 10.31857/S0016752523100114. – EDN NURQVW.
3. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
4. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: ЭДИТ, 2024. – 289 с.– EDN QVJSQE.
5. Нейтронно-активационный анализ редкоземельных элементов (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) в диагностике экосистем Донбасса / И. Зиньковская // Письма в журнал Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2024. – Т. 21, № 2(253). – С. 220-221. – EDN OCFYXZ.
6. Сафонов, А. И. Специфика подготовки учебно-методической продукции ботанико-экологического содержания для научной библиотеки ДонНУ // Донецкие чтения 2019. – Донецк: ДонНУ, 2019. – С. 294-297. – EDN AZCFDC.
7. Сафонов, А. И. Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации / А. И. Сафонов, Е. И. Морозова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 3-4. – С. 24-31. – EDN YTCDSM.

УДК 628.516:502.3:582.32:633.878.32(477.60)

АЭРОБИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ: ЭЛЕМЕНТНАЯ ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА УСИЛЕНИЯ ТОКСИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ В ДОНЕЦКЕ

Габараев Б.А., ORCID 0009-0007-3961-2177
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
bogdan.gabarayev@mail.ru

Для индустриально трансформированных урбоэкосистем [1–3] традиционный инструментальный контроль атмосферного воздуха [4, 5] целесообразно дополнять методами пассивной биоиндикации [6, 7], позволяющими интегрировать загрязнение за определенный временной интервал [1, 2]. Именно таким интегральным субстратом может выступать генеративный материал тополя. В разные годы и для разных целей тополиный пух в Донецке был изучен по накоплению токсичных элементов и токсикогенных веществ [1], а также как объект аэроэкологического мониторинга урбанизированной среды [5].

Целью работы является оценка диагностической информативности семенного комплекса *Populus nigra* как пассивного биоколлектора металлсодержащего атмосферного аэрозоля и определение направленности изменения аэротехногенной нагрузки в Донецке в 2026 г. по сравнению с референтными диапазонами мониторинговой сети Донбасса.

Научный интерес представляет именно аэродинамическая морфология диаспоры *Populus*. Бытовой термин «тополиный пух» морфологически неточен: объектом переноса является миниатюрное семя, ассоциированное с многочисленными длинными волосками – комой. В терминологии исследуемой публикации акцент сделан на выростах халазальной части семени, формирующих механо-подвижную конструкцию, обеспечивающую анемохорное перемещение диаспор воздушными потоками. Современные морфогенетические исследования несколько уточняют это описание: кома тополя формируется из эпидермальных клеток фуникулуса и плаценты; ее элементы представляют собой длинные одноклеточные неветвящиеся трихомы. В систематико-морфологических описаниях *Salicaceae* семена характеризуются как очень мелкие, с прямым зародышем, практически без эндосперма и с крупным пучком длинных волосков, окружающих семя.

Установлено, что диапазоны Zn, Cu, Mn и Ni практически не перекрывались между рядом ландшафтно-функциональных категорий, что повышает диагностическую ценность этих четырех элементов при экотопической классификации.

Полученная динамика свидетельствует о сдвиге элементного спектра семенного фитосубстрата *P. nigra* в сторону более высокой техногенной

нагрузки. При сохранении общего элементного паттерна повышение сразу нескольких компонентов на 23–27 % трудно интерпретировать как случайное изменение одного локального источника. Более обоснованной является гипотеза об усилении суммарной аэротехногенной нагрузки – росте поступления и(или) времени присутствия мелкодисперсной металлсодержащей пыли в приземном атмосферном слое в том числе в связи с хроническим полемострессом и военными событиями в Донбассе.

Рассматривали не абсолютное содержание одного элемента, а многокомпонентный профиль «Zn–Cu–Fe–Mn–Ni–Cd–Pb». Zn, Cu, Fe и Mn физиологически относятся к эссенциальным элементам растений, однако при повышенной экспозиции могут проявлять токсические эффекты; Ni является одновременно микроэлементом и потенциальным токсикантом, тогда как Cd и Pb имеют особенно высокое экотоксикологическое значение и не должны трактоваться только как показатели минерального питания. Поэтому единый термин «тяжелые металлы» удобен для мониторинга, но в строгом биогеохимическом смысле анализируемая группа неоднородна.

Особенно существенным является увеличение Cd и Pb. Для городской селитебной группы расчетная верхняя граница Cd достигает приблизительно 1,14 мг/кг, а Pb – 50,8 мг/кг. Эти числа нельзя непосредственно сопоставлять с ПДК атмосферного воздуха, поскольку единицы измерения относятся к сухой массе биоиндикаторного субстрата, а не к объему воздуха. Тополиный пух показывает аккумуляционный отклик среды, а не мгновенную концентрацию металла в м³ воздуха. Именно поэтому полученные значения рекомендуем использовать для сравнительного фитомониторинга, картирования импактных зон и анализа временного тренда, но не подменять ими санитарно-гигиенический инструментальный контроль.

Диагностическим признаком служит не факт присутствия металла в пухе, а экотопически и временно нормированная степень его аккумуляции.

На концептуальном уровне тополиный пух рассматривали как «аэробиогеохимический сенсор накопительного типа»: он не измеряет мгновенную концентрацию поллютанта в воздухе, а интегрирует воздействие аэрозольного потока за период нахождения диаспор в воздушной среде. Поэтому метод особенно перспективен для построения карт пространственного градиента загрязнения, выявления локальных импактных зон, мониторинга межгодовой динамики и независимой биологической верификации данных стационарных постов атмосферного контроля.

Важно еще одно свойство комы как аэробиологического коллектора. На волосовидных структурах семян в исследовании обнаруживалась пыльца *Berteroa incana*, *Diplotaxis muralis*, *Sinapis alba*, *Senecio vulgaris*, *Dactylis glomerata*, а также представителей *Bromus*, *Bromopsis*, *Elytrigia*, *Festuca* и *Poa*. Следовательно, матрица тополиного пуха может рассматриваться как

комплексный субстрат, одновременно концентрирующий минерально-пылевую и биологическую компоненты атмосферного аэрозоля.

Таким образом, семенная диаспора *Populus nigra* представляет собой не только репродуктивную и анемохорную структуру, но и естественный пассивный микроколлектор атмосферного аэрозоля. Волосовидная кома, морфогенетически связанная с фуникулусом и плацентой и представленная длинными одноклеточными трихомами, увеличивает аэродинамическую устойчивость диаспоры и продолжительность контакта ее поверхности с воздушной массой. Эта морфофункциональная особенность создает физическую основу для аккумуляции мелкодисперсных частиц и делает тополиный пух перспективным субстратом урбоэкологического мониторинга. Современная морфогенетическая работа подтверждает происхождение комы из эпидермальных клеток фуникулуса и плаценты.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030), регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Алемасова, А. С. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 6. – С. 5-13. – DOI 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13. – EDN XRXDNV.
2. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
3. Диагностика состояния и загрязнения урбанизированной территории Арктики с помощью фитоиндикации / М. Г. Опекунова, А. Ю. Опекунов, С. Ю. Кукушкин [и др.] // Пути решения экологических проблем как важнейшая основа устойчивого развития регионов. – Краснодар: КубГАУ, 2025. – С. 197-200. – EDN UVJNTJ.
4. Оценка дикорастущих травянистых растений по содержанию тяжелых металлов в зоне деятельности аэропорта Шереметьево / А. А. Березнев, В. М. Зубкова, Ф. Ф. Арсланбекова // Естественные и технические науки. – 2025. – № 2(201). – С. 67-73. – DOI 10.25633/ETN.2025.02.04. – EDN HFKHEY.
5. Сафонов, Р. А. Физико-географическая обусловленность для моделирования массопереноса аэрофитополлютантов // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 146-152. – EDN KOCJMA.
6. Анализ уязвимости древесных растений, произрастающих в условиях урбоэкосистем (на примере города Донецка) / В. О. Корниенко, А. О. Шкиренко, В. В. Реуцкая [и др.] // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 2. – С. 19-29. – DOI 10.55355/snv2025142103. – EDN MUFKAZ.
7. Silvicultural and Ecological Characteristics of *Populus bolleana* Lauche as a Key Introduced Species in the Urban Dendroflora of Industrial Cities / V. Kornienko, V. Reuckaya, A. Shkirenko [et al.] // Plants. – 2025. – Vol. 14, No. 13. – DOI 10.3390/plants14132052. – EDN DRDBQF.

УДК 581.15 : 581.5

ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННО НАРУШЕННЫХ ПОЧВ ПО СТРУКТУРНЫМ РЕАКЦИЯМ АПИКАЛЬНЫХ МЕРИСТЕМ

Галактионова Е.В. [1]**,**
Калинина А.В. [2]**,** ORCID 0009-0007-0789-5512,
Сафонов А.И. [2], канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-9701-8711
[1]Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева,
г. Петропавловск, Казахстан
[2]ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
galaktionova7272@mail.ru, kalinina.angela91@mail.ru

Для оценки состояния техногенно трансформированных эдафотопов Донбасса в качестве тест-систем использовали *Berteroa incana* (L.) DC., *Echium vulgare* L., *Taraxacum officinale* F.H.Wigg. и *Elytrigia repens* (L.) Desv. ex Nevski. Выбор данных видов обусловлен высокой диагностической информативностью их корневых апикальных меристем, позволяющей регистрировать локальные нарушения клеточной организации на ранних этапах прорастания. В предыдущем экспериментальном цикле [1, 2] именно у этих видов наиболее отчетливо визуализировались участки деградации, преднекротические изменения и нарушения дифференцировки отдельных меристематических комплексов [3]. При этом принципиального различия в общей направленности ответов однодольных и двудольных растений не установлено, хотя представители двудольных демонстрировали более выраженную чувствительность. Работа актуальна в контесте глубоких антропогенных трансформаций в промышленных регионах [4, 5], а также необходимости разработки методики для региональной апробации [6, 7].

Полученные результаты позволяют рассматривать реакцию корневой апикальной меристемы не только как морфологический признак повреждения, но и как последовательную причинно-следственную цепь: 1) поступление токсиканта из почвенно-водного раствора, 2) нарушение клеточного гомеостаза в зоне первичного контакта, 3) изменение митотической и дифференцировочной активности меристемы, 4) пространственно локализованная перестройка тканей, 5) нарушение роста корня, 6) изменение архитектоники корневой системы и, при длительном воздействии, всего растения. Именно такая последовательность делает структурные показатели корневого апекса перспективными ранними индикаторами экологического неблагополучия.

В условиях загрязнения Ni и Cu преимущественно изменялись периферические и субпериферические зоны апикальной меристемы. Для никеля характерной была уязвимость нижнего дерматогена и латеральных участков калиптрогена, тогда как вторичные нарушения выявлялись на периферии центрального цилиндра. При воздействии меди очаг

структурных нарушений смещался к центральной части дерматогена, одновременно затрагивая границу плеромы и периблемы. При этом осевая часть центрального цилиндра, колумелла и собственно корневой чехлик при Ni–Cu-воздействии сохраняли относительную структурную стабильность.

Такое распределение повреждений позволяет предположить, что на ранних этапах Ni–Cu-стресса наиболее значимым является нарушение функций активно делящихся и начинающих дифференцировку клеток периферической части апекса. Физиологически это может быть связано с нарушением ионного гомеостаза, проницаемости мембран, работы антиоксидантной системы и баланса клеточного деления и растяжения. В данном случае морфологическая мишень является следствием не просто присутствия металла, а различной чувствительности клеток, находящихся на разных стадиях дифференцировки. Сохранность колумеллы и осевых отделов центрального цилиндра объясняет, почему при данном типе воздействия ранние локальные повреждения корня не всегда сразу сопровождаются выраженной деформацией надземной части растения.

Принципиально иной характер реакции выявлен при воздействии Co и Cd. Эти элементы формировали более глубокий тип повреждения с вовлечением центральных меристематических комплексов. При кобальтовом воздействии отмечались задержка дифференцировки дерматогена и формирования ризодермы, а также выраженные некротические изменения клеток, участвующих в последующем формировании стелы. В исследованных препаратах доля некротизированных клеток в соответствующей зоне достигала 30–50 %, причем повреждения образовывали продольно ориентированный участок в пределах зоны первичных меристем. Причинно такая реакция может быть связана с более глубоким проникновением токсического воздействия в меристематический комплекс и нарушением жизнеспособности клеток-предшественников проводящих тканей. Поражение этих клеточных популяций имеет более серьезные последствия, чем поверхностная деструкция ризодермы, поскольку нарушает последующее формирование стелы и транспортную организацию растущего корня. Поэтому центральная локализация некрозов может рассматриваться как признак высокой функциональной опасности загрязнения, при которой структурный дефект апикальной меристемы потенциально переходит в нарушение архитектоники всей корневой системы. При кадмиевом воздействии внешние контуры дерматогена и корневого чехлика сохранялись, однако наиболее выраженные изменения наблюдались в калиптрогене и колумелле. Колумелла приобретала диффузное строение, а крахмальные зерна ее клеток дифференцировались слабее, чем в контрольном варианте. При совместном Co–Cd-воздействии эти нарушения усиливались и к концу второй недели сопровождались гибелью растений.

Функциональное значение подобных преобразований особенно важно для экологической диагностики. Колумелла участвует в восприятии вектора силы тяжести и пространственной ориентации роста корня, поэтому изменение ее клеточной организации и состояния крахмалсодержащего аппарата может приводить к нарушению гравитропической реакции. Следовательно, наблюдаемая в условиях загрязнения смена направления роста корня может иметь не случайный характер, а представлять собой интегральное следствие структурного повреждения сенсорной системы корневого апекса. Одновременно изменение направления роста может выполнять компенсаторную функцию, позволяя растущему корню частично обходить локальные участки субстрата с высокой фитотоксичностью. Возможность такого компенсаторного изменения оси роста предполагалась и по результатам исходного эксперимента.

Особый тип контактного повреждения установлен для Hg и Pb. При ртутном загрязнении наиболее выраженная деструкция наблюдалась в ризодерме и клетках корневого чехлика. Скорость лизиса элиминируемых клеток чехлика превышала контрольный уровень в 4–5 раз. При воздействии Pb очаги некротизации локализовались преимущественно в периферических клетках колумеллы; одновременно отмечалась резкая смена направления роста корня. Такой характер реакции можно интерпретировать как следствие различия между контактно-барьерным и внутренним меристематическим типами токсического воздействия. Для Hg первым структурным барьером становятся непосредственно контактирующие с субстратом клетки корневого чехлика. Их ускоренная деструкция снижает защитную функцию апекса и увеличивает вероятность вовлечения более глубоких тканей. Для Pb диагностически значимым оказывается повреждение периферии колумеллы.

Наиболее сложный тип реакции был характерен для Mn, Fe и Zn при концентрациях, соответствующих зонам металлургического импакта. В отличие от выраженно токсичных Cd, Hg или Pb, эти элементы вызывали сочетание двух противоположно направленных процессов – локальной элиминации или некротизации тканей и одновременной гиперплазии отдельных меристематических зон. В исходных препаратах эти эффекты визуализируются. При Mn-воздействии элиминация клеток нижней и периферической частей корневого чехлика сочеталась с гиперплазией периблемы и плеромы. При повышенном содержании Fe фрагментарно нарушались ризодерма, дерматоген и периблема, тогда как усиленная клеточная активность отмечалась в калиптрогене и нижних отделах дерматогена. Для Zn были характерны некрозы краевого дерматогена и формирующейся ризодермы при одновременной гиперплазии нижней части калиптрогена и колумеллы.

С физиологической точки зрения подобное сочетание процессов закономерно для элементов, выполняющих метаболические функции в

растении, но переходящих в разряд токсикантов при избыточном поступлении. Поэтому их действие нельзя описывать только через линейную зависимость «увеличение концентрации – усиление некроза». Избыточное поступление Mn, Fe или Zn способно одновременно формировать локальный токсический эффект в наиболее чувствительных клеточных группах и индуцировать компенсаторное усиление пролиферативной активности в других участках меристемы. Зафиксированная гиперплазия в данном случае не должна трактоваться как благоприятная стимуляция роста: нарушение пространственной согласованности клеточного деления и дифференцировки способно становиться предпосылкой деформации корневого апекса и последующего формирования тератологических изменений надземных органов. Такое толкование соответствует результатам исходной работы, где гиперпластические реакции Mn, Fe и Zn рассматриваются как отклонение от нормы, потенциально связанное с нарушениями архитектоники растения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-01031 https://rscf.ru/project/25-24-01031/ Индикация и реабилитация с помощью растений постконфликтных геопатогенных экосистем Донбасса (А.В. Калинина, А.И. Сафонов).

Список литературы

1. Галактионова, Е. В. Дополнение к ризологическому фитотестированию почв в нарушенных биотопах // Донецкие чтения - 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2025. – С. 65. – EDN NCDSHX.
2. Галактионова, Е. В. Детализация метода фитотестирования загрязненных почв по уязвимости апикальных меристем // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2025. – № 1. – С. 94-100. – DOI 10.5281/zenodo.14923403. – EDN COKPWL.
3. Галактионова, Е. В. Совместные разработки по ризологическому фитотестированию почв в нарушенных биотопах // Донецкие чтения 2024: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк, 2024. С. 45. EDN CGDODP.
4. Федоркина, И. А. Обзор основных тенденций и динамики загрязнения воздуха и почв в регионах Российской Федерации в период 1993-2023 годов // Проблемы региональной экологии. – 2025. – № 1. – С. 17-21. – DOI 10.24412/1728-323X-2025-1-17-21. – EDN WZHRFT.
5. Калинина, А. В. Урбанофлора щелевых экотопов Донецко-Макеевской агломерации / // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 38-43. – DOI 10.5281/zenodo.15082400. – EDN PIVLOB.
6. Экспозиционный материал кафедры ботаники и экологии ДонГУ для представления ДНР на Форуме ВДНХ «Россия» в 2024 году / А. И. Сафонов, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 1. – С. 27-38. – EDN NSZYBT.
7. Фролова, Т. В. Фитотестирование почв урбанизированных территорий г. Донецка / Т. В. Фролова, А. В. Калинина // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Донецк: ДонНТУ, 2023. С. 55-56.EDN ZGBDLU.

УДК 574.5

ЭКОМОНИТОРИНГ ГОРОДСКИХ МАЛЫХ РЕК ПО БИОЛОГИЧЕСКИМ И ХИМИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ

Голенков К.И.
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск, РФ
eco_egf@mail.ru

Городские реки (Гр) – сборная группа водных объектов, которые обеспечивают гомеостатическое состояние микроклимата, визуальную среду урбоэкосистем, создают экотонные пространства, увеличивающие гетерогенность среды, т.е. выполняют экосистемные функции. Разнообразные лотические экосистемы в городах уникальны и утеряли многие свойства, поддерживающие их устойчивость, а в Нечерноземье РФ и Брянской области еще и представлены многочисленными объектами. Актуальность исследований обусловлена отсутствием мониторингового материала по малым Гр, возрастающим влиянием на них и необходимостью восстановления биосферного потенциала уникальных водных сообществ [1, 2]. Цель работы – обобщить данные по анализу состава фитопланктона и химических показателей на примере малых рек крупного города Брянска Нечерноземья РФ.

В ходе выполнения исследований применялись общенаучные методы, методы визуального обследования, йодометрический метод определения кислорода, микроскопический метод установления биомассы и численности фитопланктона [3].

Для ручьёв, протекающих в пределах г. Брянска, – Верхний Судок и Голубка – известны данные о содержании растворённого кислорода с 2003 г., по работам научного общества выпускников БГУ.

Содержание кислорода (мл/л) ниже установленной нормы, особенно в летний период: в июне и июле (рисунок 1).

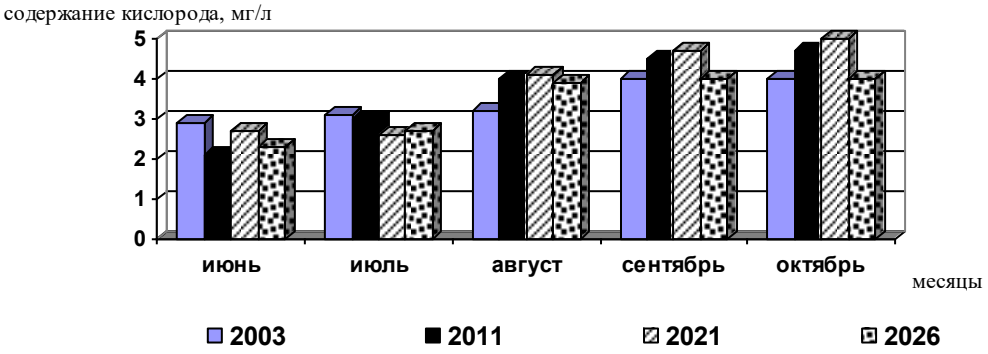


Рис. 1 – Содержание кислорода (мг/л) в ручье В. Судок за 23-летний период

Содержание кислорода в малой реке увеличивается к сентябрю и октябрю. Недостаток содержания кислорода в водах ручья говорит об интенсивных процессах эвтрофикации, зарастания участков русла Гр. В исследуемые годы для исследований можно было видеть свободную гладь воды с глубиной от 8 до 11 см воды.

В 2011 году зафиксировано самое низкое содержание кислорода в 2,1 мл/ л воды, что характеризует самый значительный процесс эвтрофикации и зарастания исследуемого ручья. Однако наибольшее содержание газа в 4,7 мг/ л также не соответствует нормативным значениям. Увеличение кислорода в воде В. Судка к августу – сентябрю – октябрю объясняется разбавлением дождевыми водами и понижением общей температуры воздуха.

Также изменяются и органолептика вод ручья. За 23-летний промежуток наблюдений запах оценивался в 4 балла и характеризовался как «болотный». Это результат и индикатор заболачивания и обмеления вод. Прозрачность речных вод определяется цветом и мутностью, также характеризует содержание окрашенных и взвешенных веществ органического и минерального происхождения. В летний период наблюдений зарегистрирована высокая прозрачность, в сентябре – октябре из-за обильного поступления осадков и появления взвешенных иловатых частиц, а также примесей бытовых и промышленных отходов, которые сносятся потоками со склонов – минимальная прозрачность. Также окрашенные частицы – соединения железа – осаждаются по ходу течения, отлагаясь на дне. Цвет вод – слабо желтоватый, который регистрируется на всём протяжении русла за весь период наблюдений. Однако, в пробах воды, начиная с 2011 г., зарегистрированы радужные нефтяные пятна, что свидетельствует об интенсивных попаданиях СПАВ от гаражного сообщества, обильных (более 10) несанкционированных свалок, состоящих из металлолома и бытовых отходов.

Исследования ручья Голубка известны с 2000 г., также по содержанию кислорода и органолептическим показателям. Воды ручья небогаты кислородом и его содержание также повышается к октябрю (рисунок 2).

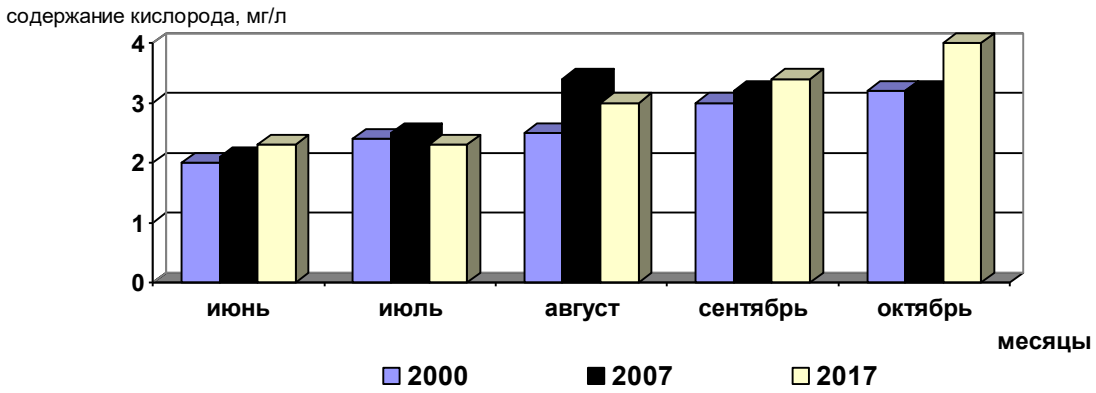


Рис. 2 – Содержание кислорода в ручье Голубка

Процесс исследования завершен в 2017 г., так как все основное русло Голубки было переведено в подземный вид. Максимальное содержание кислорода – 4,1 мг/л – зафиксировано в октябре, но также ниже нормированных показателей.

За 14-летний период наблюдений вода характеризуется минимальной прозрачностью (4 балла), запах также оценивается в 3 балла (максимальный), имеет искусственное происхождение. Вод ручья Голубка в наибольшей степени по сравнению с Верхним Судком подвергаются эвтрофикации, заиливанию.

Таким образом, воды двух ручьёв отражают сильное изменение малых Гр, которое приведёт к исчезновению этих водных объектов. Ручьи не несут эстетической, рекреационной и других нагрузок. Однако в период наибольшего паводка в 2022 г. эти водные объекты города, особенно Голубка, затопили прилегающие местности, разрушив часть ограждений.

Структура фитопланктона для ручьев г. Брянска указана за период 2015-2026 гг. как средние значения (таблица).

Таблица

Показатели для фитопланктона ручьевых сообществ крупного города

Место опробования	Биомасса, мг/л	Численность кл/мл	Число видов
Судок	15,72±1,1	88,1±2,1	22
Голубка	10,92±1,2	86,9±2,4	24

В ручьях выявили преобладание сине-зелёных и зелёных водорослей: по сравнению с фоновыми участками рек Брянской области (Токман, 2009) фитопланктонные сообщества обеднены видами [4]. Научное направление перспективно для апробации на посконфликтных территориях [5].

Список литературы

1. Голенков К. И., Анищенко Л. Н. К созданию экомониторинговой базы малых рек Брянской области // Фундаментальные и прикладные вопросы биологии и естественно-научного образования: матер. III научн.-практ. конф. с междунар. участием, 23-24 апреля 2026 г. – Рязань: ИП Коняхин А.В. (Book Jet), 2026. – С. 178-183. EDN SDAWCP.
2. Природные ресурсы и окружающая среда субъектов Российской Федерации. Центральный Федеральный округ: Брянская область / под ред. Н. Г. Рыбальского, Е. Д. Самотесова и А. Г. Митюкова. – М.: НИА Природа, 2007. – 1144 с.
3. РД 52.24.419-2019 Массовая концентрация растворённого кислорода в водах. Метод измерений йодометрическим методом. – Ростов-на-Дону: Росгидромет, ФГБУ «ГХИ», 2019. – 34 с.
4. Токман Л. В. Фитопланктон среднего течения р. Десны и её притоков на территории Брянской области. Автореф. дисс. … канд.биол.наук. Брянск, 2009. – 23 с.
5. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.

УДК 581.15 (477)

ПОДОРОЖНИК БОЛЬШОЙ КАК БИОИНДИКАТОР АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ГОРОДСКОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ СРЕДЫ

Головинова С.О.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
svetlanagolovinova439@yandex.ru

В условиях ускоренной урбанизации и высокой техногенной нагрузки особое значение приобретает поиск биологических объектов [1–3], способных интегрально отражать состояние окружающей среды [4, 5]. В отличие от разового химического анализа, фиксирующего концентрацию загрязнителя в конкретный момент времени, биоиндикация [6] позволяет регистрировать результат длительного воздействия комплекса факторов на живую систему [7]. Одним из перспективных объектов такого мониторинга является подорожник большой – *Plantago major* L. Этот вид представляет особый интерес вследствие сочетания нескольких свойств: широкого распространения, устойчивости к механическому нарушению и уплотнению почвы, способности произрастать вдоль автомобильных дорог и на промышленных территориях, а также выраженной физиологической и морфологической пластичности.

Цель работы – комплексно оценить возможности использования *Plantago major* L. (*Plantaginaceae*) для биоиндикации состояния урбанизированных и промышленно трансформированных экосистем; определить наиболее информативные морфологические, физиолого-биохимические и химико-аналитические показатели; обобщить результаты исследований для Донбасса, а также оценить перспективность данного вида как источника биологически активных соединений для фармацевтической промышленности.

Показатели, применяемые при биомониторинге с помощью *P. major*, рассмотрены как несколько взаимодополняющих диагностических блоков.

1) элементный блок. Определяют Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Mn, Fe, Cr, As и другие элементы в почве, корнях и листьях; рассчитывают коэффициенты накопления, биоконцентрации и транслокации. Сравнение отмытых и неотмытых листьев позволяет дифференцировать внутреннее поглощение и поверхностное пылевое загрязнение.

2) физиолого-биохимический блок. Наиболее информативны содержание хлорофиллов, пролина, аскорбиновой кислоты, относительное содержание воды, активность пероксидаз и других компонентов антиоксидантной системы. Рост содержания пролина и изменение активности антиоксидантных ферментов отражают формирование окислительного и осмотического стресса.

3) морфометрический и популяционный блок: размеры листовой пластинки и розетки, количество генеративных побегов, доля генеративных особей, семенная продуктивность, плотность популяции, возрастная и виталитетная структура.

4) блок связан с микроморфологическими и репродуктивными нарушениями: изменением устьичного аппарата, пылевой нагрузкой на поверхность листа, дефектностью пыльцы и появлением тератологических структур. Именно комплексный подход – от популяции до клеточного и химического уровня – наиболее информативен. Аналогичная система показателей предложена и в вашей работе: плотность розеток, размеры листьев, генеративная активность, запыленность, хлорофилл, пролин, относительное содержание воды и APTI.

Для Донбасса *P. major* отражает не один отдельный поллютант, а интегральную техногенную трансформацию экотопа. При этом учитывали многофакторность сигнала: кроме тяжелых металлов на состояние растений влияют пылевая нагрузка, транспортные выбросы, рекреационная дигрессия, нарушение субстрата и дефицит влаги. Эта интерпретация согласуется и с региональными геохимическими исследованиями. Для породных отвалов Донбасса показано повышение содержания Co, Cr, Cu и Fe относительно фоновых почв и снижение концентраций элементов по мере удаления от отвала. Важно подчеркнуть, что это исследование не было посвящено исключительно *P. major*, поэтому его результаты следует использовать как характеристику геохимического фона воздействия, а не как прямое измерение накопления металлов именно подорожником.

Фитохимический профиль *P. major* включает несколько промышленно и фармакологически интересных классов соединений. К ним относятся фенилэтаноидные и кофеоильные гликозиды, прежде всего плантамайозид и актеозид, или вербаскозид; иридоидные гликозиды, включая аукубин; флавоноиды – апигенин, лютеолин и их производные; пектиновые полисахариды; а также тритерпеноиды, в том числе урсоловая и олеаноловая кислоты. Фармакологические исследования и обзоры связывают эти вещества с антиоксидантной, противовоспалительной, антимикробной и ранозаживляющей активностью, хотя для отдельных соединений и препаратов уровень клинической доказательности различается. С технологической точки зрения из биомассы возможно получать водные и водно-спиртовые экстракты, полифенольные фракции, полисахаридные комплексы и далее проводить выделение отдельных соединений. Однако выход целевых веществ существенно зависит от генотипа растения, используемого органа и технологии послеуборочной обработки. Экспериментально показано, что повышение температуры сушки ускоряет деградацию полифенолов, включая плантаамайозид; поэтому режим сушки становится самостоятельным фактором стандартизации сырья.

Растения, используемые как биомониторы промышленного загрязнения, не должны одновременно использоваться как источник фармацевтического сырья. Способность листьев аккумулировать металлы и удерживать техногенную пыль является достоинством для мониторинга, но недостатком с позиций фармакогнозии. Сырье, собранное около промышленных объектов, автомобильных дорог, терриконов и в санитарно-защитных зонах, следует рассматривать как материал для экологического анализа, а не как безопасное лекарственное сырье. Современные требования к растительным препаратам также предусматривают спецификацию сырья и контроль контаминантов.

Таким образом, *Plantago major* L. представляет собой биологический объект с двойным научно-прикладным потенциалом. Экологическая пластичность, которая делает его ценным биоиндикатором промышленной среды, одновременно повышает требования к экологической чистоте его лекарственного сырья. Разделение этих двух направлений – фитомониторинга и получения фармацевтического сырья – позволяет наиболее полно использовать как диагностический, так и ресурсный потенциал данного вида. Для Донбасса диагностическая значимость *P. major* подтверждается непосредственными наблюдениями в Донецке и Макеевке.

Список литературы

1. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
2. Гермонова, Е. А. Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 13-22. – EDN QECLTU.
3. Phytomonitoring in Donbass for Identifying New Geochemical Anomalies / I. I. Zinicovscaia [et al.] // Russian Journal of General Chemistry. – 2024. – Vol. 94, No. 13. – P. 3472-3482. – DOI 10.1134/S1070363224130048. – EDN QXJUMP.
4. Сафонов, А. И. Аномалии эмбриональных структур растений-индикаторов Донбасса // Разнообразие растительного мира. – 2022. – № 3(14). – С. 5-18. – DOI 10.22281/2686-9713-2022-3-5-18. – EDN GQUFYH.
5. Сафонов, А. И. Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса // Разнообразие растительного мира. – 2019. – № 1(1). – С. 4-16. – DOI 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16. – EDN IJNXJE.
6. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
7. *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid в оценке техногенного загрязнения (Ni, Zn, Mn, Al, Se, Cs, La, Sm) трансформированных экотопов Донбасса / И. И. Зиньковская [и др.] // Трансформация экосистем. – 2023. – Т. 6, № 3(21). – С. 22-38. – DOI 10.23859/estr-220726. – EDN GHVAZY.

УДК 581.15:550.47 (477.62)

ФИТОИНДИКАЦИОННЫЙ ПОИСК И ИДЕНТИФИКАЦИЯ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ В УСЛОВИЯХ ПОЛИФАКТОРНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОТОПОВ ДОНБАССА

Голубев Ф.В. [1], канд. биол. наук, ORCID 0000-0001-7401-5705,
Сафонов А.И. [2], канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-9701-8711
[1]ФГБУН «Ордена Ленина и Ордена Октябрьской революции Институт геохимии и аналитической химии имени В.И. Вернадского РАН», г. Москва, РФ
[2]ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
f.v.golubev@mail.ru, andrey_safonov@mail.ru

Современная геохимическая структура Донбасса формируется природным фоном, длительным техногенезом, а также новыми антропогенными воздействиями, приводящими к глубокой трансформации ландшафтов. С целью оценки экологической обстановки территорий Донбасса применим метод биоиндикации, в котором растениям отведена ключевая роль. Кроме того, растения могут рассматриваться не только как объекты экологической оценки, но и как биогеохимические сенсоры [1], интегрирующие химические характеристики среды за определённый период времени. Такой подход был реализован в ДНР. При фитомониторинге Центрального Донбасса с использованием мха вида *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. были выявлены пространственные различия в накоплении элементов: Ni, Zn, Mn, Al, Se, Cs, La. На экологически напряжённых участках в сравнении с относительно фоновыми территориями содержание отдельных элементов в гаметофитах мха возрастало: Zn – до 12 раз, Se – до 10, Ni – до 7, Mn – до 7, La – до 6 раз. Факторный анализ позволил разделить элементы на группы, предположительно связанные с различными источниками загрязнения [2].

Последующее развитие этого подхода позволило поставить задачу уже непосредственно как поиск новых геохимических аномалий Донбасса методами фитомониторинга. При анализе 46 элементов и морфологических маркеров *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Centaurea diffusa* Lam., *Cichorium intybus* L. и *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. была установлена сопряжённость атипичного морфогенеза растений с накоплением элементов, в частности Zn, на антропогенно-трансформированных участках. Эти результаты были интерпретированы как выявление геохимических аномалий, не описанных ранее в составе регионального геохимического фона. Следовательно, принципиально важным в исследованиях является переход от традиционной схемы «измерение поллютанта в растении» к более сложной системе «элементный профиль растения(й) – морфофункциональная(ые) реакция(ии) – пространственный контраст – предполагаемый источник(и) геохимической

аномалии». Только комплексный подход позволяет применять растения не только как аккумуляторы химических элементов, а как поисковые индикаторы процессов современной геохимической дифференциации территории.

Начальный этап поиска новых геохимических аномалий основывается на выявлении пространственно-локализованных отклонений морфогенеза у широко распространённых видов в ДНР. Такой подход особенно эффективен, если один и тот же вид представлен одновременно на фоновых и трансформированных территориях. Возникновение устойчивого комплекса признаков – редукции листовой поверхности, хлороза, некроза, атипичного жилкования, изменения опушения, нарушения симметрии органов, возникновение терат, трансформации генеративных органов позволяют выделять участки для последующего биогеохимического анализа. Для мохообразных этот комплексный подход уже получил экспериментальное подтверждение в исследованиях бриофитов Донбасса. У нескольких видов мхов, *Amblystegium subtile* (Hedw.) Schimp., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Schimp., *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum capillare* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. и *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. – в качестве критериев антропотолерантности рассматривались способности аккумулировать элементы, специфичность накопления поллютантов, структурно-функциональные адаптивные реакции и проявления атипичного морфогенеза. Для поиска аномалий, связанных прежде всего с почвенно-корневым поступлением элементов, перспективным объектом исследований является *Taraxacum officinale* F.H.Wigg [3]. В беллигеративных ландшафтах Донбасса с помощью данного вида были выделены биогеохимические провинции: Zn–Co–Pb, Cu–Ni–Pb, P–La и Ni–Co. При этом определение элементного состава сочеталось с анализом морфологических и анатомических патологий растений [3,4]. Так, Zn–Co–Pb-аномалия характеризовалась повышенным содержанием в растениях Zn (2837 мг/кг), Co (190 мг/кг) и Pb (112 мг/кг); одновременно у *T. officinale* уменьшалась поверхность листового аппарата, редуцировалась верхняя лопасть листа, изменялся пигментный состав. В Cu–Ni–Pb-провинции содержание Cu было 1830 мг/кг, Ni – 290 мг/кг, Pb – 160 мг/кг, а морфологическая реакция выражалась в формировании аномальных слабо расчленённых вытянутых листьев, изменении жилкования и уплотнении опушения. Результаты этих исследований позволяют сформулировать одно из центральных положений фитоиндикационного поиска: новая геохимическая аномалия должна определяться не только как статистически достоверное превышение содержания элемента или групп элементов, но и как пространственно-устойчивое сопряжение элементного контраста с биологической реакцией индикаторного вида. Важен такой подход прежде всего при проведении общегосударственных инвентаризационных работ эколого-экспертного назначения [5].

Особый интерес представляет использование пейноморфности для диагностики геохимических изменений, выраженных не столько в накоплении токсичных элементов, сколько в нарушении доступности биогенных элементов. В этом случае растение становится индикатором содержания элемента(ов) и функционального состояния биогеохимической среды. Пейноморфный комплекс может включать уменьшение площади листа и размеров побегов, увеличение относительной плотности и склерофильности листьев, замедление роста, изменение соотношения ассимиляционных и механических тканей. Если такие признаки пространственно приурочены к участкам с низкой доступностью важнейших макроэлементов, их можно использовать как индикатор трофогеохимической аномалии. Для Донбасса этот подход особенно актуален на техногенно-нарушенных территориях и беллигеративных ландшафтах. При этом пейноморфность не обязательно означает низкое содержание элемента(ов) в почве. Высокая валовая концентрация элементов может сочетаться с их низкой биодоступностью – отсутствием подвижных форм вследствие изменения pH, сорбции, химического связывания, нарушения функционирования ризосферы и других факторов. Поэтому по биологической реакции растения(й) можно выявить аномалию функциональной недоступности элементов, которая может быть слабо выражена при определении валового содержания почвенных элементов.

Разрушение промышленных и коммунальных объектов, перемещение почв и техногенных грунтов, детонационные процессы, пожары и вторичная миграция элементов с поверхностным и подземным стоком формируют новые миграции элементов, ранее не характерные для данного экотопа. Поэтому полемострес рассматривается как биологический маркер вероятного появления геохимической аномалии нового антропогенно-беллигеративного генезиса.

С практической точки зрения важно искать не единичные повреждённые растения, а участки, где одновременно выполняются три условия: наблюдается устойчивый морфологический ответ нескольких особей одного вида; этот ответ имеет пространственную концентрацию; биохимический анализ растений обнаруживает статистически значимый элементный контраст относительно фоновых территорий. Именно такой подход был реализован в исследованиях беллигеративных экотопов Донбасса, где для рудеральных видов *Taraxacum officinale* F.H.Wigg., *Cichorium intybus* L., *Plantago major* L. и *Diplotaxis muralis* (L.) DC. анализировались морфопатологии, жизненные стратегии и элементный состав. В результате такой комплексный подход позволил выявить новые геохимические аномалии трансформированных территорий [3]. С этих позиций растительный покров экотопов Донбасса рассматривается как пространственно-распределённая система биогеохимических пробоотборников, способная фиксировать как ранее сформированные, так и

вновь возникающие геохимические неоднородности. Мхи, как правило, интегрируют атмосферное поступление элементов, травянистые сосудистые растения – содержание поллютантов в системе почва-растение, а анатомо-морфологические и репродуктивные аномалии отражают биологическую значимость выявленного химического контраста. Поэтому новым геохимическим аномалиям Донбасса целесообразно давать комплексную биогеохимическую и экологическую характеристику. Она должна включать элементную ассоциацию, степень превышения локального фона, пространственные границы, предполагаемый источник, виды-индикаторы и характер их адаптаций. В рамках комплексного подхода можно выделить по крайней мере несколько типов новых аномалий: 1) аккумулятивные, определяемые повышенным содержанием элементов в растениях; 2) дефицитарно-трофические, проявляющиеся через пейноморфность; 3) токсико-морфогенетические, сопровождающиеся тератами и морфопатологиями; 4) полемострессовые, пространственно связанные с беллигеративной трансформацией; 5) комплексные полибиогеохимические, в которых накопление токсикантов сочетается с нарушением минерального питания и водного режима растений.

Таким образом, пейноморфность, ксерофитизация и полемострес в рамках данной концепции приобретают не только экологическое, но и поисково-геохимическое значение. Пейноморфность является показателем антропогенного воздействия на экосистемы и позволяет выявить участки нарушения трофического режима растений-индикаторов; локальная ксерофитизация служит индикатором скрытого токсического или эдафического стресса; полемострес указывает на территории вероятного формирования биогеохимических аномалий нового генезиса. Их комплексный анализ, сопряжённый с элементным составом растений, создает возможность перехода к активному биогеохимическому поиску новых аномальных зон.

Для территории Донбасса наиболее результативной представляется следующая последовательность фитоиндикационного поиска: 1. Рекогносцировочный этап – выявление территориально локализованных морфопатологий, тератогенеза, ксеро- и пейноморфоподобных признаков у массовых видов. 2. Параллельный подбор индикаторов разных источников поступления: мхи для атмосферного выпадения; сосудистые рудеральные растения для интегрального почвенно-растительного сигнала. 3. Высокоточный элементный анализ растений (ААС, ICP-MS, ICP-OES, нейтронно-активационный метод), позволяющий определить макро- и микроэлементы, включая потенциально токсичные. 4. Расчёт коэффициентов биологического накопления относительно локального и регионального фона с выделением пространственных контрастов и корреляций. 5. Морфофункциональная и патанатомическая верификация: выявление взаимосвязи концентрационных аномалий с хлорозом, некрозом,

изменением листовой пластинки, устьичного аппарата, пыльцы, тератами и другими маркерами. 6. Эдафическая проверка пейноморфной гипотезы: анализ валового содержания и подвижных форм макро- и микроэлементов, агрохимический анализ почв. 7. Многомерная статистическая типизация: PCA, кластерный и корреляционный анализ для разделения элементов по вероятным источникам и поиска устойчивых ассоциаций «элемент – морфологический признак – территория». 8. Пространственная верификация в ГИС с построением карт аномальных полей и сопоставлением их с промышленными объектами, терриконами, участками пожаров, антропогенно-нарушенными формами рельефа. 9. Мониторинг территории с целью идентификации устойчивой геохимической аномалии от кратковременного загрязнения или сезонной физиологической вариабельности.

Система мониторинга территорий Донбасса основывается на принципе: морфологическая аномалия растения выявляет потенциальный участок биогеохимического контраста; элементный анализ растения идентифицирует специфику контраста; анализ почвы, воды и атмосферных выпадений устанавливает его источник и механизм; пространственно-временная повторяемость результатов исследований подтверждает статус новой биогеохимической аномалии. В этой системе растения выступают одновременно как индикаторы, аккумуляторы и интегральные маркеры процессов техногенного и беллигеративного перераспределения элементов.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН) и в рамках государственного задания ДонГУ: «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации».

Список литературы

1. Monitoring the temporal variations of plant stress using the air pollution tolerance index in the Sejzi industrial area (Isfahan, Iran) / M. Yazdani, H. Karimzadeh, H. Azimzadeh, M. Soleimani // Environmental Science and Pollution Research. – 2024. – Vol. 31, No. 48. – P. 58375-58395. – DOI 10.1007/s11356-024-35020-z. – EDN KZHNJN.
2. Phytomonitoring in Donbass for identifying new geochemical anomalies / I. I. Zinicovscaia, A. I. Safonov, N. S. Yushin [et al.] // Russian Journal of General Chemistry. – 2024. – Vol. 94, No. 13. – P. 3472-3482. – DOI 10.1134/S1070363224130048. – EDN QXJUMP.
3. Сафонов А. И., Голубев Ф. В. Экологический подход к фиторемедиации в новых условиях антропогенной трансформации ландшафтов Донбасса // Овощи России. – 2026. – № 1. – С. 110-118. – DOI 10.18619/2072-9146-2026-1-110-118. – EDN EWFXOU.
4. Golubev F. V. Biogeochemical Assessment of Donbass Landscapes Transformed by Military Actions / F. V. Golubev, L. N. Jovanović, A. I. Safonov // Ecologica. – 2026. – Vol. 33, No. 121. – P. 23-28. – DOI 10.18485/ecologica.2026.33.121.4. – EDN RIWZJZ.
5. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.

УДК 338.48:504(477.62)

ПОТЕНЦИАЛ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА В ДОНЕЦКОМ РЕГИОНЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ

Голубничая С.Н., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-9076-982X,
Черноморова П.А., Распопова К.В.
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», г. Донецк, РФ
sg197@yandex.ru, anilopachein@gmail.com, k_raspopova08@mail.ru

Современные экологические проблемы, созданные антропогенным воздействием, урбанизацией и изменением состояния природных территорий, нуждаются в поиске эффективных способов сохранения окружающей среды и повышения экологической ответственности общества. Значимым аспектом становится не только охрана природных комплексов, но и формирование у людей осознанного отношения к природным ресурсам и понимание необходимости их рационального использования.

Одним из направлений, способствующих решению этих задач, может выступать экологический туризм – деятельность, направленная на организацию путешествий в различных формах природного туризма, ориентированная на изучение природы и культурных достопримечательностей, бережное отношение к природе и содействие в её сохранении. Его развитие позволит усилить природоохранные меры и экологическое просвещение населения, а также поддержать сохранение ценных природных территорий.

Цель – выявить ключевые проблемы, определить перспективы и потенциальные возможности для продвижения этого направления туризма в условиях высокой концентрации промышленных предприятий, плотного населения и значительной степени урбанизированности.

Донецкий край обладает значительным потенциалом для развития экологического туризма. Этому способствует наличие сети особо охраняемых природных территорий, к числу которых относятся биосферные резерваты, ландшафтные парки, заказники, памятники природы и ботанические сады.

Ключевым объектом выступает биосферная территория «Хомутовская степь – Меотида», объединяющая заповедные объекты:

– «Меотида»,

– «Хомутовская степь» и

– «Кальмиусский».

«Меотида» охватывает побережье Азовского моря с протоками, озёрами, лиманами, лагунами и косами.

На местности произрастает 659 видов растений, включая редкие и охраняемые. Зарегистрировано более 250 видов птиц и свыше 50 видов млекопитающих, около 20 из которых занесены в Красную книгу [2].

«Хомутовская степь», получившая охранный статус в 1926 году, является одним из немногих сохранившихся в Европе нераспаханных участков степи. Её флора содержит 604 вида, в том числе 26 редких и исчезающих. Там же находятся три кургана. Кроме этого, для конных прогулок и обучения верховой езде используются лошади, завезённые ради восстановления природных связей [3].

В заповеднике «Кальмиусский», созданном в 2008 году, долина реки открывает вид на гранитные породы, образующие живописный каньон, возрастом примерно 650 миллионов лет [1].

Также местный рекреационный потенциал поддерживают региональные ландшафтные парки. «Зуевский» занимает 1214 гектаров и состоит из урочищ, зон отдыха и скалодрома. Парк «Донецкий кряж» площадью 3952,2 гектара имеет степи, искусственные насаждения, дубово-ясеневые и пойменные леса. Здесь можно встретить порядка 500 видов растений, включая редкие и эндемичные, а также разнообразных животных. Расположены знаменитый курган Саур-Могила и сафари с бизонами и благородными оленями [1].

Научно-просветительскую и рекреационную функцию реализует Донецкий ботанический сад, действующий с 1964 года. На его территории площадью 204 гектара выращивают больше 7000 видов и сортов растений, многие из которых находятся под охраной. В саду открыты пять оранжерей и ежегодно проводят свыше 2500 экскурсий для посетителей в количестве около 35000. Также в нём проходят мастер-классы, выставки, фестивали и концерты [1].

Среди других объектов можно выделить заказник «Зорянская степь», находящийся рядом с монастырём Касперовской иконы Божьей Матери, в чей состав входят редкие и реликтовые растения, и геологический заказник «Раздольненский». Последний славится окаменелостями и карстовыми особенностями, из-за которых ручьи и река Сухая Волноваха кое-где скрываются под землёй. Есть предложение реконструировать его вместе с урочищем «Васильевка» в природный парк, создав условия для отдыха и знакомства с историей региона [1].

Однако на данный момент существуют определённые препятствия: развитию экотуризма мешают высокая антропогенная нагрузка и ограниченное число нетронутых природных участков. Не контролированный наплыв туристов может привести к необратимой деградации охраняемых территорий, поэтому для снижения рисков при создании инфраструктуры важно учитывать природные и климатические условия.

Для устойчивого развития экотуризма рекомендуется:

– зонировать территории, оборудовать места отдыха и разграничивать плату за посещение и услуги для регулирования нагрузки и повышения ответственности посетителей;

– создавать маршруты и экологические тропы. Например, маршрут «Зелёный пояс Донбасса» может начинаться с Донецкого ботанического сада, проходить через парки «Зуевский» и «Донецкий кряж», заказник «Раздольненский» и «Хомутовскую степь» и заканчиваться «Меотидой»;

– развивать экологическое просвещение с помощью информационных щитов, цифровых ресурсов, образовательных мероприятий и конкурсов. Для примера можно использовать опыт школы № 11 в посёлке Зуевка, которая свыше 15 лет занимается экологическим образованием;

– привлекать местных жителей в туризм, поддерживая продажу сувениров, изделий народного творчества и сельхозпродукции, а также предоставляя им бесплатный доступ к оборудованным зонам отдыха.

Такой подход к вопросу поможет сохранить природные территории, повысить экологическую грамотность и вовлечь местных жителей в получение экономической выгоды от туризма.

Донецкий регион владеет достаточным потенциалом для развития экологического туризма, но, как мы выяснили, его реализация требует решения проблем нормативно-правового, социально-экономического и культурно-психологического характера.

Туризм будет развиваться без ущерба для природы благодаря государственной поддержке, требующейся правовой базе и комплексном применении предложенных мер, а за счёт охраны природных ресурсов, экологического просвещения и участия местных жителей богатства края превратятся в конкурентоспособный туристский продукт и поддержат устойчивое развитие территории.

Список литературы

1. Мишечкин, Г. В. Экологический туризм на урбанизированных территориях / Г. В. Мишечкин, С. Н. Голубничая // Сервис в России и за рубежом. – 2017. – Т. 11, № 7(77). – С. 85-98. – DOI 10.22412/1995-042X-11-7-8. – EDN YLBBWQ.
2. Достопримечательности // Мангушский муниципальный округ: официальный сайт. – URL: https://mangush.gosuslugi.ru/o-munitsipalnom-obrazovanii/dostoprimechatelnosti/dostoprimechatelnosti_10.html (дата обращения: 02.10.2026).
3. «Хомутовской степи – 100 лет»: в Донецке дали старт юбилейному циклу мероприятий // Единая Россия: официальный сайт. – 17 августа 2026 г. – URL: https://dnr.er.ru/activity/news/homutovskoj-stepi-100-let-v-donecke-dali-start-yubilejnomu-ciklu-meropriyatij (дата обращения: 02.10.2026).

УДК 504.054

АКТИВНОСТЬ КАТАЛАЗЫ В ЛИСТЬЯХ *TILIA CORDATA* КАК БИОХИМИЧЕСКИЙ МАРКЕР ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ Г. БРЯНСКА

Гришечкина А. А.,
Анищенко Л. Н., д-р с.-х. наук, проф., ORCID 0000-0003-4842-5174
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского», г. Брянск, РФ
annagriseckina2022@mail.ru, Lanishchenko@mail.ru

Объектом исследования выступали ассимиляционные органы (листья) *Tilia cordata* Mill. (липы мелколистной), собранные 1 июля 2026 г. на территории г. Брянска. Отбор растительного материала осуществлялся на девяти точках мониторинга, расположенных в зонах с различной интенсивностью транспортной и антропогенной нагрузки.

Таблица

Активность каталазы (Ак) в ассимиляционных органах *Tilia cordata* по точкам мониторинга

№ п.	Точка отбора растительного материала	Масса навески, г	Время реакции, мин	Объем выделившегося O_2	Ак, мг O_2 /(мин*г)
1	Ост. «Ул. Ольховская»	0,33	0,2	0,1	0,1
2	Ковшовский пруд	0,34	0,2	0,3	0,3
3	Ост. «Ул. Кавказская»	0,23	0,2	0,2	0,2
4	ДК елезнодорожников	0,32	0,2	0,6	0,6
5	Ост. «Брянсксельмаш»	0,42	0,2	0,2	0,2
6	Поликлиника №5	0,2	0,2	0,4	0,4
7	Остановка «Брянск-II»	0,44	0,2	0,5	0,5
8	Ул. Западная дворы	0,29	0,2	0,2	0,2
9	Пешеходный переход БГУ	0,15	0,2	0,3	0,3

Полученные результаты объясняются различиями условий в точках. Наибольшие значения характерны для зон повышенной транспортной и антропогенной нагрузки, что свидетельствует о значительном окислительном стрессе у растений в этих локациях. Наименьшей активностью каталазы обладают образцы, отобранные из частного сектора с минимальной рекреационной и сочетанной нагрузкой.

Физиолого-биохимический статус *Tilia cordata* служит репрезентативным показателем состояния атмосферы. В зонах с критическим загрязнением (БГУ, Поликлиника №5) отмечен скачкообразный рост активности каталазы листьев до максимальных значений (10,0 мг O_2 / (мин*г)), что подтверждает адаптивную мобилизацию антиоксидантной защиты растений в ответ на окислительный стресс.

УДК 502.3:504.6:581.52(477)

ФИТОКВАНТИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ ПОЛЕМОСТРЕССА В ДОНБАССЕ – КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ФИТОИНДИКАЦИЯ

Гунченко И.А.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

Фитоквантификация представлена как система количественной оценки антропогенно трансформированной среды с использованием индикаторных свойств растений [1–3], ранжирования их реакций и последующего картографического зонирования [4, 5], специальный перевод качественных структурно-функциональных диагностических признаков в их численные эквиваленты [1, 3, 6, 7].

фитоквантификация – численная формализация этой реакции, позволяющая сравнивать, ранжировать, интерполировать и картографировать степень экологического напряжения. Именно последний этап превращает растение из качественного «биологического свидетеля» воздействия в измерительный биоиндикатор, то есть в компонент метризованной системы экологической диагностики.

В применении к полемострессу сформулировано следующее рабочее определение: фитоквантификация полемостресса – это перевод совокупности структурных, морфогенетических, репродуктивных, физиолого-экологических и биогеохимических реакций растений на комплекс воздействий беллигеративно трансформированной среды в систему количественных индексов, интервальных классов и пространственных ГИС-показателей экологического напряжения.

Научная сущность фитоквантификации заключается не в констатации: «растения повреждены», а в переходе к формулировке: насколько выражено повреждение, какими признаками оно характеризуется, как оно изменяется в пространстве и времени и какие территории по совокупности биологических признаков относятся к различным классам экологического напряжения.

Преимущество растений-индикаторов состоит в том, что их морфогенез фактически интегрирует воздействие среды во времени. Химический анализ даёт концентрацию вещества в конкретной пробе, тогда как фенотип растения отражает результат совокупного действия факторов на протяжении определённого периода онтогенеза. Именно поэтому структурный полиморфизм, тератоморфозы, репродуктивные нарушения и особенности элементного накопления могут использоваться как комплементарные показатели состояния геосистем.

Однако существует важная методологическая проблема: один и тот же неспецифический стрессовый ответ может возникнуть под действием

разных причин. Нарушение пыльцы, некроз, деформация листовой пластинки или изменение интенсивности роста сами по себе не доказывают военную природу воздействия. Поэтому научно корректная идентификация полемостресса требует сопоставления пространственной локализации признака, динамики во времени, геохимической информации, исторического техногенного фона и контрольных либо условно фоновых территорий. Именно интеграция этих данных повышает диагностическую специфичность фитоквантификации.

Целью фитоквантификации факторов полемостресса является разработка и применение количественной многоуровневой системы растительной биоиндикации для выявления, ранжирования, картографирования и прогнозирования структурно-функциональной нарушенности экотопов Центрального Донбасса, а также для выбора научно обоснованных направлений их последующего экологического восстановления.

В содержательном отношении эта цель включала разграничение фонового, техногенного и дополнительно возникающего стрессового воздействия; определение чувствительных фитомаркеров, построение пространственных шкал экологического напряжения, выявление геохимически аномальных участков, установление территорий угнетения и самовосстановления, подбор растений с высокой экологической валентностью для первичной фиторемедиации.

Методическая база исследований формировалась последовательно. Сначала в концепции фитоквантификации были объединены биомониторинговые принципы, ранжирование индикаторных реакций, матричные методы оценки, экологическое картографирование, количественная оценка риска и ландшафтная ординация. Для Центрального Донбасса акцент был сделан на переводе признаков растений-индикаторов в ранжируемые характеристики территорий.

В качестве биоиндикаторов используются преимущественно виды, широко распространённые в нарушенных, рудеральных, урбанизированных и сельскохозяйственных местообитаниях. Это методически важно: массовые эвритопные виды позволяют получать сопоставимый материал на значительной территории.

В исследованиях разных этапов использовались цветковые растения и мохообразные. Особое внимание уделялось видам, у которых информативны генеративные структуры, пыльца, морфология листьев, плодов, зародышей и семядолей. С точки зрения восстановления территории отдельно исследованы *Cichorium intybus* L., *Taraxacum officinale* F.H.Wigg., *Plantago major* L. и *Diplotaxis muralis* (L.) DC.

Одним из центральных компонентов фитоквантификации является анализ атипичного структурного полиморфизма. Оценивается частота и степень отклонений от условно нормального морфогенеза. К

диагностически значимым признакам относятся изменения покровных трихом, устьичного аппарата и околоустьичных клеток, нарушения морфологии генеративных органов, тератологические изменения пыльцы, структурные аномалии зародыша и зародышевого корешка, схизокотилия и синкотилия, недоразвитие плодов и другие проявления морфогенетической нестабильности. Именно генеративная система характеризуется как одна из наиболее чувствительных к выделяемому ими фактору полемострессa.

На уровне мохообразных ранее использовались такие признаки, как хлорозы, некрозы, гипо- и гипергенез, деформации, фасциации и другие формы аномального морфогенеза, сопоставляемые с геохимической контрастностью среды.

Высокая информативность генеративной сферы имеет особое экологическое значение. Вегетативный организм может сохраняться при стрессовом воздействии, тогда как нарушения микроспорогенеза, пыльцевой жизнеспособности, эмбриогенеза, формирования семян и плодов непосредственно затрагивают репродуктивный потенциал ценопопуляции.

Следовательно, фитоквантификация репродуктивных нарушений позволяет оценивать не только текущее физиологическое состояние отдельного растения, но и вероятные последствия для воспроизводства популяций.

Список литературы

1. Сафонов, А. И. Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса // Донецкие чтения 2018. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2018. – С. 216. – EDN YPAMWD.
2. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
3. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
4. Гермонова, Е. А. Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 13-22. – EDN QECLTU.
5. Сафонов, Р. А. Физико-географическая обусловленность для моделирования массопереноса аэрофитополлютантов // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 146-152. – EDN KOCJMA.
6. Сафонов, А. И. Сорно-рудеральная фракция урбанофлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов. – Киров: Вятский государственный университет, 2019. – С. 13-16. – EDN UTXUDT.
7. Биомониторинговая программа по оценке воздуха в Донбассе с помощью нейтронно-активационного анализа / И. И. Зиньковская // Донецкие чтения 2022. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2022. – С. 69-71. – EDN SQZVXC.

УДК 581.41

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАСТЕНИЙ

Гунченкова А.Д., ORCID 0009-0004-2255-7114,
Войтеховский Ю.Л., д-р г.-м. наук, проф., ORCID 0000-0002-5380-9191
ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена», г. Санкт-Петербург, РФ
gunchenkova2000@gmail.com, *vojtehovskijj@herzen.spb.ru*

Пространственная организация растений представляет собой результат взаимодействия морфогенетических процессов, наследственно обусловленных особенностей строения и факторов окружающей среды. Изучение закономерностей расположения структурных элементов растений имеет значение для понимания механизмов формирования их жизненных форм, особенностей адаптации к условиям произрастания и эффективности использования световых ресурсов.

Одним из перспективных направлений исследования растительной морфологии является применение математических методов, позволяющих выявлять закономерности пространственного расположения органов растений, устанавливать типы симметрии и формализовать особенности их строения. Теоретические предпосылки такого подхода представлены в классической работе Д. Томпсона «О росте и форме», в которой показана роль физических и математических закономерностей в формировании биологических структур [1]. Существенный вклад в развитие геометрического анализа биологических объектов внесли исследования Ф. Льюиса, посвящённые закономерностям клеточной организации тканей [2, 3]. Дальнейшее развитие математических подходов к исследованию растений связано с изучением архитектурных моделей [5], филлотаксиса и закономерностей симметрии растительных структур [6].

Несмотря на значительное количество работ, посвящённых морфологии и архитектуре растений, применение методов кристаллографической симметрии для классификации плоскостных вариантов расположения листьев представляет самостоятельный исследовательский интерес.

Цель исследования – выявление и математическое описание закономерностей пространственной организации растений на основе анализа симметрии расположения листьев относительно оси стебля.

В ходе исследований авторами применена кристаллографическая теория бордюров для классификации растений с преимущественно плоскостным расположением листьев вдоль оси стебля [7]. Основным результатом стало установление того, что в растительных структурах

реализуются все семь типов симметрии, предусмотренных классической теорией кристаллографических бордюров. Это свидетельствует о возможности использования математической классификации периодических структур для систематизации вариантов листорасположения. Применение кристаллографического подхода позволило рассмотреть внешнее строение растений не только с морфологических позиций, но и как совокупность геометрических отношений между повторяющимися элементами побега. В результате различные варианты расположения листьев могут быть сопоставлены по объективным признакам симметрии. Вместе с тем установлено, что реальные варианты пространственной организации растений не ограничиваются семью идеализированными типами кристаллографических бордюров. В природных условиях встречаются структуры, отклоняющиеся от строгой периодичности и симметрии. Такие отклонения могут быть связаны с особенностями роста и развития побегов, а также с необходимостью более эффективного использования светового потока. Следовательно, математические модели симметрии позволяют описывать базовые закономерности организации растительных структур, однако для характеристики реальных объектов необходимо учитывать их морфологическую изменчивость и экологическую обусловленность.

Полученные результаты демонстрируют применимость методов дискретной геометрии и кристаллографии к исследованию пространственного строения растений. Выделение семи типов симметрии создаёт основу для сравнительного анализа морфологических структур и дальнейшего изучения отклонений от идеализированных геометрических моделей.

Список литературы

1. Thompson, D. W. On Growth and Form. - Cambridge: University Press, 1992. - 345 p.
2. Lewis, F. T. The effect of cell division on the shape and size of hexagonal cells // The Anatomical Record. - 1926. - Vol. 33, No. 5. - P. 331–355. - DOI: 10.1002/ar.1090330502.
3. Lewis, F. T. The correlation between cell division and the shapes and sizes of prismatic cells in the epidermis of Cucumis // The Anatomical Record. 1928. - Vol. 38, No. 3. - P. 341-376.
4. Паутов, А. А. Структурная ботаника в Санкт-Петербургском – Ленинградском государственном университете / А. А. Паутов, Г. М. Борисовская, М. П. Баранов // Вопросы сравнительной и экологической анатомии растений. СПб: Издательство Санкт-Петербургского университета, 2003. С. 3–22.
5. Hallé, F. Tropical Trees and Forests: An Architectural Analysis / F. Hallé, R. A. A. Oldeman, P. B. Tomlinson. - Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1978. - XVIII, 441 p.
6. Джан, Р. В. Филлотаксис: системное исследование морфогенеза растений. - Москва; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика»; Институт компьютерных исследований, 2019. - 464 с.
7. Войтеховский, Ю. Л. Филлотаксис: расположение листьев на горизонтальной ветке и кристаллографические бордюры / Ю. Л. Войтеховский, А. Д. Гунченкова // Вестник МГТУ. - 2024. - Т. 27, № 2. - С. 119-125. - DOI: 10.21443/1560-9278-2024-27-2-119-125.

УДК 581.15 : 582.32 (477)

БРИОФИТЫ ДОНБАССА – ИНДИКАТОРЫ УСТОЙЧИВОСТИ И ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОТОПОВ: МОРФОДИАГНОСТИКА И СУКЦЕССИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

Данилевич Л.И.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

В предшествующих исследованиях [1–3] установлена роль мхов в диагностике [4, 5] и возможной оптимизации [6] экотопов Донбасса [7].

Цель работы – выявить наиболее информативные таксономические, экологические и структурно-функциональные характеристики бриофитов Донбасса, которые могут использоваться для диагностики степени трансформации экотопов, оценки устойчивости растительного покрова и разработки технологий биомониторинга и первичного восстановления нарушенных территорий.

В общей сложности проанализировано 59 видов мохообразных, относящихся к 9 порядкам, 18 семействам и 34 родам. Наибольшим видовым разнообразием характеризуются семейства *Pottiaceae* Schimp., *Brachytheciaceae* Schimp., *Bryaceae* Schwaegr. и *Amblystegiaceae* Kindb. Важно подчеркнуть не только число видов, но и то, что даже в промышленно трансформированном регионе сохраняется функционально неоднородная бриофлора.

По отношению к влажности максимальную долю составили мезофиты – 16 видов. Далее следовали гигромезофиты – 18 %, мезоксерофиты – 14 % и гигрофиты – 12 %. По отношению к освещённости наиболее многочисленны сциогелиофиты – 21 вид; гелиосциофиты составляют 26 %, сциофиты – 18 %, гелиофиты – 14 %. Установлено, что бриофлора индустриального города не сводится исключительно к ксерофитным видам. Она отражает сильную мозаичность городской среды – от открытых отвалов, крыш и бетонных поверхностей до парков, лесополос и сравнительно влажных местообитаний.

Выделена группа видов, способных менять жизненную форму в зависимости от условий среды. В неё входят *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum capillare* Hedw., *Dicranum scoparium* Hedw. и *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr. Для биоиндикации это важно: диагностическим признаком может быть не только наличие вида, но и форма его роста в конкретном экотопе.

Один из прикладных результатов работы – использование конкретных структурных изменений листа как признаков состояния окружающей среды. Для *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr диагностическими признаками являются изменение пигментации и сокращение жизненного

цикла. Для *Bryum caespiticium* Hedw. – трансформация скульптуры адоксиальной поверхности листовой пластинки. Для *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid. – прозенхимизация клеток вдоль центральной жилки. Особенно информативен *Orthotrichum speciosum* Nees, у которого учитываются сразу три признака: изменение пигментации, сокращение жизненного цикла и прозенхимизация клеток вдоль центральной жилки.

Следовательно, предлагается переход от простой схемы «вид есть – вида нет» к морфофункциональной диагностике состояния самого растения.

Редкими признаны *Didymodon fallax, Dicranella cerviculata, Ditrichum pussilum, Homalothecium lutescens, Niphotrichum canescens* и *Ptychostomum funkii*. Возможно рассматривать их как кандидатов для включения в региональные перечни охраняемых видов после дополнительной проверки распространения. Следовательно, бриоиндикация может работать и «в обратную сторону»: не только устойчивые виды показывают загрязнение, но и присутствие редких чувствительных видов показывает сохранность экотопа.

На бетонной поверхности около биологического факультета ДонГУ, нарушенной после событий 2022 года и не подвергавшейся восстановительным мероприятиям, наблюдалась естественная сукцессия мохообразных. За два вегетационных сезона сформировались 2–3-видовые ассоциации, а проективное покрытие увеличилось приблизительно с 15 до 75 %. Наблюдения проводились на десяти пробных площадках. Этот факт показывает не только индикаторную реакцию мхов, но и их способность самостоятельно включаться в процесс первичного восстановления нарушенной поверхности.

Для трансплантационного эксперимента предложено использовать не мхи, изъятые из заповедных или фоновых местообитаний, а уже адаптированные городские популяции. Материал собирался, в частности, с крыш и других урбанизированных поверхностей. Исходный материал был распределён по 30 мониторинговым точкам, по 5 повторностей, с оценкой жизненности и прироста биомассы после 12 и 18 месяцев экспозиции.

Наиболее реалистична экспериментальная идея: городской мох, уже прошедший естественный «отбор» в условиях загрязнения, используется как стандартный трансплантат для диагностики ещё более экстремальных экотопов.

Полученные результаты могут использоваться в нескольких направлениях. 1. Экологический мониторинг городов. По сочетанию вида, его жизненной формы, стратегии и морфологических изменений можно диагностировать степень трансформации экотопа. 2. Экспресс-диагностика стрессовых территорий. *Syntrichia ruralis, Bryum caespiticium, Ceratodon purpureus* и *Orthotrichum speciosum* могут быть модельными объектами для оценки структурного ответа растений. 3. Активный биомониторинг. Городские устойчивые формы мхов могут применяться в

трансплантационных экспериментах и длительной экспозиции в мониторинговых точках. 4. Природоохранная деятельность. Локалитеты *Didymodon fallax, Dicranella cerviculata, Homalothecium lutescens, Niphotrichum canescens* и других редких видов могут использоваться как аргумент при выделении участков повышенной природоохранной ценности. 5. Восстановление нарушенных территорий. Естественное увеличение мохового покрытия с 15 до 75 % демонстрирует потенциал мхов как пионерного компонента сукцессий на повреждённых минеральных и бетонных поверхностях. 6. Фитодизайн и зелёная архитектура. Особенно перспективны устойчивые подушковидные и дернинные виды, способные существовать на искусственных минеральных субстратах, прежде всего Grimmia pulvinata (Hedw.) Sm. В таком варианте моховой элемент одновременно может выполнять декоративную и индикаторную функции.

Для оценки состояния городской среды недостаточно учитывать только присутствие или отсутствие вида мха. Информацию несут сразу несколько уровней организации: видовой состав, субстратная приуроченность, жизненная форма, стратегия выживания, структура листа, особенности спорофита, характер побегообразования и способность формировать покров после нарушения. Поэтому бриофиты можно рассматривать не как один биоиндикатор, а как многоуровневую диагностическую систему состояния и восстановительного потенциала экотопа.

Список литературы

1. Данилевич, Л. И. Бриофиты Донбасса в диагностике трансформированных экосистем (2025-2026 гг.) // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 73-77. – EDN JPMEEL.
2. Сафонов, А. И. Экологический подход к фиторемедиации в новых условиях антропогенной трансформации ландшафтов Донбасса / А. И. Сафонов, Ф. В. Голубев // Овощи России. – 2026. – № 1. – С. 110-118. – DOI 10.18619/2072-9146-2026-1-110-118. – EDN EWFXOU.
3. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
4. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. – 289 с. – EDN QVJSQE.
5. Phytomonitoring in Donbass for Identifying New Geochemical Anomalies / I. I. Zinicovscaia, [et al.] // Russian Journal of General Chemistry. – 2024. – Vol. 94, No. 13. – P. 3472-3482. – DOI 10.1134/S1070363224130048. – EDN QXJUMP.
6. *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid в оценке техногенного загрязнения (Ni, Zn, Mn, Al, Se, Cs, La, Sm) трансформированных экотопов Донбасса / И. И. Зиньковская [и др.] // Трансформация экосистем. – 2023. – Т. 6, № 3(21). – С. 22-38. – DOI 10.23859/estr-220726. – EDN GHVAZY.
7. Сафонов, А. И. Редкие виды мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации / А. И. Сафонов, Е. И. Морозова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2018. – № 1-2. – С. 33-43. – EDN XRAFBR.

УДК 628.33

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ОТХОДОВ КОФЕЙНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ НА КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ

Дариенко О.Л., ORCID 0000-0002-0393-1615,
Брежнев А.Е.
Автомобильно-дорожный институт (филиал) ФГБОУ ВО «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка, ДНР, РФ
dariyenkoo@mail.ru, a_brejnev@mail.ru

В современном социокультурном контексте кофе выступает не только как вкусовой продукт, но и как значимый элемент общественных практик. В связи с этим проблема утилизации кофейных отходов, прежде всего отработанной кофейной гущи, приобретает особую актуальность. Увеличение числа заведений, предлагающих кофейные напитки, а также распространение домашних способов их приготовления ведет к образованию крупных объемов кофейных остатков, которые зачастую поступают в окружающую среду.

Для получения 1 т отработанной кофейной гущи необходимо потребить около 100 тыс. чашек кофе. Например, в Ростове-на-Дону ежесуточно в среднем образуется более 8 т влажной кофейной гущи. Основная ее часть направляется на полигоны [1, 2]. Вместе с тем, по данным проведенных нами исследований, до 10 % суточного объема формирующейся кофейной гущи не поступает на полигоны.

В крупных городах России широкое распространение получила практика непосредственного внесения кофейной гущи на поверхность почвы в зонах потребления кофе, прежде всего возле малогабаритных мобильных кофеен. Как правило, такие отходы размещают на открытых почвенных участках вблизи зеленых насаждений – деревьев, кустарников, а также на цветниках. При этом как реализующие кофейную продукцию лица, так и ее потребители рассматривают подобную практику как экологически нейтральную, поскольку кофейная гуща относится к органическим отходам и, по распространенному мнению, выполняет функцию удобрения. Однако массированное поступление локально образующейся кофейной гущи в почвенную среду не всегда сопровождается положительным эффектом [3].

Целью настоящей статьи выступает комплексный анализ воздействия отходов кофейного потребления, представленных преимущественно отработанной кофейной гущей, на кислотно-основное состояние почв.

В урбанизированных экосистемах почвенный покров испытывает комплексное стрессовое воздействие. В частности, на его поверхность поступает значительное количество твердофазных поллютантов, часть которых при растворении в атмосферных осадках инфильтруется в

нижележащие горизонты. Кроме того, городские почвы деградируют в результате нерационального землепользования, связанного с выращиванием растений, развития ветровой и водной эрозии плодородного слоя, а также недостаточного внесения удобрений.

Дополнительным фактором стресса выступает отклонение pH воды, достигающей поверхности почв, от оптимальных значений. Существенные флуктуации кислотности воды способны вызывать гибель почвенных микроорганизмов и подавлять рост наземной растительности. Наиболее уязвимыми в этом отношении оказываются молодые однолетние травянистые виды, включая как дикорастущие формы, так и растения, применяемые в озеленении городских пространств.

Подкисление городских почв обусловлено совокупным действием ряда причин, среди которых ключевое место занимают кислые атмосферные осадки. Дополнительное снижение pH может происходить при фильтрации осадков через посторонние объекты, расположенные на почвенной поверхности. Одним из таких объектов является кофейная гуща, представляющая собой нетипичный для территории России вид органических отходов.

Определение pH поверхностного стока и водной вытяжки почв проводили электрометрическим методом [4], а также параллельно с использованием портативного pH-метра HI98129 HANNA (погрешность ± 0,05 ед. pH).

Объекты исследования и методика их формирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика образцов, отобранных для оценки pH поверхностного стока и водных вытяжек почв

№ пробы	Характеристика образца	Температура образца, °C
1	Проба чистой дождевой воды	18
2	Водная вытяжка кофейной гущи на дождевой воде; раствор приготовлен самостоятельно	18
3	Водная вытяжка почвы без внесения кофейной гущи	20
4	Водная вытяжка почвы после дождя, на поверхности которой располагался слой кофейной гущи толщиной 2 мм	19
5	Водная вытяжка кофейной гущи после дождя, полученная в полевых условиях (кофейная гуща помещалась в стаканчик под атмосферными осадками)	20

Для определения pH все образцы предварительно фильтровали с целью удаления остатков кофейной гущи и почвы. В таблице 2 приведены результаты измерений pH, полученные с использованием различных методических подходов. Каждое определение выполнено в трех параллельных исследованиях, после чего данные усредняли.

Таблица 2

Результаты определения величины pH в исследуемых образцах

№ пробы	Электрометрический метод	Ручной прибор
1	6,056	6,0
2	4,876	5,1
3	5,856	5,8
4	5,023	5,0
5	5,011	5,0

Результаты pH-метрического анализа указывают на повышение кислотности почв, на поверхности которых размещалась кофейная гуща. Это обусловлено кислым характером самих кофейных отходов: водная вытяжка отработанной кофейной гущи, а не свежеприготовленного напитка, характеризуется значением pH = 4,876. При этом в точках отбора почвенных образцов исходный уровень pH уже был смещён в кислую область и составлял 5,856. Дополнительное воздействие кислой среды приводит к дальнейшему снижению pH почвы до 5, что соответствует переходу почв из категории слабокислых в умеренно кислые.

Таким образом, выявленное подкисляющее воздействие отходов кофейного потребления на почвенную среду требует обязательного учета, в том числе при формировании посадочного ассортимента в озеленении. Предпочтение следует отдавать видам, толерантным к повышенной кислотности почв. Среди травянистых форм в качестве примера могут быть указаны представители семейства вересковых (*Ericaceae*).

Ботанический эксперимент рекомендовано проводить в соответствии с экологической ситуацией в регионе [5].

Список литературы

1. Золотарева, В. В. Кофейная индустрия: обзор побочных продуктов / В. В. Золотарева, И. И. Васильева // Потребительский рынок: проблемы качества и безопасности товаров и услуг : материалы 2-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Орёл, 05 декабря 2023 года. – Орёл: Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, 2023. – С. 74-80. – EDN ONTTFK.
2. Ждакаева, М. В. Анализ образования отходов от сети кофе-баров / М. В. Ждакаева, Г. Е. Никифорова // Экологические чтения - 2025: Материалы XV I Национальной научно-практической конференции (с международным участием), Омск, 04–05 июня 2025 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, 2025. – С. 162-165. – EDN SQNJVE.
3. Жубрева, Т. В. Влияние кофейной индустрии на окружающую среду: проблемы и решения / Т. В. Жубрева, Ф. Ф. Смелянский // Траектории технологического развития. – 2023. – Т. 2, № 1(5). – С. 4-12. – DOI 10.21686/2782-3555-2023-1-4-12. – EDN BQCRDC.
4. Власенко, В. П. Методы почвенных исследований / В. П. Власенко, А. В. Осипов. – Краснодар: ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2024. – 179 с. – ISBN 978-5-907907-30-0. – EDN TBOABI.
5. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.

УДК 630.16

БИОДИАГНОСТИКА СЕЗОННОГО РАЗВИТИЯ ДЕРЕВЬЕВ И КУСТАРНИКОВ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Демьяненко Т.В., канд. биол. наук, ORCID 0009-0002-3798-3947
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
tvdemianenko@mail.ru

Естественная растительность Донбасса значительно изменена в связи с индустриализацией, прогрессивным распространением инвазивных видов [1] и отсутствием возможности проведения карантинных мероприятий. В городах проводили замену уничтоженной древесной растительности культигенными видами деревьев и кустарников. Ряд вопросов экологии и биологии древесно-кустарниковых растений г. Донецка остается либо слабо, либо почти не изученным [2, 3]. Одним из таких вопросов является влияние климатических факторов на сезонный ритм развития городской древесной и кустарниковой растительности, – с флористических позиций такие исследования актуальны и имеет большое значение в плане биодиагностики флористических фракций.

Цель – проанализировать взаимосвязь между ритмом развития аборигенных и интродуцированных древесно-кустарниковых растений г. Донецка с климатическими факторами.

Приводим результаты исследования зависимости сезонного ритма развития 47 интродуцированных и 20 местных видов деревьев и кустарников г. Донецка от суммы активных и эффективных температур, за 12 летний цикл развития. Сезонный ритм развития, мы понимаем в трактовке, И.Г. Серебрякова (1962), как закономерные изменения интенсивности и смены различных биологических фаз в разные сезоны года, обусловленные прохождением годичного цикла развития растительных организмов. У древесных растений онтогенез идет по своеобразной спирали, годичный ритм в таком случае соответствует одному витку спирали, т.е. сохраняется периодичность и этапность во времени, но развитие происходит каждый год на новом более высоком качественном уровне. Таким образом, на различных этапах онтогенеза многолетников сезонный и годичный ритмы развития одного и того же растения могут существенно отличаться [3]. К местным видам деревьев и кустарников (например, *Acer campestre* L., *A. platanoides* L., *Quercus robur* L., *Padus racemosa* Lam., *Rosa canina*) относим виды, ареалы, которых территориально охватывают и г. Донецк. Биологические ритмы развития этих растений, наиболее полно соответствуют экологическим условиям г. Донецка, т.е. их можно использовать в качестве модельных при сравнении с ритмами развития интродуцентов. Так, фаза набухания почек у аборигенных пород наблюдается в III декаде марта, когда среднесуточная

температура воздуха переходит устойчивый порог 0°С. У интродуцированных видов (например, *Sorbus aucuparia* L., *Syringa vulgaris* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Lonicera tatarica* L.), отклонений в прохождении этой фазы развития не наблюдалось. Фаза распускания листьев у местных видов наблюдается в основном во II - III декадах апреля, когда среднесуточная температура воздуха превысила +15°С, облиствение завершается в III декаде апреля – II декада мая. Нами отмечено, что интродуцированные виды, отстававшие в развитии от местных, в фазу облиствения вступили в такие же сроки. Такую картину мы связываем с колебаниями температуры в более ранние сроки и относительной устойчивостью температуры в дальнейший период развития. Цветение местных древесно-кустарниковых пород начинается в III декаде апреля – I декаде мая. Продолжительность фазы 12-15 дней.

Биологические ритмы развития растений, интродуцированных из различных географических районов земного шара, отличны от ритмов аборигенных видов. Так у японо-китайских видов, например, *Sophora japonica* L., фазы набухания почек, появления листьев, облиствения сдвинуты на III декаду апреля, май, I декаду июня, а цветение у этих растений отклоняется на 1-2 месяца, по сравнению с местными видами. Биологические ритмы развития растений, интродуцированных из Северной Америки более соответствуют ритмам развития аборигенных растений. Так, у *Acer negundo* L., *Mahonia anquifilium* Nutt фазы развития календарно близки к местным видам. У *Robinia pesudoacacia* L., *Gleditschia tracanthos* L., *Amorfa fruticosa* L. набухание и распускание почек запаздывает по сравнению с видами аборигенной флоры на 13-17 дней. Однако фазы распускания листьев и завершения облиствения они проходят, примерно в те же сроки, что и местные виды. Цветение и плодоношение северо-американских растений наблюдается, в основном, в те же календарные сроки, что и у интродуцированных видов. Аналогичная картина наблюдается в развитии среднеазиатских видов *Populus bolleana* Lanehe., *Ulmus pinnato-racemosa* и других. Однако фаза цветения у этих растений, особенно у последнего опережает облиствение и даже фазу распускания почек. Эта «аномалия» объясняется тем, что зачатки генеративных побегов у ряда растений семейств Rosaceae Juss., Salicaceae Lindl., Betulaceae, Ulmaceae Mirb. и др. формируются на облиственных побегах предыдущего года. Значительный интерес в исследовании интродуцированных растений представляет выяснение зависимости между их ритмикой развития и ходом температурного годового режима, многие фенологи отмечают прямую зависимость между началом фазы распускания почек и нарастанием до определенного предела сумм среднесуточных положительных активных и эффективных температур [4, 5]. Нами подобная зависимость установлена для фаз облиствения, цветения, плодоношения и роста побегов для аборигенных и интродуцированных растений. Установлена зависимость

между ритмикой развития исследуемых растений и нарастанием положительных активных температур (выше 0°С). Но более стабильной оказалась связь между ритмом развития и эффективными температурами (выше +5°С). У всех исследованных растений наблюдается в большей или меньшей степени, приуроченность ряда фаз развития к определенным суммам положительных активных и эффективных температур. Особенно сильно она проявляется у аборигенных растений (*Quercus robur* L., *Acer platanoides* L.), а также у североамериканского вида – *Robinia pseudoacacia* L. Тем не менее даже у местных растений разные вегетационные периоды резко отличаются по климатическим показателям. Также наблюдали определенные отклонения в суммах эффективных и активных температур, при которых начиналась та или иная фаза развития. Подобные аномалии фенологи объясняли сложностью связи между ритмикой развития и внешними условиями, и считают, что нельзя ожидать чисто математической зависимости между температурой с одной стороны и началом фенофазы с другой. Поэтому, очевидно, более характерными показателями связи между температурным режимом и ритмикой развития будут крайние значения сумм температур, т.к. отклонения между крайними значениями сумм эффективных температур незначительны.

Таким образом, для исследованных древесно-кустарниковых растений г. Донецка в основном характерен устоявшийся ритм развития, который следует за изменениями климатического ритма. Такое соответствие особенно четко проявляется в фазе роста побегов, цветения и плодоношения.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
2. Глухов, А. З. Информационно-аналитическая ботаника в решении вопросов экологического мониторинга / А. З. Глухов, А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 4. – С. 6-13. – DOI 10.5281/zenodo.18063342. – EDN LRBPGX.
3. Крамаренко, А. А. Способность древесных растений переносить экстримальные условия как результат сочетанного действия антропогенных факторов / А. А. Крамаренко // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2024. – Т. 1, № 16. – С. 117-122. – EDN SLYDVD.
4. Демьяненко, Т. В. Видовой состав древесных растений в городских насаждениях города Макеевки / Т. В. Демьяненко, Д. А. Джерелей // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 4. – С. 6-15. – DOI 10.5281/zenodo.14541697. – EDN ZFKQOV.
5. Солдатова, В. В. Биоэкологические аспекты оптимизации состава и структуры зеленых насаждений урбоэкосистем (на примере Саратовской области): специальность 03.02.08 "Экология (по отраслям)": диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Солдатова В. В., 2021. – 165 с. – EDN JHYCXH.

УДК 581.15:581.5

ЦИТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАСТЕНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ БИОИНДИКАЦИИ БЕЛЛИГЕРАТИВНЫХ ЛАНДШАФТОВ

Демьяненко Т.В., канд. биол. наук, ORCID 0009-0002-3798-3947,
Сорока М.В.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
tvdemianenko@mail.ru

Современный этап развития экологического мониторинга характеризуется возрастающей необходимостью разработки высокочувствительных методов диагностики состояния природных и антропогенно трансформированных экосистем [1–3]. Особую научную значимость данная проблема приобретает применительно к беллигеративным ландшафтам – территориям, природные компоненты которых подверглись прямому или опосредованному воздействию вооружённых конфликтов [4–7]. Специфика таких ландшафтов определяется сочетанием механических нарушений почвенно-растительного покрова, химического загрязнения, изменения физико-химических характеристик среды и комплексного воздействия стрессовых факторов на живые организмы.

Особый интерес в данном отношении представляет Донбасс – регион с длительной историей интенсивного промышленного освоения, на территории которого последствия военных воздействий накладываются на ранее сформировавшийся техногенный фон.

Целью исследования является научно-методологическое обоснование применения цитологического анализа растений-индикаторов для выявления и оценки цитотоксических и генотоксических эффектов в условиях беллигеративной трансформации ландшафтов Донбасса.

В качестве основного методического подхода предлагается сравнительный цитологический анализ, основанный на регистрации отклонений клеточных характеристик растений от контрольных значений.

Принципиально важным условием является формирование репрезентативной системы контроля, учитывающей природно-географические особенности региона, видовую принадлежность исследуемых растений и существующий уровень промышленного загрязнения. В методологическом отношении исследование предполагает анализ нескольких взаимодополняющих диагностических параметров.

Проведённое обобщение научных публикаций позволяет сформулировать несколько основных результатов, характеризующих перспективы применения цитологических методов к исследованию беллигеративных ландшафтов.

Первый результат заключается в обосновании диагностической значимости цитологических параметров для выявления биологических эффектов неблагоприятных факторов среды. Анализ литературных данных показывает, что митотический индекс, частота хромосомных нарушений и микроядерный тест характеризуют различные аспекты клеточного ответа и в совокупности обладают более высокой интерпретационной ценностью, чем каждый из показателей в отдельности.

Второй результат состоит в определении наиболее перспективной тест-системы для условий ограниченной лабораторной инфраструктуры. Использование корневой меристемы *Allium cepa* позволяет объединить относительную методическую простоту, воспроизводимость при стандартизированных условиях и возможность выявления широкого спектра цитологических нарушений. Это создаёт предпосылки для организации серийных сравнительных исследований растительных проб с территорий различной степени экологической трансформации.

Третий результат связан с разработкой концептуальной схемы дифференцированной оценки техногенного и беллигеративно обусловленного стрессового воздействия. Установлено на методологическом уровне, что для территорий Донбасса принципиально недостаточно простого сопоставления нарушенных и условно ненарушенных экотопов. Необходимо учитывать уже существующий промышленный фон, способный самостоятельно формировать цитотоксические и генотоксические эффекты. Следовательно, обнаружение цитогенетических нарушений в растительных клетках не может рассматриваться как самостоятельное доказательство воздействия именно военных факторов. Более обоснованная интерпретация возможна при совместном анализе цитологических показателей, пространственного распределения загрязняющих факторов и документированной истории трансформации исследуемых участков.

Четвёртый результат заключается в формировании предпосылок для пространственной визуализации цитогенетических изменений. Предлагается интегрировать данные цитологического анализа с геоинформационными материалами, отражающими расположение точек отбора проб, степень техногенной нагрузки и исторически установленные зоны военных воздействий. В перспективе это позволит формировать картографические модели пространственного распределения цитотоксических и генотоксических эффектов, выявлять участки с повышенными значениями биоиндикационных показателей и определять приоритетные территории для последующих экологических исследований.

Таким образом, основным результатом настоящего этапа работы является формирование научно обоснованной методической модели цитогенетической биоиндикации беллигеративных ландшафтов. Её

экспериментальная проверка и получение количественных региональных закономерностей рассматриваются как задачи дальнейшего исследования.

В заключение необходимо отметить, что развитие методов цитогенетической биоиндикации применительно к беллигеративным ландшафтам представляет собой перспективное междисциплинарное направление, находящееся на пересечении экологической цитологии, генотоксикологии, биогеографии и ландшафтной экологии.

Научная значимость предлагаемого подхода определяется возможностью перехода от преимущественно морфологической характеристики нарушений растительного покрова к количественной диагностике клеточных реакций на комплексные стрессовые воздействия.

Таким образом, цитологический анализ растений следует рассматривать как перспективный инструмент выявления и пространственной оценки биологических эффектов беллигеративной трансформации ландшафтов, способный дополнить традиционные методы экологической диагностики и сформировать доказательную основу для дальнейших исследований состояния нарушенных экосистем.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030), регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
2. Golubev, F. V. Biogeochemical Assessment of Donbass Landscapes Transformed by Military Actions // Ecologica. – 2026. – Vol. 33, No. 121. – P. 23-28. – DOI 10.18485/ecologica.2026.33.121.4. – EDN RIWZJZ.
3. Обзор основных тенденций и динамики загрязнения воздуха и почв в регионах Российской Федерации в период 1993-2023 годов / И. А. Федоркина и др. // Проблемы региональной экологии. – 2025. – № 1. – С. 17-21. – DOI 10.24412/1728-323X-2025-1-17-21. – EDN WZHRFT.
4. Nespirnyi, V. N. Statistical Analysis of Environmental Monitoring Data in Donbass Region // Ecologica. – 2025. – Vol. 32, No. 119. – P. 189-202. – DOI 10.18485/ecologica.2025.32.119.6. – EDN HMROLA.
5. Галактионова, Е. В. Детализация метода фитотестирования загрязненных почв по уязвимости апикальных меристем // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2025. – № 1. – С. 94-100. – DOI 10.5281/zenodo.14923403. – EDN COKPWL.
6. Гермонова, Е. А. Прогнозный сценарий фактора полемостресса в Донбассе на основании фитомониторинга // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 21-29. – DOI 10.5281/zenodo.15082154. – EDN BSMALQ.
7. Глухов, А. З. Информационно-аналитическая ботаника в решении вопросов экологического мониторинга // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 4. – С. 6-13. – DOI 10.5281/zenodo.18063342. – EDN LRBPGX.

УДК 581.5

ТРАНСФОРМАЦИЯ ТРАВЯНИСТОГО ПОКРОВА ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОЛЕМОСТРЕССА

Джантимирова А.А., ORCID 0009-0003-1279-2498
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
a.djantimirova@mail.ru

Фитоценозы Донбасса на протяжении более 12 лет испытывают сочетанное воздействие комплекса антропогенных факторов, так с 2014 г. природные системы региона подвергаются существенной трансформации вследствие беллигеративных воздействий. Одновременно изменение интенсивности промышленной и хозяйственной деятельности также отражается на состоянии растительных сообществ. В последние годы исследователи Донбасса ведут целенаправленный поиск критериев оценки состояния и способов реабилитации природных сред, подвергшихся деструктивным воздействиям [7].

Ответные реакции растительных организмов на комплексное воздействие полемостресса показаны в ряде исследований [4–6], что определяет необходимость изучения механизмов трансформации растительного покрова и разработки подходов к восстановлению нарушенных экотопов, включая методы фиторемедиации.

Зона нарушений при беллигеративном воздействии не ограничивается непосредственно воронками [6], поэтому при оценке влияния полемостресса на почвенно-растительный покров целесообразно учитывать ка прямые, так и косвенные воздействия. К прямым относятся физическое разрушение растительного и почвенного покрова, пожары, движение тяжелой техники и нарушение рельефа при сооружении земляных укреплений. Косвенные воздействия включают загрязнение среды фрагментами боеприпасов и остатками техники, а также изменения режима хозяйственного использования территорий [1].

Для оценки возможных сроков восстановления травянистых фитоценозов может быть полезен опыт исследований территорий падения первых ступеней ракет-носителей, где также наблюдаются масштабные механические нарушения почвенно-растительного покрова. П.П. Кречетов с соавторами [3] установили, что полное восстановление почв и растительных сообществ на таких участках может занимать не менее 15–20 лет. Эти данные могут быть использованы при анализе динамики беллигеративно нарушенных экотопов, однако прямое перенесение сроков требует учета различий в характере и интенсивности воздействий.

По оценке Г.Я. Дрозда [2], интенсивное применение боеприпасов способно приводить к повреждению значительных площадей почвенного

покрова. Автор приводит ориентировочные нормы расхода боеприпасов на единицу площади и отмечает, что формирующиеся воронки в зависимости от типа и влажности грунта, а также мощности боеприпаса могут достигать 1,5 м глубины и 3 м в диаметре. В зоне воздействия происходят механическое и термическое повреждение поверхностных горизонтов, перемещение и захоронение почвенных слоев, а также их загрязнение осколками и взрывчатыми смесями боеприпасов [2].

Наиболее выраженная реакция растительности связана с импульсным ударно-термическим воздействием взрыва, способным вызывать частичную или полную гибель фитоценозов. Площадь нарушений может увеличиваться вследствие техногенных пожаров и выгорания надземной растительной массы. Наряду с механическим и пирогенным воздействием существенное значение имеет химическое загрязнение, способное изменять условия произрастания и инициировать сукцессионные процессы [3].

Долговременные последствия пожаров беллигеративного происхождения включают пирогенную трансформацию почвы, снижение разнообразия почвенной биоты и развитие послепожарных сукцессий. На ранних стадиях восстановления возрастает роль пионерных и рудеральных видов; возможно проникновение адвентивных растений. Одновременно сокращается почвенный банк семян, а локальные популяции редких видов могут существенно уменьшаться. По данным исследований, приведенных в анализируемых источниках, по мере восстановления условий доля рудеральных видов снижается, а участие аборигенной травянистой растительности возрастает [3, 6].

В постконфликтных экотопах у видов с широкой экологической амплитудой могут проявляться структурные изменения, отражающие их реакцию на новые условия среды [6]. Поэтому при выборе видов для фиторемедиации необходимо учитывать не только их характеристики в ненарушенных местообитаниях, но и особенности функционирования в конкретных условиях прямого и косвенного полемостресса.

А.И. Сафонов и Ф.В. Голубев [6] показали, что формирование растительного барьера между загрязненной почвой и приземным слоем воздуха может повышать эффективность фиторемедиационных мероприятий и ограничивать нежелательные проявления инвазивности адвентивных видов. Перспективным диагностическим признаком при этом является структурная пластичность аборигенных растений-индикаторов, отражающая их адаптивные реакции на изменяющиеся условия среды.

Таким образом, трансформация травянистого покрова при полемострессе определяется совокупностью механических, термических, химических и опосредованных антропогенных воздействий. Оценка состояния таких экотопов должна учитывать не только степень первичного повреждения, но и направление последующих сукцессионных процессов.

Это необходимо для обоснованного выбора видов-индикаторов и технологий фиторемедиации нарушенных территорий Донбасса.

Следовательно, изучение травянистого растительного покрова при полемострессе часто оказывается более информативным, чем исследование только древесной растительности, поскольку травянистые растения быстрее отражают изменения условий среды, теснее функционально связаны с поверхностными горизонтами почвы и позволяют оценивать последствия нарушений одновременно на физиологическом, морфологическом, популяционном и фитоценотическом уровнях. С точки зрения функциональной диагностики главное преимущество травянистых растений заключается в возможности обнаруживать нарушения жизнедеятельности на ранних стадиях, а с точки зрения экологии растений – прослеживать изменение экологических стратегий, видового состава и механизмов восстановления растительных сообществ.

Работа выполнена в рамках государственного задания Донецкого государственного университета «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
2. Дрозд, Г. Я. Оценка деградации качества окружающей среды Донбасса вследствие годовых боевых действий // Агротехника и энергообеспечение. – 2023. – № 2(39). – С. 90-100. – EDN JZITUO.
3. Трансформация почвенно-растительного покрова на местах падений первых ступеней ракет-носителей / П. П. Кречетов, В. В. Неронов, Т. В. Королева, О. В. Черницова // Аридные экосистемы. – 2011. – Т. 17, № 1(46). – С. 55-64. – EDN NCBIPP.
4. Лесные экосистемы Донбасса в условиях боевых действий 2014-2025 годов / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань, А. О. Шкиренко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 3. – С. 57-68. – DOI 10.55355/snv2025143108. – EDN DKFXUZ.
5. Сафонов, А. И. Фитомониторинг беллигеративных ландшафтов Центрального Донбасса // Геоэкология на современном этапе развития наук о земле. – Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2025. – С. 354-357. – EDN WLEERU.
6. Сафонов, А. И. Экологический подход к фиторемедиации в новых условиях антропогенной трансформации ландшафтов Донбасса / А. И. Сафонов, Ф. В. Голубев // Овощи России. – 2026. – № 1. – С. 110-118. – DOI 10.18619/2072-9146-2026-1-110-118. – EDN EWFXOU.
7. Сафонов, А. И. Этапы подготовки материалов о полемострессе для белой книги Донецкой народной Республики // Экология родного края: проблемы и пути их решения. – Киров: ВятГУ, 2026. – С. 63-66. – EDN YKQDST.

УДК 581.15

ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЦВЕТКОВЫХ РАСТЕНИЙ КАК РЕАКЦИЯ НА ФАКТОРЫ НЕОАНТРОПОГЕННОГО СТРЕССА В ДОНБАССЕ

Добжанская А.В.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

Современные экосистемы Донбасса функционируют в условиях сочетанного воздействия длительной промышленной трансформации [1], горнодобывающей деятельности, урбанизации, химического загрязнения, изменения гидрологического режима, фрагментации местообитаний, пирогенных воздействий и других форм интенсивного антропогенного нарушения [2]. Такое наложение разновременных и разнотипных факторов целесообразно рассматривать как комплекс неоантропогенного стресса [3], отличительной особенностью которого является не действие единичного поллютанта, а формирование динамичной пространственно неоднородной среды с сочетанием химических, физических, эдафических, гидрологических и биотических стрессоров [4]. В этих условиях особое значение приобретает исследование фенотипической изменчивости цветковых растений как доступного интегрального показателя реакции растительного организма на состояние среды [5]. Рассматриваются основные направления морфологической изменчивости вегетативных и генеративных органов растений [6], фенологические сдвиги, изменение репродуктивного усилия и проявления нестабильности индивидуального развития [7]. Обосновывается возможность применения комплекса морфометрических показателей, включая параметры листовой пластинки, цветка, соцветия, семенной продуктивности и флуктуирующей асимметрии, для сравнительной оценки популяций вдоль градиентов техногенной нагрузки. Региональная специфика Донбасса позволяет рассматривать нам фенотипическую пластичность растений одновременно как механизм адаптивной устойчивости и как индикатор приближения организмов и популяций к пределам экологической толерантности.

Фенотипическая изменчивость цветковых растений включает широкий спектр обратимых и относительно устойчивых изменений признаков, возникающих в ответ на неоднородность условий среды. При этом принципиально важно различать адаптивную фенотипическую пластичность и нарушение стабильности индивидуального развития.

В качестве основной гипотезы исследования предложено следующее положение: с увеличением интегральной неоантропогенной нагрузки в популяциях цветковых растений Донбасса происходит закономерная перестройка структуры фенотипической изменчивости – на умеренном

уровне воздействия преобладают пластические модификации морфологических признаков, тогда как при усилении стрессовой нагрузки возрастает нестабильность индивидуального развития, увеличивается вариабельность и асимметрия морфологических структур и снижается репродуктивная эффективность растений.

Дополнительная гипотеза заключается в том, что аборигенные и адвентивные виды отличаются по диапазону допустимой фенотипической пластичности и характеру её реализации в нарушенных местообитаниях.

Научная новизна может быть связана не с самим использованием морфометрии, которое имеет длительную историю, а с рассмотрением фенотипической изменчивости в условиях нового сочетания факторов региональной среды. Перспективным является переход от анализа отдельных техногенных поллютантов к оценке комплексного неоантропогенного градиента и сопоставлению трёх групп реакций: адаптивной пластичности, нестабильности развития и репродуктивной состоятельности. В таком понимании морфологический признак перестаёт выступать только пассивным индикатором загрязнения. Он рассматривается как элемент многоуровневого адаптационного ответа, позволяющий оценивать, каким образом растение перераспределяет ресурсы, поддерживает устойчивость морфогенеза и сохраняет репродуктивную функцию в трансформированной среде.

Региональное исследование 2023-2026 гг. выделяет семь видов мохообразных с широкой амплитудой устойчивости к техногенному загрязнению. При сильном геохимическом воздействии регистрировались хлорозы, некрозы, гипо- и гипергенез, деформации, фасциации, пролиферации и изменения листового аппарата – сравнение с цветковыми.

Для травянистых растений доказательная база выше, – в многолетнем фитомониторинге Центрального Донбасса использовались *Berteroa incana*, *Capsella bursa-pastoris*, *Centaurea diffusa*, *Cichorium intybus*, *Diplotaxis muralis*, *Echium vulgare*, *Plantago lanceolata*, *P. major*, *Reseda lutea*, *Senecio vulgaris*, *Tanacetum vulgare*, *Tragopogon major*, *Tripleurospermum inodorum* и другие виды. Исследования 1996–2026 гг. показали изменения морфологии листа, архитектоники побега, розеточности, трихом, жилкования, покровных тканей, пыльцы и эмбриональных структур в зависимости от состояния экотопа.

При умеренном стрессе изменение размеров листа, розеточности, степени ветвления, плотности трихом, архитектуры побега и соотношения вегетативной и генеративной частей может иметь компенсаторно-пластический характер. Растение продолжает развиваться и сохраняет репродуктивную функцию.

При более сильном воздействии появляются дефектная пыльца, нарушения жилкования, тератогенные эмбрионы, фасциации, пролиферации, гипо- и гипергенез органов. Это уже правильнее

интерпретировать как дестабилизацию морфогенеза, то есть признак приближения к пределу толерантности, а не как полезную адаптацию. В наше региональной работе 2024-2026 гг. прямо разделены относительно стабильные и пластичные структурные показатели; наиболее информативными оказались морфология листьев, трихомы, розеточность, эмбриональные структуры и другие признаки, меняющиеся вдоль градиента нагрузки. Установлено, что действие комплекса неоантропогенных факторов в экосистемах Донбасса приводит к видоспецифической перестройке фенотипа цветковых растений, выражающейся в изменении размерных и аллометрических характеристик вегетативных органов, повышении нестабильности билатеральных структур и изменении параметров генеративной сферы; характер и амплитуда ответной реакции определяются жизненной формой и экологической стратегией вида.

Особенно значимым для Донбасса может стать создание региональной системы фенотипического биомониторинга, основанной на нескольких массовых модельных видах и стандартизированных морфометрических протоколах. Повторные наблюдения одних и тех же популяций позволят перейти от разовой экологической оценки к мониторингу динамики восстановления территорий.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030), регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса / С. В. Беспалова, А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
2. Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: Сборник материалов конференции. – Донецк: ДонНТУ, 2025. – 326 с. – EDN JBWGWI.
3. Васильева, Н. Н. Описательная морфометрия уязвимости листовой поверхности мхов в условиях Донбасса // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". 2026. Т. 1, № 18. С. 48-56. – EDN HGXBUJ.
4. Зусарь, К. Д. Анализ графических данных фитомониторинга в динамике полемостресса // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 91-98. – EDN NHYCBI.
5. Сафонов, А. И. Опыт фитоиндикационной оценки антропогенных экотопов Донбасса (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. – 2025. – № 2. – С. 16-29. – DOI 10.25750/1995-4301-2025-2-016-029. – EDN YOFKTG.
6. Гермонова, Е. А. Прогнозный сценарий фактора полемостресса в Донбассе на основании фитомониторинга // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 21-29. – DOI 10.5281/zenodo.15082154. – EDN BSMALQ.
7. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. – 289 с. – EDN QVJSQE.

УДК 631.453:631.618:504.53:622

ОСНОВНЫЕ ЭДАФИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ВЕГЕТАЦИОННЫЕ ИНДЕКСЫ NDVI ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ ДОНБАССА

Достовалова Д.А.[1], Глухов А.З.[1], д-р биол. наук, проф.,
Подгородецкий Н.С.[2], канд. техн. наук, доц.
[1]ФГБНУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, РФ
[2]Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал ФГБОУ ВО «Московский национальный государственный строительный университет», г. Макеевка, ДНР, РФ
donetsk-sad@mail.ru, mailbox@donnasa.ru

Донбасс – антропогенно измененный регион, большая часть территорий которого представлена трансформированными типами почв - урбаноземами, техноземами, реплантоземами. Основными представителями антропогенно трансформированных типов почв являются шахтные отвалы горнодобывающих предприятий. Шахтные породные отвалы оказывают значительное воздействие на прилегающие территории. Породные отвалы подвержены процессам эрозии и засоления. Попадание дренажных вод в миграционные потоки влияет на грунтовые и поверхностные воды [1, 2]. Химико-экологические параметры почв являются определяющими при постановке вопроса их продуктивности и пригодности для посадки и успешного произрастания растений. Исследованию химико-экологических свойств почв, таких как радиоактивность, электропроводность (засоленность), влажность, освещенность, кислотно-щелочной баланс (pH), температура, посвящено много работ и трудов [3].

В последнее время при анализе данных наблюдения за состоянием растительного покрова широко используется вегетационный индекс NDVI. Информация в ближнем и видимом инфракрасном диапазоне зависит от цвета земной поверхности (отражательной и излучательной способности), что позволяет идентифицировать растительность и ее изменения [4, 5].

Цель – изучение химических и экологических свойств антропогенных почв, образовавшихся в результате рекультивации угольных отвалов, а также оценка эффективности рекультивации с использованием вегетационного индекса NDVI.

В настоящей статье модельными были выбраны отвалы разной конфигурации и разного типа для сравнения показателей химического состава субстратов и пород и прослеживания динамики сукцессионного формирования растительности. В качестве модельных объектов исследования выбраны девять шахтных породных отвалов – отвал шахты

5/6 имени Димитрова (г. Донецк) (плоский, рекультивированный), шахты бывшей 6\14 (г. Макеевка) (плоский, рекультивированный), шахты Заперевальная (г. Донецк) (плоский, рекультивированный), шахты № 9 Капитальная (г. Донецк) (плоский, рекультивированный), а также четыре отвала Центрально-обогатительной фабрики (ЦОФ) «Чумаковская» (г. Донецк) (конические, потухшие, перегоревшие) и отвал шахты имени М.И. Калинина (плоский, действующий горящий, частично рекультивированный). Отвалы расположены в черте городов в непосредственной близости от жилых зон, культурных и образовательных учреждений. Выбор отвалов обусловлен необходимостью сравнения химического и размерного состава отвалов до и после проведения фиторемедиационных мероприятий.

Замеры химико-экологических показателей отвалов: электропроводности, влажности почвы и атмосферного воздуха, освещенности, температуры почвы, кислотно-щелочного баланса (pH) проводились в мае 2026 года на разных ярусах породных отвалов с использованием интеллектуального анализатора почвы ST-03 (рис. 4). Замеры амбиентной дозы и мощности амбиентной дозы фотонного (гамма- и рентгеновского) излучения, измерение плотности потока бета-частиц, оценка плотности потока альфа-частиц от поверхности исследуемых породных отвалов проводились лабораторным дозиметром- радиометром МКС- 01СА1. Дистанционное программное моделирование и расчет вегетационных индексов NDVI рекультивированных отвалов проводились с использованием снимков местности Sentinel-2, а также программного комплекса QGIS 3.30 и языка программирования Python. Достоверность значений доказана с использованием программы STATISTICA.

В ходе анализа выявлена критически низкая электропроводность рекультивированных отвалов наравне с нормальными показателями на отвале ЦОФ «Чумаковская» № 1 и отвале шахты имени М.И. Калинина, где частично на северном склоне выполнены посадки древесных и травянистых растений. Скачок электропроводности выявлен на одном участке отвала ЦОФ «Чумаковская» № 4 предположительно ввиду замеров в участке, на котором ранее вносились дополнительные удобрения и совершались пробные посадки растений, в ходе которых никакого проращивания семян не наблюдалось (имеются отчетливо выраженные террасы и разметки мест посева). Пробные замеры амбиентной дозы и мощности амбиентной дозы фотонного (гамма- и рентгеновского) излучения, измерение плотности потока бета-частиц, оценка плотности потока альфа-частиц от поверхности исследуемых породных отвалов выявили, что при диапазоне от 0,05 до 0,4 мкЗв/ч (нормативный показатель естественного радиационного фона для человека) показатели в породе отвалов варьировались от 0,09 до 0,34 мкЗв/ч, что является нормой. Касаемо кислотно-щелочного баланса отвалов, среда всех отвалов классифицируется как нейтральная либо слабощелочная (pH =

7,0-7,5). Влажность почвообразующих субстратов и пород, а также атмосферного воздуха находится в пределах нормы, является оптимальной для произрастания растений. Температура субстратов и пород незначительно отличается от температуры воздуха (не беря в учет очаги горения). Освещенность отвалов варьируется от 4000 до 500000 люкс, что объясняется наличием затененных и открытых участков, повышенными ветровыми потоками на северном склоне, наклоном участка замера и т.д. На отвале шахты 5/6 имени Димитрова индекс NDVI составил 0,4–0,55, а на некоторых участках даже превысил 0,6. Наравне с этим на отвалах шахт 6/14, Заперевальная и № 9 Капитальная индекс NDVI варьировался от 0,3 до 0,4. Динамика индекса NDVI по всем отвалам свидетельствует об успешности работ по рекультивации и установлении стабильного растительного покрова.

Согласно индексу NDVI, устойчивое развитие травянистых растений наблюдалось на отвалах всего через два года после рекультивации. Результаты исследования показали потенциал использования данных дистанционного зондирования для фиксации изменений и оценки состояния ландшафтов, затронутых горнодобывающей деятельностью.

Работа выполнена в рамках государственных заданий ФГБНУ Донецкий ботанический сад по темам «Классификация почвенно-растительного покрова с помощью методов дистанционного зондирования Земли» (Регистрационный № 124101500495-0) и «Комплексное изучение биоресурсного потенциала растений мировой флоры для содействия экологической стабилизации и устойчивого развития» (Регистрационный №126020616725-0).

Список литературы

1. Жуков С. П. Слияние рекультивированных отвалов шахт с городским ландшафтом как вариант экологической оптимизации старопромышленных территорий // Сборник научных трудов Государственного Никитского ботанического сада, 2018. Т. 147. С. 210–211. EDN YAJZTV.
2. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
3. Петрович Э.А. Воспроизводство плодородия почв – основа сохранения и увеличения продуктивности земледелия / Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. - 2015. - № 3. - С. 79–85.
4. Mitrakova N.V., Khayrulina E. A., Perevoshchikova A. A. Chemical and ecological properties of soils and the NDVI analysis on reclaimed sulfide coal waste dumps in the boreal zone // Mining science and technology (Russia). – 2024. – 9(4). - P. 406-419. DOI 10.17073/2500-0632-2024-04-206.
5. Куулар Х.Б. Индикация состояния окрестностей горно-обогатительных комбинатов Тувы по данным Landsat // Дистанционное зондирование и мониторинг земель. – 2018. - Т. 62, № 6. - С. 685-694. DOI 10.30533/0536-101X-2018-62-6-685-694

УДК 551.583+630*266

ТРЕНДЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ЛНР И ИХ СВЯЗЬ С ВОДНОСТЬЮ РЕГИОНА

Доценко О.Г., канд. техн. наук, доц., ORCID ID 0009-0005-7782-9890,
Корецкая Е.Г., ORCID ID 0009-0001-3951-5701
ФГБОУ ВО «Донбасский государственный технический университет»,
г. Алчевск, ЛНР, РФ
elenakorangel@mail.ru

Южная часть ЛНР относится к северостепной подзоне с умеренно засушливым климатом и годовым количеством осадков 450–470 мм [1]. В последние десятилетия здесь участились случаи критического обмеления рек (2020, 2024 гг.), в частности реки Белой и Исаковского водохранилища. Обмеления проявляются в периоды засух. Так, в 2024 году была зафиксирована гидрологическая засуха, количество осадков снизилось до 188 мм [2,3]. Среди причин участившихся засух называют климатические изменения, проявляющиеся в росте температуры, изменении режима осадков и отсутствии устойчивого снежного покрова в зимний период. Ситуацию усугубляют техногенные последствия закрытия угольных шахт, приведшего к нарушению гидрогеологического режима [4].

Цель работы – на основе 76-летнего ряда метеорологических данных выявить основные тренды изменения климата на территории ЛНР и определить их возможные причины, что позволит в дальнейшем разработать мероприятия по улучшению водности региона. Предпосылкой исследования служит предварительный анализ, указывающий на смену преобладающих румбов ветра и деградацию лесополос как на возможные факторы роста засушливости.

Методы исследования: статистический анализ многолетних рядов метеорологических данных из архива Copernicus Climate Data Store [5] (температура, осадки, скорость и направление ветра), суммирование почасовых значений осадков для годовых и сезонных сумм, расчет средних температур, метод повторяемости румбов, графическое представление результатов, сравнительный анализ.

Данные были разделены на три 25-летних периода (1950-1974, 1975-1999 и 2000-2026 гг.) и сгруппированы по месяцам. Для каждого месяца и периода получены средние значения температуры воздуха и осадков (рис.). Годовые осадки 2000-2026 гг. сопоставимы с осадками периода 1950-1974 гг. Период 1975-1999 был более водным (рис. 1а), преимущественно в период с апреля по сентябрь. На рис. 1б видна тенденция к потеплению, однако, теплое время года в 1975-1999 гг. было прохладнее, чем 1950-1974 гг.

Причины аномально водного и прохладного периода 1975-1999 гг. требуют отдельного исследования. Предположительно, повлияли полезащитные лесополосы, созданные в 1948-1955 гг. Лесополосы способны снижать скорость ветра на 25-30 %, уменьшать турбулентный обмен, перераспределять снежный покров и сокращать испарение [6]. Сажали преимущественно белую акацию, которая набирает силу через 20–40 лет, а в возрасте 45–60 лет в степных условиях ослабевает. То есть период 1975-1999 гг. соответствует пику защитного действия полос, а с 2000-х началась их деградация.

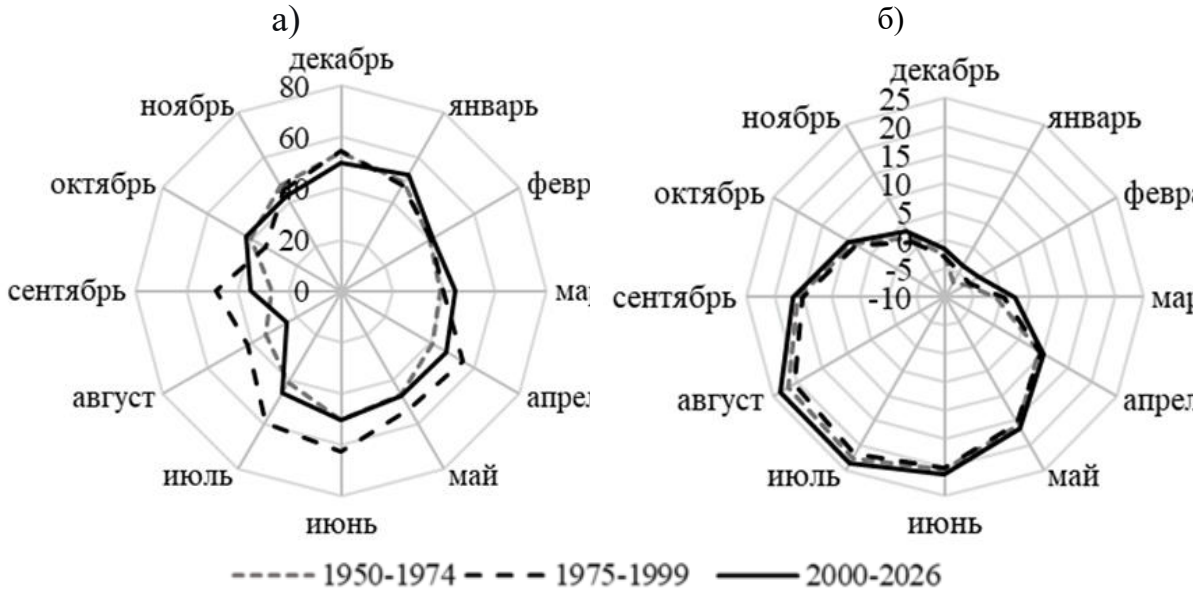


Рис. – Динамика изменения: а) количества осадков (мм),
б) температуры атмосферного воздуха

Предварительный анализ показал сезонный сдвиг преобладающих румбов ветра. Если в 1950–1974 гг. зимой преобладали восточные и юго-восточные (сухие и холодные) ветры, то в 2000–2026 гг. – южные и юго-западные (теплые и влажные). Летом, напротив, доля западных ветров снизилась, а восточных и юго-восточных возросла. Этот сдвиг совпал с деградацией полезащитных лесополос.

Смена направления ветров, вероятно, связана с изменением фазы Северо-Атлантического колебания (NAO). В фазе NAO+ усиливается западный перенос, в фазе NAO- – возрастает повторяемость восточных и юго-восточных ветров. Цикличность NAO нестабильна, длительность циклов колеблется от 5-10 до 25–30 лет. Одновременно наблюдается снижение скорости ветра, особенно зимой (январь: с 3,63 до 3,51 м/с), что согласуется с общероссийскими трендами [7].

Анализ данных за 1950–2026 гг. показал существенные изменения климата на территории ЛНР.

Устойчиво растет среднегодовая температура (особенно зимой),

– меняется структура осадков (при отсутствии линейного тренда растет экстремальность),

– снижается скорость ветра и происходит сезонный сдвиг румбов.

Эти изменения совпали с деградацией полезащитных полос, что могло усилить засушливые условия.

Ряд вопросов остается открытым:

– периодичность засух и как она изменилась?

–почему 1975–1999 гг. были более водными и прохладными летом?

– какова роль снежного покрова в формировании засух?

–какими глобальными тенденциями объясняется сезонный сдвиг румбов?

– какова количественная роль лесополос в смягчении засух?

Все они требуют дальнейшей проработки.

Исследования выполнены за счет средств федерального бюджета (код темы: FRRU-2024-0004 в ЕГИСУ НИОКТР).

Список литературы

1. Симоненко, В. Д. Очерки о природе Донбасса / В. Д. Симоненко. – Донецк: Донбасс, 1977. – 149 с.
2. Применение гидроакустического комплекса Lowrance Elite FS 9 для мониторинга морфометрических характеристик Исаковского водохранилища в условиях гидрологической засухи / В. П. Долгих, Н. П. Кусайко, А. Н. Майборода, А. О. Черников // Экологический вестник Донбасса. – 2026. – № 1(17). – С. 14-21. – EDN JOMFUP.
3. Маловодье в Луганской Народной Республике // Министерство природных ресурсов и экологии Луганской Народной Республики: официальный сайт. – URL: https://mpr.lpr-reg.ru/ (дата обращения: 14.09.2026).
4. Умаров, Т. С. Изменение водного режима в зоне отработки угольных месторождений / Т. С. Умаров, А. И. Абдурасулов, А. Р. Абдиев // Наука и новые технологии. – 2014. – № 7. – С. 62-64. – EDN YRDTKB.
5. Copernicus Climate Data Store / Copernicus Climate Change Service; European Centre for Medium-Range Weather Forecasts. – URL: https://cds.climate.copernicus.eu/ (дата обращения: 31.08.2026).
6. Кретинин, В. М. Гидрология агролесоландшафта: монография / В. М. Кретинин. – Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2020. – 124 с.
7. Булыгина, О. Н. Мониторинг режима ветра на территории Российской Федерации / О. Н. Булыгина, Т. В. Дементьева // Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации - Мирового центра данных. – 2018. – № 182. – С. 8-18. – EDN ZZDACL.

УДК 581.15:581.5 (477)

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ПОЛЕМОСТРЕССА В ЦЕНТРАЛЬНОМ ДОНБАССЕ ПО ДАННЫМ ЛАНДШАФТНО-ФИТОИНДИКАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА

Еременко Л.А.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

Интенсивная техногенная и беллигеративная трансформация ландшафтов обусловливает необходимость разработки методов экологической диагностики [1–3], способных интегрировать биоиндикационные данные [4, 5] с пространственным анализом состояния экотопов [6, 7].

Центральный Донбасс относится к территориям с длительной историей интенсивного промышленного освоения, в пределах которых техногенное воздействие сформировало устойчиво трансформированную структуру природно-территориальных комплексов. В последние годы к традиционным промышленным факторам нагрузки добавился комплекс воздействий, обусловленных военными процессами. В результате формируется принципиально сложная система множественных стрессоров, пространственная конфигурация и интенсивность которых характеризуются значительной гетерогенностью.

В подобных условиях инструментальный мониторинг отдельных компонентов среды не всегда позволяет интегрально охарактеризовать последствия сочетанного воздействия факторов. Фитоиндикационный подход представляет особую ценность, поскольку состояние растения формируется как результат аккумуляции внешних воздействий во времени. Морфологические, репродуктивные и структурно-функциональные изменения растений в данном случае могут рассматриваться в качестве интегрального биологического отклика экосистемы на изменение параметров среды.

Для характеристики специфического комплекса воздействий в зонах, непосредственно или опосредованно связанных с военными процессами, используется понятие полемостресса, под которым понимается совокупное стрессовое воздействие беллигеративных факторов, диагностируемое по состоянию биологических объектов-индикаторов. Пространственная интерпретация таких данных требует перехода от локальных наблюдений к геоинформационной модели, в которой каждому пункту наблюдений соответствует количественная или ранговая характеристика состояния экотопа.

Целью исследования являлась пространственная параметризация полемостресса в экотопах Центрального Донбасса на основе интеграции

фитоиндикационных наблюдений и ГИС-технологий для выявления зон различной степени экологической трансформации, оценки направленности их изменений и обоснования применения полученных данных в системе территориального экологического мониторинга.

На аутфитоиндикационном уровне учитывались структурные признаки растений-индикаторов, прежде всего представителей сорной фракции флоры, проявлявших морфологическую атипичность надземных вегетативных и генеративных органов. Такие отклонения рассматривались как интегральные проявления нарушения нормального морфогенеза под воздействием комплекса факторов среды.

Для количественно-пространственной характеристики использовали индекс полемостресса FWiD. Общий диапазон его значений подвергали интервальной стратификации с последующей картографической визуализацией. Экспериментально использована семиступенчатая система дифференциации значений, обеспечивающая контрастное пространственное разграничение участков с относительно стабильным состоянием растительности и территорий с выраженной стрессовой реакцией. Для отдельного анализа области высоких значений применялась дополнительная пятиступенчатая дифференциация, позволившая повысить разрешающую способность картографической интерпретации в наиболее нарушенных экотопах.

Сопоставление последовательных картографических состояний осуществлялось посредством классификации территории по трём агрегированным уровням состояния: низкому, промежуточному и высокому. Оценивали долю территории каждого класса и пространственные переходы между классами. Прогностическая компонента исследования представляла собой сценарную экстраполяцию выявленного пространственного тренда, а не детерминированную физико-математическую модель, вследствие чего её результаты интерпретировались как ориентировочный сценарий при условии сохранения наблюдаемого направления процессов.

Использование семиступенчатой системы классификации позволило дифференцировать выраженные области повышенного полемостресса в пределах территорий Весёлого, Песок, микрорайона Спартак, Донецко-Марьинского направления и Горловско-Енакиевской агломерации. Дополнительный анализ максимальных значений показал формирование протяжённых зон высокого стресса в пределах Ясиноватой, Пантелеймоновки и Горловки. Причём повышенный уровень нарушений диагностировался одновременно по вегетативным и генеративным признакам растений-индикаторов, что усиливает интерпретацию выявленных участков как территорий комплексного стрессового воздействия.

Пространственная структура минимальных значений имела иной характер. Площадь участков, соответствующих наиболее благоприятным диапазонам показателя, составляла менее одной пятой общей территории наблюдений. Участки с относительно благоприятными характеристиками выявлены в восточном секторе Донецка и северо-восточной части Макеевки. Наиболее выраженные зоны сохранения природных характеристик регистрировались между Зуевкой и Шахтёрском, а также южнее – между Русско-Орловкой и Степано-Крынкой.

При картографическом анализе установлено, что диагностически значимым показателем является не только абсолютная величина индекса, но и пространственная ширина переходной зоны между соседними классами. Наличие таких локалитетов на фоне общей антропогенной трансформации может свидетельствовать о сохранении буферного и авторегуляционного потенциала растительного компонента экосистем. С экологической точки зрения данный результат имеет принципиальное значение, поскольку показывает отсутствие полной необратимости трансформационных процессов на всей исследуемой территории: при снижении интенсивности стрессора отдельные фитоценотические системы способны демонстрировать признаки восстановления.

Список литературы

1. К вопросу об использовании активного биомониторинга на урбанизированной территории в Арктике / А. Р. Никулина, М. Г. Опекунова, В. Прохорова [и др.] // Материалы Международного конгресса молодых учёных по биологии и экологии растений. – Минск: БГУИР, 2026. – С. 519-522. – EDN JFKGES.
2. A Case Study of Environmental Biomonitoring in an Urbanized Arctic Area (Novy Urengoy Urban District) / M. G. Opekunova, A. R. Nikulina, A. Yu. Opekunov [et al.] // Contemporary Problems of Ecology. – 2026. – Vol. 19, No. 4. – P. 532-547. – DOI 10.1134/S1995425526700198. – EDN TGATNS.
3. Экологический мониторинг состояния техногенно нарушенных земель: эдафический подход к биологической рекультивации / Т. М. Минкина, Д. В. Сыщиков, И. В. Агурова [и др.] // Промышленная ботаника. – 2026. – Т. 26, № 2. – С. 76-88. – DOI 10.5281/zenodo.21493538. – EDN JPFMOL.
4. Иванников, С. И. Инструментальный нейтронно-активационный анализ: современное состояние и перспективы / С. И. Иванников, Н. С. Маркин, Л. А. Земскова // Аналитика. – 2026. – Т. 16, № 4. – С. 252-263. – EDN BBAATZ.
5. Сафонов, А. И. Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса // Донецкие чтения 2018. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2018. – С. 216. – EDN YPAMWD.
6. Епринцев, С. А. Оценка комфортности городской среды при воздействии промышленно-транспортного потенциала // Региональные эколого-географические и туристско-рекреационные исследования. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2026. – С. 216-220. – EDN NABRGA.
7. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.

УДК 581.5

НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ РАСТЕНИЙ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОЕКТНОЙ МАСТЕРСКОЙ «ПРОСВЕТ»

Жижко А.П.
ФГБУ «Объединенная дирекция особо охраняемых природных территорий Донецкой Народной Республики», г. Донецк, РФ
lady_anna_zhizhko@mail.ru

Современные исследования в области ботаники и экологии растений приобретают особую значимость в условиях возрастающей антропогенной нагрузки на природные экосистемы [1, 2], трансформации растительного покрова [3, 4], необходимости сохранения биологического разнообразия и восстановления нарушенных территорий [5, 6].

Для Донбасса особую актуальность представляют изучение флористического разнообразия, мониторинг состояния растительности природных и урбанизированных территорий, оценка устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды, сохранение редких видов и разработка научных подходов к восстановлению растительных сообществ.

Решение перечисленных задач требует не только развития фундаментальных и прикладных исследований, но и формирования нового поколения исследователей, владеющих современными методами изучения растительного мира [1, 3, 7]. Одной из перспективных форм приобщения школьников и студентов к научной деятельности является проектная мастерская естественно-научного профиля «ПроСвет».

В 2025–2026 учебном году программа мастерской объединила различные естественно-научные направления, включая биологию и экологию. Особое значение приобрело взаимодействие с учёными биологического факультета Донецкого государственного университета, позволившее познакомить обучающихся с актуальными исследованиями в области ботаники и экологии растений.

Цель работы – систематизировать научные направления в области ботаники и экологии растений, представленные в ходе взаимодействия проектной мастерской «ПроСвет» с учёными Донецкого государственного университета, и определить их значение для развития исследовательских компетенций и ранней профессиональной ориентации обучающихся.

Анализ научных направлений кафедры ботаники и экологии ДонГУ позволил выделить шесть взаимосвязанных тематических блоков, представляющих интерес для проектно-исследовательской деятельности обучающихся.

1. Изучение флоры и растительности. Оно объединяет флористические, систематические, экологические и геоботанические

исследования, инвентаризацию видов растений, изучение растительных сообществ и особенностей их распространения. Особое внимание уделяется редким и исчезающим видам, сохранению природного биоразнообразия и научному обоснованию охраны растительных сообществ. Данное направление может стать основой школьных исследований видового разнообразия растений отдельных территорий, состояния природных и искусственных фитоценозов.

2. Экологический мониторинг и фитоиндикация. Научный интерес представляет изучение растений как индикаторов состояния окружающей среды. Изменения морфологических и физиологических характеристик растительных организмов могут отражать особенности экологических условий и воздействие неблагоприятных факторов. Перспективными являются исследования индикаторных свойств лишайников, мохообразных, водорослей и цветковых растений, а также оценка состояния городской растительности.

3. Охрана и восстановление растительных экосистем. Оно связано с изучением антропогенной трансформации природных территорий, вопросами заповедного дела, сохранением ценных растительных сообществ и разработкой подходов к экологической реабилитации нарушенных земель. Особое значение имеет изучение возможностей использования растений для биомониторинга и фиторемедиации – снижения загрязнения окружающей среды с помощью растительных организмов.

4. Изучение полезных, декоративных, тропических и субтропических растений. Оно включает исследование биологических особенностей растений, способов их размножения, адаптации к различным условиям выращивания и возможностей практического использования. Это направление особенно интересно для организации экспериментальной работы школьников, знакомства с коллекциями ботанических садов и проведения наблюдений за ростом и развитием растений.

5. Фитодизайн, озеленение и ландшафтная архитектура. Исследования в данной области ориентированы на научно обоснованный подбор растений для озеленения населённых пунктов, разработку ландшафтных композиций и повышение экологической устойчивости зелёных насаждений. В рамках проектной деятельности данное направление может быть реализовано через изучение ассортимента декоративных растений, оценку состояния городского озеленения и разработку проектов благоустройства территорий.

6. Научно-методические исследования и экологическое образование. Особую роль играет разработка способов вовлечения школьников в исследовательскую деятельность, повышение их экологической грамотности и формирование устойчивого интереса к биологическим наукам. Именно это направление непосредственно связывает научные исследования кафедры с образовательной концепцией мастерской «ПроСвет».

Взаимодействие проектной мастерской «ПроСвет» с учёными и студентами ДонГУ создало условия для знакомства школьников с содержанием современной ботанической науки и профессиональной деятельностью исследователей. Сочетание научно-популярных встреч, знакомства с университетскими исследованиями и практических ботанических заданий способствует формированию образовательной среды, ориентированной на развитие исследовательского мышления.

Перспективным направлением дальнейшей работы является организация совместных школьно-студенческих проектов по изучению флоры Донбасса, экологическому мониторингу растительности, фитоиндикации, сохранению редких растений и восстановлению нарушенных экосистем. Развитие сотрудничества между организациями, университетом и ботаническим садом может обеспечить преемственность научного образования и содействовать подготовке будущих специалистов в области биологии, ботаники, экологии и охраны природы.

Опыт проектной мастерской «ПроСвет» показывает перспективность объединения научного потенциала университета и педагогических технологий проектного обучения. Важнейший результат такого взаимодействия заключается в создании условий, при которых обучающиеся получают возможность познакомиться с реальной научной деятельностью, определить собственные исследовательские интересы и сделать первые шаги к профессиональному изучению растительного мира.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
2. Сафонов, А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN YPPBQC.
3. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. – 289 с.– EDN QVJSQE.
4. Определение порогов чувствительности биоиндикаторов на действие экологически неблагоприятных факторов среды / С. В. Беспалова, О. С. Горецкий, А. З. Глухов [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2010. – № 1(10). – С. 9-25. – EDN DGQGOX.
5. Сафонов, А. И. Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса // Донецкие чтения 2018. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2018. – С. 216. – EDN YPAMWD.
6. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
7. Сафонов, А. И. Специфика образовательных технологий на кафедре ботаники и экологии ДонНУ при подготовке студентами выпускных квалификационных // Развитие интеллектуально-творческого потенциала молодежи: из прошлого в современность. – Донецк: ДонНУ, 2018. – С. 274-275. – EDN YYPGBF.

УДК 635.9+ 581.5 (477.60)

ИНВАЗИВНЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ ВИДЫ В КУЛЬТУРНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ДОНЕЦКА

Жуков С.П., канд. биол. наук, ORCID 0009-0003-1653-6424,
Лихацкая Е.Н., ORCID 0000-0003-0761-4219
ФГБНУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, РФ
ser64luk@yandex.ru, lehatskaya@mail.ru

Внедрение в городские насаждения инвазивных древесных растений ведет как к нарушению структуры фитоценозов и изменению экологических параметров местообитаний, так и к угнетению и замене исходно использованных видов на инвазивные. Часто инвазивные виды проявляют и аллергенную активность, ухудшая городскую среду.

Цель исследования – анализ инвазионной активности древесных видов растений культурной флоры в условиях г. Донецка.

Такие виды, как *Acer negundo* L., уже известны как инвазивные растения и в насаждениях г. Донецка занимают значительную долю, а также активно распространяются самосевом как в культурные насаждения, так и на свободные земли. Во многих регионах они внесены в Чёрные книги, и осуществляются мероприятия по контролю их численности и распространения. Американские виды ясеней также можно отнести к их числу, хотя поражение их новым вредителем, *Agrilus planipennis* Fairmaire, может скоро ограничить успешность этих видов в наших условиях. Но есть в культуре и ряд видов, которые находятся в начале активного расселения и еще можно поставить этот процесс под контроль или остановить. Иногда это виды, уже довольно длительное время применявшиеся в озеленении региона, но в связи с изменениями климата адаптировавшиеся к местным условиям, как *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, который может вести к сменам доминанта, как наблюдается на отвале шахты Заперевальная. Высокий потенциал к расселению демонстрируют и такие лианы, как *Campsis radicans* (L.) Seem. ex Bureau и *Clematis vitalba* L. Пока их сдерживает ограниченное число локаций, но необходимо отслеживать состояние популяций.

Таким образом, в г. Донецке широко представлены виды, давно числящиеся среди инвазионно опасных, но в культурных насаждениях имеются и новые виды с высоким инвазивным потенциалом, что требует принятия мер по их мониторингу и контролю за использованием.

Исследования проводились в рамках государственного задания ФГБНУ ДБС по теме № 126020616725-0.

УДК 581.15:581.5

ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ВЕБ-КВЕСТА «БИОНИКУЛЫ»: РОЛЬ ВИДЕОВОПРОСОВ В АКТУАЛИЗАЦИИ БОТАНИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ БУДУЩИХ СТУДЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА

Заболотная М.П.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
afedra_botaniki_ecologii@mail.ru

В условиях цифровой трансформации биологического образования особую актуальность приобретает разработка научно обоснованных форм организации познавательной деятельности обучающихся [1–3], обеспечивающих интеграцию фундаментальных естественно-научных знаний, регионального биологического компонента [4, 5] и интерактивных образовательных технологий [6, 7].

Одной из таких форм является межрегиональный образовательный веб-квест «БИОНИКУЛЫ», реализуемый в г. Донецке (ГБОУ "Школа №97 г.о. Донецк" ДНР). Мероприятие представляет собой комплекс интеллектуально-познавательных и исследовательски ориентированных заданий, направленных на развитие естественно-научной грамотности, экологического мышления и предпрофессиональных компетенций школьников. Особую научно-методическую значимость приобретает включение в структуру веб-квеста видеовопросов ботанической направленности, позволяющих актуализировать знания в области систематики, морфологии, экологии и географии растений. Региональная специфика флоры Донбасса, характеризующейся сочетанием степных, петрофитных растительных сообществ, обеспечивает содержательную основу для формирования представлений о флористическом разнообразии, экологической пластичности и адаптивных стратегиях высших растений.

Научно-методическое обоснование применения видеовопросов в образовательном веб-квесте «БИОНИКУЛЫ» как инструмента актуализации ботанических знаний, формирования исследовательских компетенций и развития предпрофессиональной готовности школьников, ориентированных на поступление на биологический факультет ДонГУ.

Материалами исследования послужили организационно-методические материалы веб-квеста «БИОНИКУЛЫ», образовательные видеосюжеты, материалы ботанического музея Донецкого государственного университета, а также флористические сведения о природной растительности Донбасса.

В качестве модельных объектов для формирования ботанического блока видеозаданий выделены десять представителей региональной

природной флоры: *Stipa capillata* L. – ковыль волосатик (Poaceae), *Stipa lessingiana* Trin. & Rupr. – ковыль Лессинга (Poaceae), *Salvia nutans* L. – шалфей поникающий (Lamiaceae), *Paeonia tenuifolia* L. – пион тонколистный (Paeoniaceae), *Iris pumila* L. – ирис карликовый (Iridaceae), *Thymus marschallianus* Willd. – тимьян Маршалла (Lamiaceae), *Adonis volgensis* Steven ex DC. – горицвет волжский (Ranunculaceae), *Artemisia austriaca* Jacq. – полынь австрийская (Asteraceae), *Eryngium campestre* L. – синеголовник полевой (Apiaceae), *Tulipa biebersteiniana* Schult. & Schult. f. – тюльпан Биберштейна (Liliaceae).

Методологическую основу составили системно-деятельностный, компетентностный и проблемно-ориентированный подходы, дополненные методами сравнительно-морфологического, эколого-фитоценотического и таксономического анализа. Предлагаемая структура видеовопросов предусматривает визуализацию диагностически значимых морфологических признаков растений с последующей постановкой проблемного задания, требующего идентификации таксона, определения экологической группы, интерпретации адаптивных особенностей и установления фитоценотической приуроченности вида.

Дидактическая модель основывается на принципах научной достоверности, регионализации содержания образования, мультимодальной наглядности, когнитивной активизации и контекстуализации биологических знаний.

Анализ практики реализации веб-квеста «БИОНИКУЛЫ» свидетельствует о возможности интеграции традиционного естественно-научного содержания с цифровыми формами интеллектуально-познавательной деятельности. В частности, в рамках веб-квеста «БИОНИКУЛЫ 4.0» в 2024 году было организовано восемь этапов, объединивших 268 зарегистрированных школьников из 19 образовательных организаций пяти городов.

Существенным элементом развития проекта стало использование видеоматериалов, созданных с привлечением музейных коллекций биологического факультета ДонГУ. Подобный формат позволяет представить ботанические объекты не только как иллюстративный материал, но и как источники первичной биологической информации, требующей самостоятельного анализа. Научно-методическая интерпретация видеозаданий позволяет выделить три взаимосвязанных когнитивных компонента: актуализацию имеющихся знаний, морфологическую идентификацию биологических объектов и эколого-таксономическую интерпретацию наблюдаемых признаков.

Так, сравнительный анализ морфологии представителей рода *Stipa* L. позволяет актуализировать представления о строении злакового цветка, морфологии колоска, особенностях остей и ксероморфных адаптациях степных дерновинных злаков. Визуальное изучение *Paeonia tenuifolia* L. и

Adonis volgensis Steven ex DC. ориентирует обучающихся на установление диагностических особенностей листовой пластинки, генеративных органов и сезонной динамики развития степных многолетников. Анализ *Salvia nutans* L. и *Thymus marschallianus* Willd. способствует закреплению знаний о морфологических признаках семейства Lamiaceae, включая зигоморфию венчика и специфику организации соцветий. Отдельную педагогическую значимость приобретает рассмотрение *Iris pumila* L. и *Tulipa biebersteiniana* Schult. & Schult. f. в контексте сезонной ритмики растительности, экологической специализации и сохранения флористического разнообразия региона. При этом видеовопрос выступает не только средством контроля, но и инструментом активного извлечения знаний из долговременной памяти, формирования наблюдательности, развития аналитико-синтетической деятельности и первичных навыков научной аргументации.

Предлагаемая модель позволяет осуществлять переход от репродуктивного воспроизведения ботанической информации к её осмысленному применению в новой визуально-предметной ситуации. Это формирует предпосылки для развития системного биологического мышления, необходимого при дальнейшем освоении университетских дисциплин ботанического и экологического профиля.

Список литературы

1. Глухов, А. З. Информационно-аналитическая ботаника в решении вопросов экологического мониторинга // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 4. – С. 6-13. – DOI 10.5281/zenodo.18063342. – EDN LRBPGX.
2. Чунаева, Н. В. Гербарные фонды ДонГУ для ретроспективного учета и в визуальном эквиваленте с электронными базами МГУ // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 158-164. – EDN LDHVOK.
3. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
4. Сафонов, А. И. Инициирование регионального конкурса "Техника документального изображения объектов природы" // Качественное экологическое образование и инновационная деятельность - основа прогресса и устойчивого развития. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2025. – С. 93-96. – EDN WVAKIH.
5. Дмитриева, А. П. Вклад студентов и молодых ученых кафедры ботаники и экологии в развитие молодёжной лаборатории Донгу (2024 г.) // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2025. – Т. 1, № 17. – С. 35-39. – EDN MXFQZQ.
6. Зусарь, К. Д. Ресурс ботанического музея университета для школьного экологического образования // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2025. – Т. 1, № 17. – С. 40-44. – EDN XOPEYL.
7. Сафонов, А. И. Способы повышения мотивации студентов при изучении экологических дисциплин в Донбассе // Качественное экологическое образование и инновационная деятельность - основа прогресса и устойчивого развития. – Саратов: Саратовский ГУ им. Н.И. Вавилова, 2024. – С. 128-134. – EDN PUVRYR.

УДК 502.3:504.6:581.52(477)

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГОРОДСКОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА ПО ДАННЫМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ФИТОМОНИТОРИНГА В ДОНЕЦКЕ

Зусарь К.Д.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

Зеленые насаждения промышленного города одновременно выполняют средообразующую, санитарно-защитную, рекреационную и индикаторную функции. Состояние древесных и травянистых растений отражает комплексное воздействие транспортной нагрузки, загрязнения атмосферного воздуха и почв, вибрационно-акустического воздействия, дефицита влаги и экстремальных температур [1–3]. Поэтому параметры растений – жизнеспособность, состояние кроны и ствола, морфометрия листа, флуктуирующая асимметрия, наличие тератоморф, механическая устойчивость древесины – могут рассматриваться не только как биологические характеристики, но и как показатели качества городской среды и эффективности благоустройства [4, 5]. Для Донецка такой подход особенно актуален, поскольку накоплен значительный массив данных экологического фитомониторинга древесных растений, придорожных насаждений и растений-индикаторов [6, 7].

Цель работы – определить информативные фитоиндикационные параметры, позволяющие оценивать состояние объектов городского благоустройства Донецка, и обосновать их использование при подборе ассортимента древесных растений, размещении зеленых насаждений вдоль транспортных магистралей и планировании мероприятий по уходу за ними.

В основу работы положен сравнительный анализ результатов экологического фитомониторинга городских насаждений Донецка, собственных и опубликованных в 2019–2026 гг. В качестве основных модельных объектов рассматривались *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Betula pendula*, виды рода *Populus* и *Quercus robur*. Дополнительными растениями-индикаторами антропогенного воздействия служат *Taraxacum officinale*, *Verbascum lychnitis* и *Erigeron canadensis*. Перспективным является зонирование объектов наблюдения по типу городской территории: транспортные магистрали, жилые кварталы, парковые территории и относительно контрольные зеленые зоны.

Фитомониторинг в Донецке может включать не только древесные виды. В исследованиях 2023–2026 гг. для *Verbascum lychnitis* и *Erigeron canadensis* индикаторно значимыми предложено считать повторяющиеся аномальные морфологические признаки, частота которых превышает 5 % исследуемой ценопопуляции. Для *Taraxacum officinale* регистрируются

тератоморфы цветоносов, соцветий и цветков, которые используются для диагностики неблагоприятного состояния городских экотопов.

Таким образом, экологический фитомониторинг позволяет сформировать систему измеряемых параметров городского благоустройства. 1 – жизнеспособность насаждений, отражающая долю здоровых, ослабленных и отмирающих растений. 2 – стабильность развития, оцениваемая по флуктуирующей асимметрии листьев и частоте аномального морфогенеза. 3 – возрастная устойчивость, для которой необходимо учитывать критический возраст конкретных видов. 4 – механическая безопасность, характеризуемая состоянием стволов, архитектоникой крон, отношением диаметра к длине ветвей и биомеханическими свойствами древесины. 5 – пространственный параметр размещения насаждений. Полученные данные показывают, что один и тот же вид нельзя одинаково использовать в парковой зоне и в первом ряду возле интенсивной автомагистрали.

Для условий Донецка наиболее информативными параметрами являются жизненное состояние деревьев, морфометрия и флуктуирующая асимметрия листьев, критический возраст, наличие морфологических аномалий, состояние ствола и кроны, а также показатели механической устойчивости.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
2. Сафонов, А. И. Этапы подготовки материалов о полемострессе для Белой книги Донецкой Народной Республики // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Книга 1. – Киров: ВятГУ, 2026. – С. 63-66. – EDN YKQDST.
3. Образовательные технологии подготовки биологов специализации по садово-парковому дизайну в Донецком национальном университете / А. И. Сафонов, А. З. Глухов, С. А. Приходько // Проблемы и перспективы развития современной ландшафтной архитектуры. – Симферополь: Ариал, 2017. – С. 73-75. – EDN ZKZGCB.
4. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
5. Сафонов, Р. А. Физико-географическая обусловленность для моделирования массопереноса аэрофитополлютантов // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 146-152. – EDN KOCJMA.
6. Глухов, А. З. Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016. – Донецк: Издательство Южного федерального университета, 2016. – С. 311-312. – EDN YUAPAY.
7. Влияние новых антропогенных факторов на состояние древесных растений города Донецка / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань // Самарский научный вестник. – 2024. – Т. 13, № 4. – С. 26-32. – DOI 10.55355/snv2024134104. – EDN BXIKNX.

УДК 582.29

МЕТОД ПАЛЕТОК В ЛИХЕНОИНДИКАЦИИ ДЛЯ ГОРОДСКИХ ПАРКОВЫХ ЗОН ДОНЕЦКА

Иванов А.Д., ***Мирненко Э.И.***
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
a.d.ivanov.donnu@mail.ru, eduard_mirnenko@list.ru

Загрязнение окружающей среды чужеродными для нее токсичными веществами антропогенного происхождения приобретает все более угрожающий характер для будущего биосферы и человечества [1]. В настоящее время развитие методов контроля и прогнозирования состояния экосистем требует особого внимания и усовершенствования [1].

Уникальные свойства лишайников позволили использовать их для общей оценки степени загрязненности атмосферы [2]. Лихеноиндикация – эффективный способ контроля окружающей среды. Результаты исследований могут использоваться для разработки мер по снижению загрязнения, оптимизации размещения зеленых насаждений, выбора устойчивых видов растений для озеленения и экологического просвещения.

Учеными установлена общая закономерность: чем крупнее город и сильнее загрязнение воздуха, тем меньше видов лишайников, уменьшается площадь их покрытия, ниже жизнеспособность. Роль озеленения, которое создает благоприятный микроклимат и естественный фильтр, в промышленно развитом городе особенно велика [2]. Парковые зоны выполняют средообразующую, рекреационную и оздоровительную функции, однако их экологическая эффективность напрямую зависит от качества воздуха. Поэтому оценка состояния этих территорий позволяет понять, насколько они пригодны для отдыха и оздоровления населения.

Цель исследования – применить метод палеток в лихеноиндикации для определения загрязнения воздуха в городских парковых зонах Донецка.

Сквер «30-летия Победы», расположен в центре Кировского района города Донецка. Его площадь составляет 7700 м^2; расстояние до: террикона шахты №30 – 700 м; Коксохимического завода – 530 м; отвала рудников №19 рудоремонтного завода – 1200 м; до Черепашьего пруда – 480 м, Дворцового парка – 110 м, жилых домов – 26 м, детской поликлиники – 84 м, детского сада №81 – 29 м. Климатические условия региона характеризуются как умеренно континентальные, с резкими колебаниями температур, жарким сухим летом и малоснежной холодной зимой, что дополнительно осложняет существование чувствительных видов [3].

Объект исследований – конский каштан *Aesculus hippocastanum* L., предмет исследований – лишайники. В исследованиях использовали стандартные методики [4, 5]. Для детального осмотра применяли ручную

лупу (10–20×), фонарь, линейку, смартфон. Проективное покрытие определяли методом палетки размер 10×10 см, размер ячейки 1×1 см. Для оценки проективного покрытия использовали формулу: R = (100*a+50*b) / C [6]. В 2026 году в сквере «30-летия Победы» закладывались пробные площадки на *A. hippocastanum*. (Ш) (схема 1).

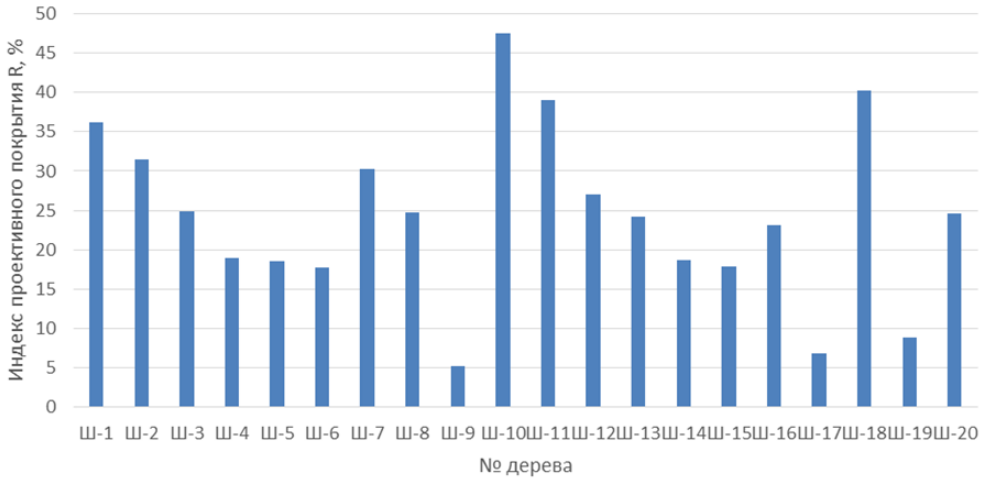


Рис. 1. – Проективное покрытие лишайников в сквере «30-летия Победы»

В процессе работы определяли проективное покрытие лишайников на высоте 150 см от комля. В выборку включали 20 деревьев. Отбор проводили целенаправленно, чтобы охватить разные уровни антропогенной нагрузки.

Для определения проективного покрытия лишайников методом палеток разработана схема учета и адаптирована методика (табл.1).

Таблица

Схема учета квадратов палетки при определении проективного покрытия лишайников

		
a – более 50% площади.	b – менее 50% площади.	фактически 0%.

Обозначали квадраты с покрытием свыше 50 % зеленым кругом, категория (a) и учитывали в расчетах как полностью занятые. Квадраты с покрытием менее 50 % обозначали желтым треугольником, категория (b) и для упрощения полевых подсчетов – принимали за 50 %. Пустые квадраты обозначали красным крестом, фиксировали отсутствие видимых лишайников, что соответствует 0 % покрытия. Таким образом, подход отражает адаптированную методику (рис.2).

Проводили фотофиксацию и подсчитывали число квадратов с покрытием более и менее 50 % и делили на общее число квадратов. Подсчитывали среднее проективное покрытие с северной, западной, южной и восточной сторон: $R_{дерева}=(R_N+R_S+R_E+R_W)/4$. Установлено, что значения индекса R варьируют в широком диапазоне и составляют от 5,25 до 47,5 %.



Рис. 2. – Визуализация результатов учета проективного покрытия лишайников

Таким образом, пробные площадки в сквере «30-летия Победы» закладывались на доминирующей древесной породе *A. hippocastanum.* Для определения проективного покрытия лишайников методом палеток разработана схема учета и адаптирована методика. При подсчете среднего проективного покрытия установлено, что значения индекса R варьируют в широком диапазоне и составляют от 5,25 до 47,5 %.

Метод перспективен для апробации в условиях Донбасса [7].

Список литературы

1. Григорьева, И. Ю. О необходимости изменения подходов к оценке классов опасности грунтов-отходов / И. Ю. Григорьева, Е. В. Федосеева, А. В. Морозов, С. С. Садов // ГеоИнфо: электронный научно-информационный портал. - 2019. - URL: https://geoinfo.ru/articles/o-neobhodimosti-izmeneniya-podhodov-k-otsenke-klassov-opasnosti-gruntov-othodov/ (дата обращения: 10.10.2026).
2. Пчелкин, А. В. Методы лихеноиндикации загрязнения окружающей среды: методическое пособие. - Москва: Экосистема, 1997. - 25 с.
3. Корниенко, В.О. Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка / В. О. Корниенко, Л. В. Хархота // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 46–51. –DOI: 10.55355/snv2023122107. – EDN: BATLWA
4. Голубкова, Н. Влияние роста города на лишайники и лихеноиндикация атмосферных загрязнений г. Казани / Н. Голубкова, Н. В. Малышева // Ботанический журнал. – 1978. – Т. 63, № 8. – С. 1145-1154. – EDN YSYBTX.
5. Технологии фитоиндикации. Новейшие технологии биоиндикации и экологические проблемы Донбасса. Учебное пособие / А. И. Сафонов. Донецк: ДонНУ, 2019. 104 с.
6. Способ биоиндикации загрязнения воздуха: патент RU 2459202 C1, Российская Федерация / В. Б. Заалишвили, И. Д. Алборов, Ю. С. Бадтиев, Ф. Г. Тедеева, А. А. Алагов. - № 2011111062/15; заявл. 23.03.2011; опубл. 20.08.2012. - URL: https://patents.google.com/patent/RU2459202C1/ru (дата обращения: 10.10.2026)
7. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.

УДК 581.55

СТРУКТУРА И СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ПОДОРОЖНИКА НАИБОЛЬШЕГО В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Ильина В.Н.[1,2], канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-6692-2580,
Шукурова С.А.[1], ORCID 0009-0009-7264-5514,
Козловская О.В.[2], канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-5423-1168
[1]ФГБОУ ВО «Самарский государственный социально-педагогический университет», г. Самара, РФ,
[2]ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», г. Самара, РФ
5iva@mail.ru, sukurovasofia2@gmail.com, savenkoov@mail.ru

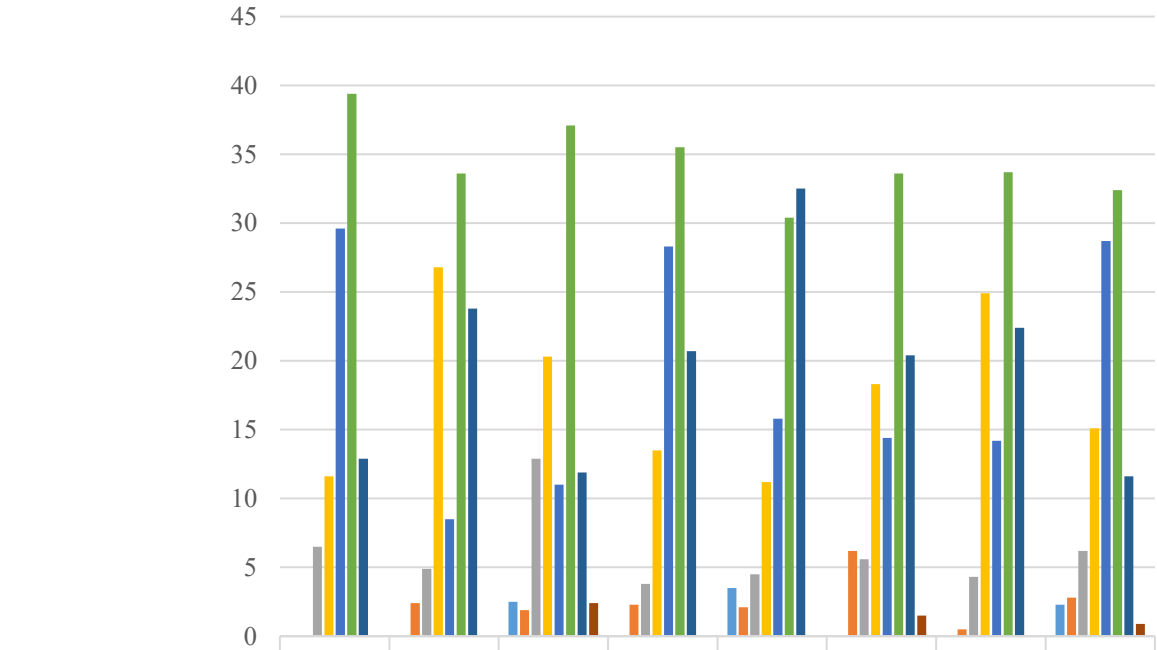
Изучение структурных особенностей популяций редких видов растений имеет значение для оценки состояния изучаемого вида на конкретной территории, определения статуса редкости, устойчивости в фитоценозе, динамики пространственно-возрастной структуры, что в свою очередь помогает определить меры охраны природно-территориальных комплексов, в том числе особо охраняемых природных территорий.

Цель работы – оценка состояния природных популяций редкого вида флоры Самарской области подорожника наибольшего (*Plantago maxima* Juss. ex Jacq.). Исследование ценопопуляций подорожника наибольшего в Самарской области осуществляется авторами статьи с 2018 года [2]. Обследованы популяции вида на территории Волжского, Кинельского, Ставропольского, Сергиевского, Шигонского административных районов области. В региональной Красной книге вид имеет статус редкости 5 – восстанавливающийся вид [2]. Проведенные полевые исследования и дальнейший анализ полученных данных позволили выявить структурные особенности, а также дать предварительную оценку пространственно-возрастной динамики популяций подорожника. Изучение популяций осуществлялось согласно основным рекомендациям [1, 4].

Пространственная структура обследованных ценопопуляций *Plantago maxima* характеризуется агрегированным и случайным размещением особей. Расположение особей зависит как от эффективности семенного размножения, эколого-фитоценотических особенностей местообитаний, типа и интенсивности антропогенного воздействия и других факторов. Пространственный узор может изменяться и в пределах одной ценопопуляции, особенно снижение плотности особей заметно по краю популяции. Средняя плотность особей составляет 1,56 экз./м^2 (максимальная 5,68 экз./м^2).

Онтогенетическая структура ценопопуляций подорожника наибольшего отличается разнообразием. Большинство ценопопуляций на момент исследований имеет неполночленный онтогенетический спектр. При этом выпадать из спектра могут особи разных онтогенетических

стадий, чаще отсутствуют проростки, имматурные растения, но в некоторых случаях не регистрировались виргинильные или старые генеративные растения. Усредненный онтогенетический спектр ценопопуляций *Plantago maxima* является бимодальным с преобладанием виргинильных и зрелых генеративных растений. Для конкретных ценопопуляций бимодальный онтогенетический спектр характерен для 47 %, центрированный – для 29 %, левомодальный – для 19 %, правомодальный – для 5 % описаний. Данные приведены для всех обследованных 68 ценопопуляций за все время исследований. Для некоторых мест обитаний вида сделаны повторные описания ценопопуляций, что позволило определить динамику их онтогенетической структуры за 5–6 лет (рис.).



	долина реки Сургут 2018	долина реки Сургут 2025	долина реки Безенчук 2018	долина реки Безенчук 2026	долина реки Чапаевка 2019	долина реки Чапаевка 2026	долина реки Самара 2018	долина реки Самара 2026
проростки	0	0	2,5	0	3,5	0	0	2,3
ювенильные	0	2,4	1,9	2,3	2,1	6,2	0,5	2,8
имматурные	6,5	4,9	12,9	3,8	4,5	5,6	4,3	6,2
виргинильные	11,6	26,8	20,3	13,5	11,2	18,3	24,9	15,1
молод.генеративные	29,6	8,5	11	28,3	15,8	14,4	14,2	28,7
зрелые генеративные	39,4	33,6	37,1	35,5	30,4	33,6	33,7	32,4
старые генеративные	12,9	23,8	11,9	20,7	32,5	20,4	22,4	11,6
субсенильные	0	0	2,4	0	0	1,5	0	0,9

Рис. – Динамика онтогенетической структуры популяций подорожника наибольшего

Доля проростков в указанных модельных ценопопуляциях *Plantago maxima* невелика и составляет от 0 до 3,5 %. Ювенильные растения также не всегда встречаются в ценопопуляциях, однако их доля достигает в

некоторых ценопопуляциях 6,2 %. Имматурные растения уже более устойчивы в растительных сообществах, составляют от 3,8 до 15,9 %. Виргинильные особи уже хорошо заметны в составе ценопопуляций, составляют 11,2-26,8 %; длительное прохождение данной стадии развития способствуют накоплению в популяциях. Молодые генеративные растения не всегда имеют значительный вклад в состав популяций, их доля составляет от 8,5 до 29,6 %. Основу популяции *Plantago maxima* составляют зрелые генеративные особи (30,4–39,4 %). Старые генеративные особи чаще всего уступают предыдущей группе, составляют от 11,6 до 32,5%. В некоторых ценопопуляциях старая генеративная группа особей является преобладающей, как в популяции *Plantago maxima* долины реки Чапаевки в 2019 году. Субсенильные растения не всегда регистрируются в ценопопуляциях данного представителя, отмечены в небольшом числе, не превышают 2,4 %. Сенильные особи в популяциях *Plantago maxima* не обнаруживались. В целом онтогенетические спектры данных ценопопуляций имеют сходные параметры.

Результаты исследования показали омоложение популяции подорожника наибольшего в долине реки Сургут, в долине реки Чапаевки, но старение популяций в долине рек Безенчук и Самара. Оценивая численность особей в генеративном состоянии можно отметить некоторый ее рост только в долине реки Самары (при накоплении генеративных особей). В остальных же трех географических популяциях численность генеративных особей *Plantago maxima* снизилась.

Изучение структуры популяций и численности особей подорожника наибольшего показало, что удовлетворительным можно считать состояние у 84 % локальных участков. Для популяций *Plantago maxima* в Самарской области отмечено изменение онтогенетической структуры, однако это может быть связано не только с антропогенными факторами.

Список литературы

1. Животовский, Л. А. Онтогенетические состояния, эффективная плотность и классификация популяций растений // Экология. 2001. – № 1. – С. 3-7. EDN KLQNCL.
2. Ильина, В.Н. К структуре популяций редкого вида *Plantago maxima* Juss. ex Jacq. в Самарской области / В.Н. Ильина, Н.А. Рогова, Е.С. Рогова // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2024. – Курск: ИП Бабкина Г.П. – С. 42-44.
3. Красная книга Самарской области / Е. Г. Бирюкова, Я. А. Богданова, Т. Н. Буркова [и др.]. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Самара: Самарская ГОА, 2017. – 384 с. – ISBN 978-5-4436-0036-9. – EDN YMUOXN.
4. Османова, Г. О. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляций растений / Г. О. Османова, Л. А. Животовский // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2020. – № 2. – С. 144-152. – DOI 10.31857/S0002332920020058. – EDN QAFZNY.

УДК 581.5 : 502.3 : 631.415

ФИТОИНДИКАЦИОННАЯ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕАКЦИИ ПОЧВ В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОТОПОВ

Калинина А.В., ORCID 0009-0007-0789-5512
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kalinina.angela91@mail.ru

Выявление отклика растительных сообществ на экологические факторы в условиях антропогенного воздействия является основой экологического мониторинга и фитоиндикации. Эти инструменты обеспечивают возможность эффективного решения ряда практических задач, таких как сохранение и восстановление биоразнообразия, рекультивация нарушенных экосистем, организация устойчивого природопользования, формирование зеленой инфраструктуры городов и обеспечение их экологической безопасности [1, 4, 5].

Диагностика факторов среды – долгий, экономически невыгодный и трудоемкий процесс. В связи с этим для оценки комплекса факторов местообитаний растительных сообществ широко используются системы экологических шкал, которые отражают условия среды по параметрам фитоценозов [3, 5, 7].

В современных фитоиндикационных исследованиях активно используются экологические шкалы Г. Элленберга, Э. Ландольта, Д.Н. Цыганова, Л.Г. Раменского. Исследователи отмечают высокую эффективность и практическую результативность данных экологических шкал [1, 4].

Одним из важнейших эдафических факторов, необходимых для формирования устойчивого растительного покрова, является кислотность почв [2]. Данная характеристика определяет такие почвенно-биологические процессы, как биодоступность элементов питания, интенсивность микробиологических процессов и ферментативная активность почвенного покрова и др. [5].

Определение кислотности почв и установление реакции растительных сообществ на её изменения является сложной задачей, т.к. традиционные инструментальные измерения фиксируют состояние почвенного раствора и не отражают экологические потребности растительности [1, 6]. В связи с этим особую научную значимость приобретает сопоставление данных прямого физико-химического анализа с результатами фитоиндикационного подхода, основанного на анализе видового состава и структурных параметров фитоценозов.

Цель работы – выполнить оценку кислотных свойств почв методами фитоиндикации и инструментальных измерений, провести сопоставление полученных результатов.

Исследование проводилось на территории Донецко-Макеевской агломерации на антропогенно преобразованных участках с разной степенью трансформации. Обследование пробных площадок осуществляли с применением стандартных геоботанических методов. Фитоиндикационная оценка кислотности почв (R) осуществлялась по индикаторным значениям шкал Г. Элленберга с использованием обновленной базы данных экологических индикаторов Европы «Индикаторные значения Элленберга для Европы» [7]. Фактическую реакцию почвы определяли инструментальным методом, с использованием pH-метра «Эксперт-pH». Статистическая обработка данных включала расчет коэффициентов линейной корреляции Пирсона и ранговой корреляции Спирмена.

Фитоиндикационный анализ показал, что индикаторные значения кислотности, основанные на параметрах растительных сообществ, характеризуют исследуемые почвы как слабокислые и нейтральные, величины R изменяются в относительно узком диапазоне от 6,2 до 6,7. Однако результаты инструментального измерения pH опытных образцов зафиксировали выраженный сдвиг реакции почвенного раствора в щелочную зону. Значения pH варьируют в широких пределах от 7,1 до 8,5.

Защелачивание почв характерно для урбанизированных территорий и обусловлено комплексом антропогенных факторов, которые являются причиной поступления в почву кальция: воздействием противогололедных реагентов, строительного мусора, загрязняющих веществ различной природы.

Проведенный корреляционный анализ на основании коэффициентов Пирсона и Спирмена выявил тенденцию к взаимосвязи между данными полученными индикационным и инструментальным методами, однако, используемый объем выборки не показал статистической значимости результатов.

Выявленная закономерность между фитоиндикационными и инструментальными данными является важным первичным результатом, отражающим комплексную динамику почвенно-экологических процессов нарушенных территорий. Антропогенно трансформированные экотопы Донбасса характеризуются высокой гетерогенностью и динамикой почвенных процессов [3]. По этой причине растительные сообщества не успевают реагировать на быстрые изменения эдафического режима, не происходит резких перестроек структуры сообществ. Помимо того, полученные данные косвенно подтверждают гипотезу о формировании локальных кислотных барьеров в ризосфере растений на фоне общего защелачивания почвенного профиля.

Комплексное применение инструментального и фитоидикационного методов, взаимодополняющих друг друга, позволяет получить наиболее объективное представление о реальном состоянии почвенной среды и растительном покрове. Для установления причин отмеченного сдвига кислотных свойств почв в сторону щелочных, а также корректировки методологических подходов к оценке условий местообитаний растительного покрова необходима валидация результатов, расширения выборки и проведения углубленного химического анализа.

Выявленные различия могут свидетельствовать об инерционности реакции растительных сообществ на изменения эдафических условий и высокой пространственно-временной неоднородности почвенной среды. Полученные результаты подтверждают целесообразность комплексного применения фитоиндикационных и инструментальных методов для объективной оценки состояния нарушенных экотопов и указывают на необходимость дальнейших исследований с расширением выборки и проведением углубленного химического анализа почв.

Работа выполнена в рамках государственного задания Донецкого государственного университета «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (FRRE-2024-0018).

Список литературы

1. Золотова, Е. С. Оценка динамики растительности с использованием европейских экологических шкал / Е. С. Золотова, Н. С. Иванова // Биосфера. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 269-283. – DOI 10.24855/biosfera.v16i3.951. – EDN BLGTUJ.
2. Калинина, А. В. Особенности формирования эдафотопа некоторых отвалов угольных шахт г. Макеевки / А. В. Калинина, Д. В. Сыщиков // Экология родного края: проблемы и пути их решения. – Киров: ВятГУ, 2020. – С. 209-213. – EDN SUJHGD.
3. Сафонов, А. И. Экологический подход к фиторемедиации в новых условиях антропогенной трансформации ландшафтов Донбасса / А. И. Сафонов, Ф. В. Голубев // Овощи России. – 2026. – № 1. – С. 110–118. – DOI 10.18619/2072-9146-2026-1-110-118. – EDN EWFXOU.
4. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025625320 Российская Федерация. Видовой состав растений-индикаторов техногенных экотопов Донбасса: заявл. 10.11.2025: опубл. 19.11.2025 / А. И. Сафонов, А. В. Калинина; заявитель «Донецкий государственный университет». – EDN UMFUEZ.
5. Телеснина В.М., Семенюк О.В. Индикационная роль травяного яруса в почвенно-экологических исследованиях в условиях ухода за озелененными территориями г. Москвы (на примере территории МГУ) // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2022. – № 1. – С.42–51.
6. Golubev, F. V. Biogeochemical Assessment of Donbass Landscapes Transformed by Military Actions / F. V. Golubev, L. N. Jovanović, A. I. Safonov // Ecologica. – 2026. – Vol. 33, No. 121. – P. 23–28. – DOI 10.18485/ecologica.2026.33.121.4. – EDN RIWZJZ.
7. Tichý L. Ellenberg-type indicator values for European vascular plant species / L. Tichý, I. Axmanová, J. Dengler, R. Guarino, F. Jansen, G. Midolo [et al.] // Journal of Vegetation Science. – 2023. – Vol. 34, № 1. – Art. e13168. – DOI 10.1111/jvs.13168.

УДК 502.131.1:711.4

ЗЕЛЕНЫЙ КОД ГОРОДОВ ДОНБАССА: ПЕРСПЕКТИВЫ И ПУТИ РЕАЛИЗАЦИИ

Калинина Ю.С., ORCID 0009-0002-2442-0926
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
yu.kalinina91@mail.ru

Исторический опыт озеленения городов Донбасса (1930-е – 1950-е годы) показывает, что зеленые насаждения способны выполнять каркасную функцию, объединять разрозненную застройку и смягчать техногенную нагрузку [1]. Современная экологическая ситуация характеризуется наложением трех мощных факторов: исторически сложившейся техногенной нагрузки (промышленность, угледобыча), урбанизационного пресса (плотная жилая застройка, транспорт), прямого и косвенного воздействия военных действий. Последний фактор является доминирующим и качественно изменяет состояние всей системы [2]. В этих условиях задача восстановления зеленого каркаса городов приобретает не просто средоулучшающее, а критически важное значение для обеспечения экологической безопасности и устойчивости территории. Это требует перехода от разовых мероприятий к системному регулированию, что и обусловливает необходимость внедрения инструментов, подобных «Зеленому коду», учитывающему весь спектр современных вызовов [3].

Цель работы – определить перспективные направления озеленения в рамках реализации программы «Зеленый код городов Донбасса» на основе анализа региональных климатических, эдафических и посттехногенных условий, а также обосновать пути формирования адаптивной и устойчивой системы городских зеленых насаждений.

В рамках реализации федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» за три года в республике обновлено 87 общественных пространств, которые включают этап озеленения благоустроенных территорий. Однако мероприятия по восстановлению нарушенных территорий должны включать как локальные, так и более масштабные для республики работы.

К проблемам нарушенности зеленого каркаса городов Донбасса можно отнести: физический износ и старение насаждений, отсутствие ухода и инфраструктуры полива, потеря зеленых зон под застройку, инвазия чужеродных видов, вытаптывание газонного покрытия населением, дефицит специалистов в области озеленения, антропогенная дигрессия насаждений, уничтожение лесов вследствие ведения боевых действий, проблемы с посадочным материалом и многое другое.

Термин «зеленый код» описывает совокупность принципов и инструментов, направленных на интеграцию природных элементов в городскую застройку для повышения экологичности, комфортности и устойчивости городов.

Стоит отметить ключевые особенности характерные для зеленого кода:

1) учет локальной идентичности;
2) реализация «зеленой инфраструктуры»;
3) интеграция с другими системами;
4) вовлеченность жителей каждого города;
5) цифровые инструменты [4];
6) нормативно-правовая база.

Реализация поставленных задач требует межсекторной коллаборации, объединяющей органы власти, общественные организации, научные учреждения, образовательные организации, узкоспециализированных специалистов, заинтересованные лица. Такое единство поможет обеспечить синергетический эффект, при котором нормативно-правовые, ресурсные, методологические и кадровые составляющие процесса дополняют друг друга, формируя устойчивую институциональную среду для внедрения зеленого кода. Работа в этом направлении также требует систематического подхода – последовательности, комплексности и адаптивности.

Исследование выполнено в рамках темы «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 124051400023-4).

Список литературы

1. Скороходов, В. Г. Озеленение городов Донбасса / В. Г. Скороходов, Н. П. Макаров. – Сталино. – 1952. – 120 с.
2. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
3. Бухарина, И. Л. Реализация проекта "Зеленый код Ижевска" / И. Л. Бухарина, К. Е. Ведерников // Химия. Экология. Урбанистика : материалы всероссийской научно-практической конференции с международным участиемв 4 томах, Пермь, 17–19 апреля 2024 года. Том 3. – Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2024. – С. 283-287. – EDN MOSTNN.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611120 Российская Федерация. Геоинформационная система управления зелеными насаждениями города "Зеленый код": № 2022686450: заявл. 29.12.2022: опубл. 17.01.2023 / А. Н. Лошкарев, М. Э. Галиуллин, И. Л. Бухарина [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Удмуртский государственный университет". – EDN PPFGBR.

УДК 581.15(477.60)

ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ ИНДИКАТОРНО-РЕМЕДИАЦИОННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ ПОСТКОНФЛИКТНЫХ ЭКОТОПОВ ДОНБАССА

Калинина Ю.С., ORCID 0009-0002-2442-0926,
Габараев Б.А., ORCID 0009-0007-3961-2177
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
yu.kalinina91@mail.ru, bogdan.gabarayev@mail.ru

С научной точки зрения индикаторная способность растений сама по себе не полностью укладывается в классические классификации экосистемных услуг [1–3]. Более корректно рассматривать её как информационно-диагностическую функцию зелёной инфраструктуры, сопутствующую регулирующим, поддерживающим и культурным услугам.

Для Донбасса разработка программ восстановления нарушенных экосистем чрезвычайно важна [4] и в этом контексте сделаны предварительные исследования [5–7]. Здесь зелёная инфраструктура функционирует одновременно в условиях многолетнего промышленного техногенеза, трансформированных городских почв, пылевого загрязнения и локальной концентрации потенциально токсичных элементов. Кроме того, последствия боевых действий создают дополнительные формы нарушения грунтов: механическое разрушение почвенных горизонтов, воронок и зон уплотнения, поступление металлов, продуктов горения и компонентов взрывчатых веществ.

В этих условиях целесообразно формирование новой модели благоустройства, в которой растение рассматривается не исключительно как эстетический объект, но как биологический измеритель, инженерно-экологический агент и элемент восстановления нарушенного ландшафта.

Нами рассматривается возможность перехода от традиционного понимания городского озеленения как преимущественно декоративно-рекреационной системы к формированию индикаторно-ремедиационной зелёной инфраструктуры, в которой растения одновременно выполняют функции биоиндикации, аккумуляции и иммобилизации загрязняющих веществ, стабилизации субстрата, регулирования микроклимата, снижения пылевой нагрузки, управления поверхностным стоком и восстановления местообитаний. Предлагается рассматривать специально подобранные растения-индикаторы как распределённую сеть «живых биосенсоров», интегрированную в парки, санитарно-защитные зоны, улицы, территории промышленных предприятий, шахтные отвалы, постиндустриальные пустыри и участки постконфликтной реабилитации.

Показано, что перспективная модель для Донбасса должна объединять пассивный биомониторинг существующей растительности,

стандартизированные индикаторные фитоплощадки, инструментальный и лабораторный анализ, дистанционное зондирование, ГИС-картирование и последующую фиторемедиацию. Рассмотрены международные практики использования озон-чувствительных садов, растительной биоиндикации атмосферного загрязнения, восстановления промзон и интеграции фиторемедиации в ландшафтную архитектуру. Обосновывается положение о том, что растения-индикаторы способны стать не вспомогательным, а структурообразующим компонентом экологически ориентированного благоустройства индустриальных и постконфликтных городов.

Система растительного мониторинга принципиально отличается от сети единичных автоматических датчиков: инструментальный пост регистрирует концентрацию вещества в конкретной точке и момент времени, тогда как растение аккумулирует биологически релевантную экспозицию за более продолжительный период. Эти подходы не конкурируют, а должны калиброваться друг относительно друга.

Местная флора и уже сформировавшиеся растительные сообщества использованы нами как исходная база для создания регионального каталога индикаторных и ремедиационных видов. При этом устойчивость вида к загрязнению не тождественна его пригодности для массового озеленения: дополнительно учтены инвазивный потенциал, аллергенность, способность загрязнителя перемещаться в надземную биомассу, водопотребление, пожарную опасность и характер последующего обращения с фитомассой.

Для городов Донбасса предлагается концепция индикаторно-ремедиационного зелёного каркаса (ИРЗК) – пространственно распределённой системы озеленённых участков, в которой функции благоустройства совмещаются с биомониторингом и экологической реабилитацией. Его работа может быть организована на трёх пространственных уровнях. На локальном уровне создаются стандартизированные фитоплощадки возле источников воздействия и на контрольных территориях. На районном уровне формируются линейные коридоры биомониторинга вдоль автомобильных дорог, промышленных зон, водотоков и границ шахтных отвалов. На общегородском уровне результаты объединяются в ГИС с данными стационарных измерений, лабораторного анализа, спутниковых наблюдений и беспилотной съёмки.

Центральным элементом такой сети должны стать стандартизированные индикаторные модули. Вместо попытки интерпретировать состояние случайно растущих растений в каждой точке города целесообразно размещать идентичные контейнеры либо небольшие грунтовые делянки с растениями одного генотипа, одинакового возраста и исходного состояния. Различия между площадками в этом случае преимущественно определяются воздействием среды. Использование *Lolium multiflorum* имеет под собой развитую международную методическую базу [1], тогда как для почвенной фитотоксичности Донбасса

перспективно дальнейшее тестирование *Brassica napus* и местных устойчивых злаков. Одновременно существующие деревья могут использоваться как сеть пассивного биомониторинга. Систематический отбор листьев из крон на одинаковой высоте и экспозиции с последующим анализом пылевой нагрузки и химического состава способен формировать карты хронического загрязнения. Такой подход особенно интересен для территорий, где создание плотной сети дорогостоящих стационарных станций затруднительно. Фитотехнологии особенно органично интегрируются в ландшафтную архитектуру через создание устойчивых сообществ, буферных лесополос, дождевых садов, биоканав, растительных террас, временных «ремедиационных парков» и контролируемых участков спонтанной сукцессии. Мировой опыт подтверждает, что озеленение бывших промышленных площадок способно обеспечивать сразу несколько групп экосистемных услуг и должно рассматриваться как полноценный инструмент городского планирования, а не как завершающее декоративное оформление уже рекультивированной территории.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. The role of plants as biological monitors of air pollution: State of the art on methods and challenges with a focus on *Lolium* sp. / E.A. Amaral, T.A. Neves, T.T.A. Albuquerque et al. // Science of the Total Environment. – 2025. – Vol. 1005. – Art. 180816. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2025.180816.
2. Phytoremediation of contaminants in urban soils: a review / Y. Zhu, H. Gu, H. Li et al. // Environmental Chemistry Letters. – 2024. – Vol. 22, No. 1. – P. 355–371. – DOI: 10.1007/s10311-023-01663-6.
3. Calling plants to the rescue – mitigating the detrimental effects of warfare with phytotechnology / H. Haller, E. Simelton, O. Englund // npj Science of Plants. – 2026. – Vol. 2. – Art. 18. – DOI: 10.1038/s44383-026-00033-9
4. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
5. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025625306 РФ. Список видов цветочно-декоративных растений, используемых в ландшафтном дизайне Донецко-Макеевской агломерации: опубл. 19.11.2025 / А. И. Сафонов, Ю. С. Калинина; заявитель Донецкий государственный университет. EDN UUGNSA.
6. Калинина, Ю. С. Рабочая схема ландшафтной индикации в Донецке: дизайн и критерии устойчивости геосистем / Ю. С. Калинина, А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 3. – С. 14-23. – DOI 10.5281/zenodo.14531840. – EDN GAKMLH.
7. Калинина, Ю. С. Особенности ландшафтной организации городского пространства на примере города Донецка // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2025. – № 42. – С. 36-40. – EDN ONVMPI.

УДК 58.01/.07

ВИДЫ-ИНДИКАТОРЫ РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ ОКРЕСТНОСТЕЙ ОЗ. ЩУЧЬЕ (СЕЛЕНГИНСКИЙ РАЙОН РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ)

Киргизова О.В.,
Степанцова Н.В., канд. биол. наук, доц., ORCID: 0000-0003-3807-2221
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск, РФ
olesya.foks.15@mail.ru, s-nadia11@yandex.ru

Состояние растительного покрова природных территорий во многом определяется характером антропогенного воздействия. Рекреационная деятельность, сопровождающаяся вытаптыванием и механическим повреждением растений, способна изменять условия их произрастания и соотношение видов в растительных сообществах. При этом реакция растений на такие изменения неодинакова: одни виды сохраняются преимущественно в ненарушенных местообитаниях, тогда как другие способны существовать в условиях регулярного антропогенного воздействия.

Озеро Щучье является памятником природы регионального значения, охраняемым с 1975 года [2]. Оно также относится к рекреационно используемым природным объектам Селенгинского района Республики Бурятия. Различия в степени рекреационного воздействия на его территории создают условия для выявления видов, характеризующих различную степень нарушения растительного покрова и пригодных для оценки рекреационной нагрузки.

Цель работы – выявить виды-индикаторы рекреационной нагрузки в окрестностях озера Щучье на основе сравнительного анализа растительного покрова участков, испытывающих различную степень антропогенного воздействия.

Исследования проводились в окрестностях озера Щучье на двух участках, различающихся по степени рекреационного воздействия: территории туристической базы отдыха «Смена» и фоновом степном участке, расположенном в 0,5 км от базы. На каждом участке было заложено по 10 пробных площадок.

В ходе исследования выявлено 65 видов сосудистых растений, относящихся к 51 роду и 26 семействам. На фоновом участке отмечено 53 вида, на территории базы отдыха – 50, при этом общими для обоих участков были 38 видов. Сравнение флористического состава участков с использованием коэффициента Жаккара в модификации Л.И. Малышева показало низкое флористическое сходство ($K_{j\text{-}m} = 0{,}17$), что свидетельствует о существенных различиях в составе растительности при различной рекреационной нагрузке [1].

Отношение видов к антропогенному воздействию оценивали с учетом гемеробности – интегральной характеристики устойчивости растений к антропогенному воздействию [3]. При этом учитывали устойчивость к вытаптыванию и механическим повреждениям, особенности жизненной формы и вегетативного возобновления, способы распространения диаспор, а также способность произрастать в антропогенно преобразованных местообитаниях. Специфичные виды подразделяли на антропофобные, антропотолерантные и антропофильные; для характеристики рекреационной трансформации в качестве видов-индикаторов рассматривали преимущественно антропофобы и антропофилы [3].

Из 15 видов, отмеченных только на фоновом участке, 66,7 % относились к антропофобам. На территории базы отдыха среди 12 специфичных видов доля антропофобов составила 16,6 %. Выявленное соотношение отражает изменение видового состава растительного покрова при увеличении рекреационной нагрузки: на фоновом участке сохраняется большая представленность видов, чувствительных к антропогенному воздействию, тогда как на рекреационно нарушенном участке возрастает доля более устойчивых видов (табл.).

Таблица

Виды индикаторы рекреационной нагрузки в окрестностях оз. Щучье

Группа	Виды	Характеристика
Антропофобы	*Ephedra monosperma, Agropyron distichum, Lilium pumilum, Iris humilis, Delphinium grandiflorum, Papaver rubro-aurantiacum, Spiraea aquilegifolia, Vicia amoena, Bupleurum scorzonerifolium, Gentiana decumbens*	Преимущественно встречаются на фоновом участке; их участие снижается при рекреационном нарушении
Антропофилы	*Eragrostis pilosa, Salsola collina, Carex duriuscula, Lappula anisacantha, Lappula consanguinea*	Характерны для нарушенного участка; способны сохраняться в условиях вытаптывания и антропогенной трансформации
Чувствительный индикатор	*Orostachys spinosa*	Характеризуется резким снижением встречаемости при рекреационном воздействии

Особый интерес в качестве чувствительного индикатора рекреационной нагрузки представляет *Orostachys spinosa* (L.) Sweet. На фоновом участке вид встречался на всех 10 пробных площадках, то есть его встречаемость составляла 100 %. Растения имели хорошо развитые розетки и цветоносные побеги. На территории туристической базы вид обнаружен только на двух из 10 площадок, то есть его встречаемость составила 20%. Таким образом, при рекреационной нагрузке встречаемость вида снизилась

в 5 раз (рис.). Высокая чувствительность вида к механическому воздействию связана с особенностями его розеточной формы и мясистыми листьями, легко повреждающимися при вытаптывании.

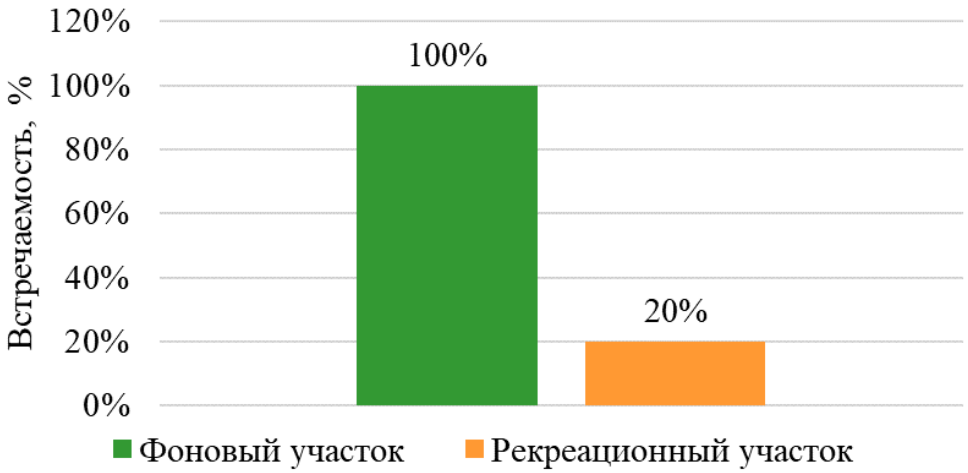


Рис. – Встречаемость *Orostachys spinosa* на исследуемых участках

Полученное различие позволяет рассматривать *O. spinosa* как чувствительный вид-индикатор рекреационной трансформации растительного покрова.

Рекреационная нагрузка оказывает выраженное влияние на видовую структуру растительного покрова окрестностей озера Щучье. Ее воздействие проявляется в сокращении участия чувствительных видов, увеличении доли более устойчивых к антропогенному воздействию видов и изменении встречаемости видов-индикаторов. Наиболее выраженную реакцию на рекреационное воздействие продемонстрировал *O. spinosa*: его встречаемость снизилась с 100 % на фоновом участке до 20 % на территории туристической базы. Выявленные виды-индикаторы перспективны для оценки состояния и степени рекреационного нарушения растительного покрова в окрестностях озера Щучье.

Список литературы

1. Малышев, Л. И. Современные подходы к количественному анализу и сравнению флор // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики: материалы II рабочего совещания по сравнительной флористике (Неринга, 1983 г.). - Ленинград: Наука, 1987. — С. 142–148.
2. О признании водных объектов памятниками природы: постановление Совета Министров Бурятской АССР от 29 июля 1975 г. № 321 // ООПТ России: геоинформационный портал. - URL: https://ooptaari.nextgis.ru/oopt_map (дата обращения: 10.10.2026).
3. Ширшов, М. Р. Степень синантропизации и антропогенной трансформации флоры фанерофитов на территории Черемховского лесничества Иркутской области / М. Р. Ширшов, О. П. Виньковская // Современные проблемы охотоведения. – Иркутск: Иркутский государственный аграрный университет, 2019. С. 230-234. – EDN WUMWMJ.

УДК 581.48: 631.524

СЕМЕННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ НЕКОТОРЫХ ЭДИФИКАТОРОВ СТЕПНЫХ УЧАСТКОВ НАГОЛЬНОГО КРЯЖА

Конопля Н.И.[1], д-р с.-х. наук, проф. ORCID 0000-0003-2942-6913,
Курдюкова О.Н.[2], доктор с.-х. наук, доц. ORCID 0000-0001-7500-8275
[1] ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»,
г. Луганск, РФ,
[2] ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России»,
г. Санкт-Петербург, РФ
info-nik@rambler.ru; olusha909@yandex.ru

Одним из показателей адаптации растений к условиям среды является величина их семенной продуктивности. К тому же она в значительной степени определяет роль вида в растительных сообществах, состав, структуру и флуктуацию фитоценозов [2, 6].

Для растений степной зоны вопросы семенной продуктивности отдельных видов достаточно изучены. Установлено, что величина семенной продуктивности различных видов растений в значительной степени зависит от метеорологических, эдафических, фитоценотических, биоценотических и других факторов. Одни из них изменяются от года к году, другие остаются более или менее постоянными в течение продолжительного времени [2, 3].

Поэтому в условиях степи плодоношение растений носит периодический характер, но непосредственной зависимости плодоношения только от метеорологических условий не установлено [4].

Достаточно хорошо изучены в условиях региона и широко освещены в литературе показатели семенной продуктивности сорных растений [5, 6].

Для некоторых степных видов растений выявлены зависимости количества семян, продуцируемых одной особью, от числа и длины генеративных побегов, цветков и соцветий на одном генеративном побеге, семянок в соцветии, семян в плодах и т.д. [2–4, 6].

В агрономической литературе семенная продуктивность растений рассматривается как урожайность семян под влиянием различных технологических приемов, а в ботанической – как биологическая характеристика вида [2, 3, 5].

Однако данных о семенной продуктивности ряда эдификаторов степных фитоценозов под влиянием антропогенных воздействий недостаточно.

Цель – установить реальную семенную продуктивность и урожайность семян ценозообразующих видов типчаково-ковыльно-разнотравной степи под воздействием пирогенных факторов, сенокошений и выпаса крупного рогатого скота.

Основная часть. Исследования проводили в течение 2015–2026 гг. на степных изолированных участках Нагольного кряжа. Объектом исследований были растения *Festuca valesiaca* Gaudin, *Poa bulbosa* L., *Stipa capillata* L., *Stipa lessingiana* Trin. & Rupr. Учет семенной продуктивности растений и урожайности семян проводили по общепринятым методикам [1, 6, 7] на участках степи по вариантам: заповедный режим с 2000 г. (контроль); подверженных весенним (апрель) пожарам: в 2015 г., 2015 и 2018 гг., и 2016, 2019 и 2023 гг.; с выкашиванием травостоя через год, три и пять лет; умеренное пастбищное использование в течение мая-октября.

Было установлено, что за годы исследований среднее число семян, продуцируемых разными видами изучаемых растений, изменялось от нескольких десятков до тысячи и более. Наиболее мощным генеративным развитием и наибольшей семенной продуктивностью на всех степных участках, независимо от антропогенных воздействий, характеризовались популяции *Poa bulbosa*. Так, например, на делянках заповедного режима семенная продуктивность одной особи в *Poa bulbosa* достигала самых высоких показателей – 1554±205 шт., тогда как в *Festuca valesiaca* она не превышала 27±3 шт. с растения. Весьма значительной была и разность общей урожайности семян с единицы площади, которая определялась главным образом плотностью стояния растений на единице площади и составляла соответственно 26,1±1,7 и 0,75±0,06 г/м2. Аналогичные различия наблюдались и на других участках при различных антропогенных воздействиях.

Вместе с этим, резкие колебания реальной семенной продуктивности изучаемых растений были связаны с изменениями погодных условий в течение вегетационного сезона. Как правило, в годы с теплым и влажным весенне-летним периодом обычно у всех растений возрастало число генеративных побегов и число семян в соцветиях, что значительно повышало семенную продуктивность каждой особи и способствовало формированию высокой урожайности семян. Причем самая высокая семенная продуктивность *Poa bulbosa* (2612 шт.) достигала в годы с благоприятными условиями в апреле и начале мая (2015, 2019, 2021, 2022 гг.), тогда как у *Festuca valesiaca* (477 шт.) и *Stipa lessingiana* (812 шт.) – в мае-июне (2016, 2018, 2021, 2023 гг.), а в *Stipa capillata* (1068 шт.) – в июне-июле (2018, 2021, 2026 гг.).

Максимальное количество семян, которое особи всех видов растений продуцировали в годы благоприятные по гидротермическим условиям, было значительно выше указанных средних величин (в 1,2–17,7 раза), тогда как в годы жаркие и засушливые (2017, 2020, 2025 гг.) семенная продуктивность всех видов растений – была минимальной и не превышала 17,2–21,6 % от средней за годы исследований.

По-разному отражались на формировании семенной продуктивности всех изучаемых видов растений различные типы антропогенных

воздействий. По степени возрастающего отрицательного влияния на показатели семенной продуктивности за время проведения исследований антропогенные факторы расположены нами в такой последовательности: пожары один раз, выкашивание один раз в пять лет, два пожара, выкашивания через три года, три пожара, выкашивания через год, пастбищное использование степных участков. Но для разных видов растений эти факторы имели неодинаковое значение (табл.).

Таблица

Семенная продуктивность и урожайность семян степных видов растений под воздействием антропогенных факторов, 2015–2026 гг.

Антропогенный фактор	Виды растений			
	Festuca valesiaca	*Poa bulbosa*	*Stipa capillata*	*Stipa lessingiana*
Семенная продуктивность 1 растения, шт. семян				
Заповедный режим	27±3	1554±205	861±76	759±71
Пожар 2015 г.	118±14	1548±227	858±79	760±72
Пожары 2015 и 2018 гг.	204±31	1433±193	724±68	605±63
Пожары 2016, 2019 и 2023 гг.	123±16	988±84	339±47	254±24
Выкашивание через 1 год	56±11	797±82	18±6	22±5
Выкашивание через 3 года	150±22	1360±156	24±7	25±4
Выкашивание через 5 лет	370±39	1529±241	96±12	107±17
Пастбищное использование	11±4	17±6	10±4	6±3
Урожайность семян, шт./м^2				
Заповедный режим	0,75±0,06	26,1±1,7	29,8±2,8	31,7±2,6
Пожар 2015 г.	1,78±0,09	25,8±2,1	30,1±2,8	32,1±2,4
Пожары 2015 и 2018 гг.	2,33±0,24	23,5±1,9	26,0±2,9	27,9±2,7
Пожары 2016, 2019 и 2023 гг.	1,56±0,07	17,2±1,2	12,4±1,6	10,1±1,2
Выкашивание через 1 год	0,72±0,08	14,0±1,6	0,92±0,1	0,88±0,1
Выкашивание через 3 года	0,94±0,10	22,8±2,4	1,16±0,1	0,93±0,1
Выкашивание через 5 лет	2,80±0,29	24,3±2,2	4,19±0,3	1,02±0,1
Пастбищное использование	0,06±00	0,89±0,9	0,38±0,1	0,01±00

Так, у *Festuca valesiaca* на заповедных участках семенная продуктивность одной особи составляла лишь 27±3 шт. семян, а урожайность семян – 0,75±0,06 г/м2, тогда как на восстанавливаемых после пожаров и сенокошений соответственно – от 56±11 до 370±39 шт. и от 0,72±0,08 до 2,80±0,29 г/м2. При одно-двухразовых пожарах в течение периода исследований огонь мало затрагивал также *Stipa lessingiana*, *Stipa capillata* и *Poa bulbosa*.

При использовании степных участков в качестве сенокосов семенная продуктивность видов *Stipa* резко снижалась, тогда как у видов *Festuca valesiaca* и *Poa bulbosa* она снижалась только при пастбищном использовании. Причем, при сенокосном использовании степных участков количество семян на растении и их масса с единицы площади зависели от сроков и кратности сенокошений.

Но особенно значительное снижение семенной продуктивности и урожайности семян всех видов отмечалось при пастбищном использовании степных участков, на которых растения не цвели и не давали семян, плодоносили слабее, чем при сенокошениях или семена поедались скотом. Семенная продуктивность каждой особи снижалась в сравнении с заповедными участками в 2,5 раза в *Festuca valesiaca* и 86–126 раз в других видов. Даже в сравнении с участками, подвергшимися пожарам и сенокошениям, семенная продуктивность и урожайность семян снижались значительно в меньшей мере, чем при выпасах скота.

Результаты изучения семенной продуктивности и урожайности семян некоторых эдификаторов степных участков свидетельствуют о высокой жизнеспособности их популяций при пожарах, в меньшей степени при сенокошениях и значительном угнетении растений при пастбищном использовании.

Список литературы

1. Вайнагий И. В. О методике изучения семенной продуктивности растений // Бот. журнал. - 1974. - Т. 59 (6). - С. 826–831.
2. Домбровская С. С. Видовой состав, семенная продуктивность растений и потенциальные запасы семян в луговых фитоценозах // Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики «Луганский национальный аграрный университет». 2020. - № 8-1. - С. 116–120.
3. Зюзин А. Н. Семенная продуктивность и урожайность семян степных растений // Природа родного края. Луганск: Учебная книга, 2024. - С. 11–16.
4. Кузнецова Г. О. Насіннєва продуктивність деяких рослин Хомутовського степу // Укр. бот. журнал. - 1959. - Т.16, № 1. - С. 62–70.
5. Курдюкова О. Н. Семенная продуктивность различных видов сорных растений // Вестник защиты растений. 2014. - № 1. - С. 30–35.
6. Курдюкова О. Н., Конопля Н.И. Семенная продуктивность и семена сорных. растений. Монография. Санкт-Петербург: Свое издательство, 2018. - 200 с.
7. Работнов Т. А. Методы изучения семенного размножения травянистых растений в сообществах // Полевая геоботаника. - 1960. - Т. 2. - С. 20–40.

УДК 504.371.3

РЕГИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МАТЕРИАЛОВ «БЕЛОЙ КНИГИ ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ»

Коротенко Н.В.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
ГБОУ «Школа № 136 городского округа Донецк», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

Рассмотрены возможности использования материалов «Белой книги Донецкой Народной Республики» [1] как содержательной и информационно-аналитической основы регионального экологического образования [2]. Особое внимание уделяется переходу от традиционного изучения экологических проблем к исследовательской модели обучения, в рамках которой территория ДНР рассматривается как сложная природно-техногенная система и одновременно как пространство экологического восстановления [3–5]. Материалы «Белой книги», включающие сведения о водных и лесных ресурсах, накопленном экологическом вреде и особо охраняемых природных территориях, позволяют формировать задания на основе реальных региональных данных [6, 7], картографических материалов, результатов полевых наблюдений и дистанционного зондирования Земли.

Предлагается концепция факультативного курса «Экология Донбасса: исследование, мониторинг, восстановление», а также направления исследовательских проектов талантливой молодёжи. Обосновывается применение геоинформационных технологий, дистанционного зондирования, проектного и проблемного обучения, цифрового картографирования, технологий citizen science, искусственного интеллекта и цифрового моделирования. Региональная специфика экологического образования связывается с высокой промышленной освоенностью территории, горнодобывающим наследием, дефицитом водных ресурсов, трансформацией лесных и степных экосистем, воздействием на ООПТ и необходимостью экологической реабилитации нарушенных ландшафтов.

Принципиальное значение «Белой книги ДНР» для образовательной практики состоит в том, что она может рассматриваться не только как источник сведений о состоянии окружающей среды, но и как региональная база исследовательских кейсов. Структура издания уже задаёт четыре взаимосвязанных содержательных направления: водные ресурсы, лесные ресурсы, накопленный экологический ущерб и система особо охраняемых природных территорий. Авторы непосредственно указывают на возможность использования издания студентами и специалистами экологического профиля.

На этой основе целесообразно сформулировать педагогическую концепцию «ДНР как открытая учебно-исследовательская лаборатория экологического восстановления». В отличие от курса, построенного преимущественно на сообщении обучающимся готовых фактов об экологическом неблагополучии, такая модель ориентирует ученика или студента на последовательность «данные – проблема – исследование – объяснение – проект решения – оценка результата».

Данная концепция особенно соответствует содержанию самой «Белой книги». В ней перспективы экологической реабилитации связываются с преобразованием нарушенных ландшафтов, минимизацией последствий техногенных и беллигеративных воздействий, сохранением биоразнообразия, восстановлением лесомелиоративного каркаса и использованием природоподобных технологий. Следовательно, дидактическим результатом работы с книгой должно становиться не запоминание перечня экологических проблем, а формирование способности диагностировать состояние территории и проектировать научно обоснованные варианты её восстановления.

При этом в образовательной работе необходимо методически разделять три типа материала: документированные экологические данные; научные интерпретации авторов; оценочные и общественно-политические суждения. Для естественно-научного образования приоритет должны иметь проверяемые показатели, карты, результаты мониторинга, экологические причинно-следственные связи и методы исследования. Такой подход развивает не только экологическую, но и информационную и научную грамотность.

Уникальность региональной модели определяется наложением нескольких типов экологической нагрузки. ДНР представляет собой высоко освоенную индустриальную территорию степной зоны с продолжительной историей угледобычи, металлургии и химического производства. В «Белой книге» накопленный экологический вред рассматривается как результат глубокого преобразования рельефа, почв, поверхностных и подземных вод и формирования мощных техногенных отложений. Также отмечено сочетание степных природных комплексов с уникальной историей степного лесоразведения. Территория современной ДНР связана с опытами В. Е. фон Граффа, Велико-Анадольским лесничеством и исследованиями экспедиции В. В. Докучаева. Поэтому региональное экологическое образование может объединять естествознание, историю науки, лесоведение и современное проектирование зелёной инфраструктуры.

Согласно приведённым в книге данным, на 2024 год природно-заповедный фонд ДНР составлял около 111 тыс. га, то есть приблизительно 4 % площади территории; рассматриваются национальные парки, заповедник «Степь Донецкая» и другие категории ООПТ. В образовательном отношении это создаёт основу для изучения

репрезентативности ООПТ, экологических коридоров, степных экосистем, инвазивных видов и механизмов восстановления биоразнообразия.

Для ДНР принципиально важен safety-by-design – принцип проектирования исследования с учётом безопасности. Сама «Белая книга» описывает территории, где полевые исследования затруднены или небезопасны, включая наличие минной опасности. Поэтому школьные проекты на потенциально опасных территориях должны выполняться исключительно дистанционными методами. Полевые занятия допустимы только на официально разрешённых и обследованных маршрутах. Дистанционное зондирование здесь становится не только современной технологией обучения, но и необходимым инструментом безопасного исследования.

Для работы с материалами «Белой книги» целесообразно использовать не одну технологию, а их интеграцию. Центральное место должно занимать inquiry-based learning, при котором обучающийся начинает с исследовательского вопроса и гипотезы, а не с готового ответа. Оно дополняется problem-based learning: учащиеся получают реальную региональную проблему – например, деградацию лесополосы или изменение водного режима – и должны обосновать варианты решения. Вторым компонентом становится геопространственное обучение: открытые спутниковые данные, QGIS, веб-ГИС, геопорталы, цифровые модели рельефа, индексы NDVI и NBR. В данном случае технология не привносится в курс искусственно: сама «Белая книга» демонстрирует применение ДЗЗ для оценки лесных территорий. Третье направление – data-driven education, или обучение на данных. Учащиеся работают с таблицами химического состава воды, картами, временными рядами, фотографиями и спутниковыми снимками, учатся проверять источники, нормализовать показатели, строить графики и различать корреляцию и причинную связь.

Для безопасного знакомства с труднодоступными территориями могут применяться виртуальные экскурсии, панорамные материалы, цифровые карты и элементы AR или VR. Это особенно значимо там, где непосредственный выход обучающихся на объект невозможен.

Дополняют модель технологии citizen science, исследовательские хакатоны, командные GIS-марафоны, портфолио исследователя, перевёрнутый класс и защита проектов перед экспертами вузов, научных учреждений и природоохранных организаций. Использование «Белой книги ДНР» позволяет изменить саму функцию регионального компонента экологического образования. Он перестаёт быть приложением к общему курсу географии или биологии и становится полигоном формирования функциональной экологической грамотности. Учащийся должен научиться не только утверждать, что «территория загрязнена» или «биоразнообразие необходимо сохранять», а ставить операционализируемые вопросы: какой показатель отражает изменение; за какой период оно произошло; какова

пространственная структура процесса; какие данные подтверждают гипотезу; насколько достоверен источник; каким методом можно оценить восстановление; какое решение является экологически и экономически обоснованным? Именно такой подход особенно перспективен для работы с талантливой молодёжью. Его конечным продуктом может стать постоянно обновляемая молодёжная цифровая экологическая обсерватория ДНР, объединяющая школьные, вузовские и научные проекты. Её базовыми продуктами могут быть региональные временные ряды, интерактивные карты, локальные «малые белые книги», паспорта водных объектов, карты биоразнообразия, модели зелёной инфраструктуры и проекты экологической реабилитации.

Таким образом, дидактическая ценность «Белой книги» заключается не только в объёме представленного фактического материала. Более значимым является то, что документ позволяет выстроить образовательный цикл полного научного действия: от наблюдения и анализа реального экологического состояния территории – к мониторингу, прогнозированию и проектированию её восстановления. Для ДНР такая модель приобретает особое значение – соединяет региональную идентичность, историю отечественных исследований степи, современные цифровые методы и практические задачи экологической реабилитации территории.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
2. Адаптационные детерминанты психофизического здоровья человека: Материалы Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Донецк, 19 марта 2026 года. – Донецк: ДонГУ, 2026. – 399 с. – EDN GKEMXQ.
3. Сафонов, А. И. Этапы подготовки материалов о полемострессе для Белой книги Донецкой народной Республики // Экология родного края: проблемы и пути их решения. – Киров: ВятГУ, 2026. – С. 63-66. – EDN YKQDST.
4. Сафонов, А. И. Инициирование регионального конкурса "Техника документального изображения объектов природы" // Качественное экологическое образование и инновационная деятельность - основа прогресса и устойчивого развития, Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2025. – С. 93-96. – EDN WVAKIH.
5. Сафонов, А. И. Один из способов прогноза фактора полемостресса в Донбассе на 2025-2027 годы // Актуальные экологические проблемы и экологическая безопасность в современных условиях. Саратов. 2025. – С. 205-207. – EDN VAZWKD.
6. Рябцев, А. А. Отработка алгоритма идентификации тератогенеза на примере индикаторного вида семейства капустных / А. А. Рябцев, Б. А. Габараев // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 139-145. – EDN NWSLAW.
7. Габараев, Б. А. Структурная разнокачественность листового аппарата *Phaseolus vulgaris* L. в градиенте антропогенного стресса // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 63-72. – EDN CGPCRU.

УДК 581.15:504.371.3

ДИАГНОСТИКА ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ В ДОНБАССЕ КАК ОСНОВА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРАКТИКУМА

Крамаренко А.А.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
annakramar3nko@yandex.ru

Современная подготовка студентов-биологов требует перехода от описательного изучения морфологии растений к исследовательскому анализу структурно-функциональной пластичности растительного организма в неоднородной среде [1–3]. Перспективной моделью для реализации такого подхода являются древесные растения, характеризующиеся высокой информативностью комплекса макроморфологических, ксилотомических и гистологических признаков [4–6]. Результаты дендроиндикационных исследований техногенно трансформированных территорий [4, 6, 7] позволяют сформировать практикум, в котором традиционное изучение морфологии хвои, побеговой системы и вторичной ксилемы интегрируется с экологической анатомией, дендрохронологией, биомеханикой и количественной фитоиндикацией [6].

Наши исследования показывают целесообразность пространственно дифференцированного анализа древесной растительности. Для дендроиндикации использовались маршруты, ориентированные относительно источников техногенного воздействия; на отдельных трансектах регистрировалось закономерное изменение величины радиационного фона от импактных участков к рекреационным зонам. Особенно ценным для учебно-исследовательской работы является наличие конкретных наблюдений по *Pinus sylvestris*: при значениях 0,19 мкЗв/ч отмечены единичные трансформации габитуса, при 0,14 мкЗв/ч – модификации стволов и хвои, а на трансекте с показателем 0,23 мкЗв/ч и выраженным пылевым воздействием – нетипичность габитуальной организации хвойных растений.

Научно-педагогическая ценность этих материалов состоит в возможности отказаться от изолированного преподавания «нормальной анатомии» хвойного листа или стебля. Студент должен исследовать не абстрактную хвоинку, а морфофункциональный модуль, сформированный в определённых условиях среды. В этом случае анатомический препарат превращается из демонстрационного объекта в источник количественных биоиндикационных данных.

Особенно продуктивно объединение такой схемы с результатами исследований механической устойчивости древесных растений. В исходных материалах показано, что после обледенения степень повреждения деревьев значительно варьировала между видами и участками, а для анализа

применялись маршрутные наблюдения и фотофиксация повреждений кроны и ветвей. На втором маршруте, расположенном вблизи породного отвала, отдельно анализировались повреждения древесной растительности, сформировавшейся в условиях техногенного воздействия. Таким образом, практические занятия могут объединять экологическую морфологию, анатомию вторичной ксилемы и элементы биомеханики дерева.

Практическое занятие «Гистотопографическая организация хвои *Pinus sylvestris* в градиенте техногенной нагрузки». Центральным объектом целесообразно сделать хвою сосны обыкновенной как долговечный ассимиляционный орган, анатомическая организация которого сочетает ксероморфные, механические, секреторные и проводящие структуры.

При микроскопическом исследовании студент должен не ограничиваться распознаванием тканей. Необходимо интерпретировать топологические соотношения анатомических компартментов. В поперечном срезе идентифицируются кутикулизированная эпидерма с погружёнными устьичными аппаратами, субэпидермальная склеренхиматизированная гиподерма, складчатый хлоренхиматозный мезофилл, эндодермальный барьер центрального цилиндра, трансфузионная ткань, два коллатеральных проводящих пучка, а также эпителиально выстланные смоляные каналы.

Именно такая организация позволяет перейти от качественной анатомии к гистометрии. Для каждой хвоинки определяются толщина кутикулярно-эпидермального комплекса, число слоёв гиподермы, площадь мезофилла, площадь центрального цилиндра, относительная площадь трансфузионной ткани, диаметр и площадь смоляных ходов, размеры проводящих пучков. Желательно проводить анализ не менее пяти хвоинок от одного дерева с несколькими техническими повторностями поперечных срезов, но статистической единицей считать дерево, а не каждый отдельный срез. Такой подход принципиально важен для исключения псевдорепликации. Для окрашивания учебных срезов достаточно толуидинового синего; при углублённом варианте практикума целесообразно применять реакции, позволяющие дифференцировать лигнифицированные и нелигнифицированные клеточные оболочки. Микрофотографии стандартизируются по увеличению, после чего выполняется цифровая гистометрия.

Конкретным результатом занятия становится не рисунок «строение хвои сосны», а таблица индивидуальных морфоанатомических профилей, позволяющая определить, какие тканевые параметры являются консервативными, а какие обладают выраженной фенотипической пластичностью. На уровне образовательных результатов студент должен уметь дифференцировать адаптивную фенотипическую пластичность, неспецифическую стрессовую реакцию и структурную патологию; различать морфологический маркер и анатомический диагностический

признак; понимать иерархию источников вариабельности «экотоп – дерево – побег – хвоя – срез»; избегать псевдорепликации; интерпретировать количественные анатомические показатели в контексте функционирования органа. В таком практикуме хвоя рассматривается как интегрированная морфофункциональная система с эпидермо-гиподермальным защитным комплексом, ассимиляционной паренхимой, эндодермально-трансфузионным аппаратом, проводящими пучками и секреторными структурами; ствол – как динамическая ксилемная система, фиксирующая историю роста и механических нагрузок; архитектоника кроны – как итог взаимодействия апикальной доминанты, ритмики побегообразования и внешних стрессоров.

Представленные в исходных исследованиях маршрутные схемы, картографическая фиксация техногенного градиента, регистрация внешних модификаций древесных растений и использование *Pinus sylvestris* в качестве одного из дендроиндикационных объектов позволяют создать принципиально более сложный учебный модуль по морфологии и анатомии хвойных. Его методологической особенностью становится переход от статического описания «нормального» строения к анализу структурной гетерогенности, морфогенетической пластичности и тканевой реализации экологического ответа.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
2. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
3. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. – 289 с. – EDN QVJSQE.
4. Optimization Potential of Ecosystem Functions of Tree and Shrub Plantations in Anthropogenically Transformed Territories of the Southern East European Plain / V. Kornienko, I. Pirko, B. Meskhi [et al.] // Biology. – 2026. – Vol. 15, No. 10. – DOI 10.3390/biology15100784. – EDN JEBOAH.
5. Оценка состояния старовозрастных лесных насаждений Донбасса и Новороссии / А. А. Чибилев, Р. В. Кишкань, В. О. Корниенко [и др.] // Наука Юга России. – 2026. – Т. 22, № 2. – С. 91-99. – DOI 10.7868/S25000640260212. – EDN RUQLHA.
6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025623667 РФ. Эколого-биологические особенности и реакция древесно-кустарниковых интродуцентов в зеленых насаждениях городов Донбасса на климатотехногенный прессинг: заявл. 19.08.2025: опубл. 05.09.2025 / В. О. Корниенко, И. Ф. Пирко, А. О. Шкиренко; Донецкий государственный университет. – EDN IVJEIB.
7. Современное экологическое состояние Великоанадольского леса в связи с военными действиями / В. О. Корниенко, Р. В. Кишкань, А. А. Чибилев [и др.] // Вопросы степеведения. – 2025. – № 2. – С. 79-90. – DOI 10.24412/2712-8628-2025-2-79-90. – EDN PZWEEW.

УДК 581.15 : 712 (477)

БОТАНИКО-ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ И ОЗЕЛЕНЁННЫХ ТЕРРИТОРИЙ Г. ТОРЕЗА И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ

Кувшинова Е.М.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
karatkevichy@bk.ru

Зелёные насаждения являются одним из основных компонентов городской среды [1, 2], выполняющих санитарно-гигиенические [3, 4], экологические [5], рекреационные [6] и эстетические функции [7]. Для г. Тореза их состояние приобретает особое значение вследствие сочетания засушливого континентального климата и интенсивного антропогенного воздействия. Для этой территории отмечены неравномерность атмосферных осадков, дефицит почвенной влаги, запылённость и загазованность воздушной среды, нарушение почвенного покрова, а также воздействие промышленных и транспортных выбросов на растения.

Дополнительной проблемой является недостаточный уход за частью городских озеленённых территорий, проявляющийся в разреженности растительного покрова, наличии свободных участков грунта, отсутствии мульчирования, недостаточной структурированности посадок и распространении сорной растительности. Поэтому оценка современного состояния зелёных насаждений и разработка локально адаптированных рекомендаций по их реконструкции являются актуальной задачей для повышения экологического и рекреационного качества городской среды.

Цель работы – провести ботанико-эстетическую оценку современного состояния отдельных рекреационных и озеленённых территорий г. Тореза, выявить основные факторы, ограничивающие их декоративность и устойчивость, и разработать практические рекомендации по оптимизации видового состава, пространственной структуры и агротехнического ухода за городскими насаждениями. Для достижения поставленной цели решались задачи по оценке состояния растительного и почвенного покрова, анализу структуры и ассортимента растений на ухоженных и недостаточно ухоженных участках, выявлению основных недостатков озеленения и подбору растений, перспективных для использования в городских условиях.

Несмотря на удовлетворительное физиономическое состояние растений, установлены отдельные недостатки композиционного характера: недостаточная ярусность, наличие незаполненных участков и отсутствие мульчирования. Для повышения устойчивости и декоративной продолжительности цветника рекомендовано сочетать растения различной высоты. Верхний и средний ярусы могут формироваться представителями *Delphinium, Salvia, Echinacea, Ageratum* и *Antirrhinum*, а нижний – *Alyssum*,

Lobelia, *Sedum* и *Thymus*. Введение *Festuca* и *Miscanthus* позволяет увеличить структурную выразительность композиции, а сохранение *Petunia* и *Calibrachoa* – обеспечить выраженные цветовые акценты.

Отдельного внимания требуют розарии. На исследованном участке с *Rosa* spp. выявлена неодинаковая плотность кустов, наличие растений с признаками ослабления, сухость почвы и отсутствие мульчирующего слоя. Между кустами имелись значительные незаполненные промежутки, а на участках проходов отмечались признаки уплотнения и эрозии грунта. Для повышения устойчивости такого типа насаждений целесообразно использовать почвопокровные растения *Sedum* spp., *Thymus* spp. и *Sagina subulata*, декоративнолиственные *Hosta* spp. и *Heuchera* spp., а также многолетники *Delphinium*, *Echinacea* и *Salvia*. Перспективным является включение ранневесенних видов – *Scilla* spp., *Chionodoxa* spp. и *Crocus* spp., позволяющих повысить декоративность территории до начала массового цветения *Rosa*.

Природный растительный покров территории Тореза также имеет важное значение при разработке подходов к городскому озеленению. В Глуховском лесу представлены древесные растения родов *Fraxinus, Acer, Tilia, Carpinus, Ulmus, Quercus* и *Betula*. В кустарниковом ярусе отмечены представители родов *Prunus*, *Rosa*, *Sambucus*, *Crataegus*, *Lonicera* и *Frangula*. Травянистый покров включает лесные и опушечные растения различных экологических групп.

В рамках выполненного обследования впервые для выбранных локальных участков дана комплексная характеристика их состояния с разделением на ухоженные и недостаточно ухоженные территории. Выявлена связь между качеством визуального состояния насаждений и такими элементами ухода, как плотность заполнения территории растениями, наличие ярусности, мульчирование, состояние почвенного покрова и регулярность агротехнических мероприятий. Для конкретных обследованных городских территорий сформирован ассортимент растений, позволяющий сочетать декоративность с большей устойчивостью к сухости и антропогенному воздействию. Предложена модель реконструкции участков на основе формирования древесного, кустарникового и травянистого ярусов с использованием почвопокровных растений и декоративных злаков.

Таким образом, наиболее существенным результатом является не только констатация неудовлетворительного состояния отдельных участков, но и переход от диагностики к разработке конкретных способов их экологической и эстетической оптимизации.

В городских посадках представлены декоративные и древесно-кустарниковые растения родов *Rosa, Paeonia, Iris, Petunia, Corylus* и *Crataegus*. Перспективным направлением оптимизации насаждений является расширение использования почвопокровных растений (*Sedum,*

Thymus, Ajuga), устойчивых многолетников (*Echinacea, Rudbeckia, Salvia*) и декоративных злаков (*Calamagrostis, Festuca, Molinia*).

Полученные результаты показывают, что повышение качества городской зелёной инфраструктуры возможно не только за счёт увеличения количества посадочного материала, но прежде всего за счёт правильного подбора экологически устойчивых видов, формирования многоярусных композиций и систематического агротехнического ухода.

Дальнейшее изучение зелёных насаждений г. Тореза целесообразно проводить на основе регулярного мониторинга одних и тех же участков в разные сезоны и в течение нескольких лет. Особого внимания требуют количественная оценка видового состава растений, определение проективного покрытия, плотности и жизненного состояния насаждений, анализ свойств почвы и обеспеченности её влагой.

Отдельным направлением дальнейшей работы должна стать разработка карты состояния зелёных насаждений г. Тореза с выделением территорий удовлетворительного состояния, участков, нуждающихся в реконструкции, и зон повышенного антропогенного воздействия.

Список литературы

1. Сафонов А. И., Калинина Ю. С. Внедрение научных разработок по озеленению в образовательный процесс Донгу // Ботанические сады и озеленение населенных мест. – Симферополь, 2024. – С. 252-254. – DOI 10.5281/zenodo.12813138. – EDN HLNNBF.
2. Калинина, Ю. С. Особенности ландшафтной организации городского пространства на примере города Донецка / Ю. С. Калинина // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2025. – № 42. – С. 36-40. – EDN ONVMPI.
3. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
4. Сафонов, Р. А. Геометрические особенности ландшафтной архитектуры г. Донецка // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2024. – Т. 1, № 16. – С. 155-159. – EDN BKNVZY.
5. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025624200 Российская Федерация. Структурно-функциональные показатели растений-индикаторов антропогенных трансформаций в Донбассе: опубл. 02.10.2025 / А. И. Сафонов; заявитель Донецкий государственный университет. – EDN DDJCNK.
6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025625306 Российская Федерация. Список видов цветочно-декоративных растений, используемых в ландшафтном дизайне Донецко-Макеевской агломерации: опубл. 19.11.2025 / А. И. Сафонов, Ю. С. Калинина; заявитель Донецкий государственный университет. – EDN UUGNSA.
7. Калинина, Ю. С. Рабочая схема ландшафтной индикации в Донецке: дизайн и критерии устойчивости геосистем // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 3. – С. 14-23. – DOI 10.5281/zenodo.14531840. – EDN GAKMLH.

УДК 581.15 (477)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ШКАЛЫ РАСТЕНИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ИНДИКАЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭКОТОПОВ ДОНБАССА

Курьянова Ю.А.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

Современная экологическая ботаника рассматривает растительный организм и растительное сообщество не только как структурные компоненты экосистем, но и как высокоинформативные биоиндикационные системы [1, 2], способные интегрально отражать изменение комплекса абиотических [3] и антропогенных факторов [4]. Особое значение в этом контексте приобретают методы фитоиндикации [5], основанные на закономерностях экологической приуроченности видов [6], их ценотической позиции, диапазонах толерантности и морфофизиологической пластичности [7]. Одним из наиболее формализованных инструментов фитоиндикации являются экологические шкалы растений, позволяющие количественно интерпретировать экологические режимы местообитаний по флористическому составу растительных сообществ.

Цель работы – обобщение возможностей использования экологических шкал растений и аутфитоиндикационных критериев для диагностики состояния трансформированных экотопов Донбасса, а также выявление наиболее перспективных видов-индикаторов для экологического мониторинга урбанизированных и промышленных территорий.

Установлено, что для Донбасса сформирована система регионального фитоиндикационного мониторинга, в которой реакция растений сопоставлялась с химическими характеристиками почвы и атмосферного загрязнения. Особое значение имеют исследования, выполненные на территориях Донецка, Макеевки, Енакиево и других промышленных центров Центрального Донбасса.В качестве тест-объектов использовали широко распространённые синантропные, рудеральные и гемерофильные виды, способные существовать в условиях значительной антропогенной трансформации. К числу наиболее информативных относятся: *Plantago major* L.; *Cichorium intybus* L.; *Echium vulgare* L.; *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.; *Reseda lutea* L.; *Berteroa incana* (L.) DC.; *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip.; *Tanacetum vulgare* L. Эти виды представляют интерес благодаря широкой экологической амплитуде, высокой встречаемости, способности колонизировать нарушенные местообитания и одновременно демонстрировать количественно регистрируемые морфогенетические реакции на стрессовые воздействия.

Особый интерес представляет разработанная для Донбасса система унифицированных 10-балльных аутфитоиндикационных шкал. В рамках данного подхода различные количественные и качественные реакции растения переводятся в стандартизированную систему баллов. Это позволяет сопоставлять между собой признаки, имеющие различную биологическую природу. Можно выделить несколько типов шкал: абсолютного изменения метрических признаков; процентной выраженности определённого признака; отражающие репродуктивный и вегетативный успех растения; частоты возникновения дискретных аномалий и специализированных морфологических структур.

Преимущество такого подхода заключается в возможности математической интеграции разнородных фитодиагностических признаков.

Фактически растение рассматривается как биологический сенсор, аккумулирующий комплексный эффект воздействующих факторов среды.

Полученные в Донбассе данные позволяют говорить о существовании двух взаимодополняющих уровней экологической диагностики. Первый уровень – синфитоиндикационный. Он основан на флористической структуре растительного сообщества и позволяет реконструировать экологические режимы экотопа. Второй уровень – аутфитоиндикационный. Он основан на реакции отдельных организмов и позволяет оценивать степень физиолого-морфологического и репродуктивного стресса. При использовании только видового состава можно определить, какие экологические условия сформировались на участке.

При анализе состояния модельных видов появляется возможность определить, насколько выражено воздействие антропогенного фактора на растительный организм.

Именно сочетание этих двух уровней позволяет наиболее полно охарактеризовать техногенно или вооружённым конфликтом трансформированный экотоп.

Доказано, что экологические шкалы являются эффективным инструментом количественной фитоиндикации и позволяют проводить интегральную оценку экологических режимов местообитаний по структуре растительного покрова. Для техногенно трансформированных территорий классические синфитоиндикационные шкалы целесообразно дополнять аутфитоиндикационными критериями, основанными на морфологических, палинологических, карпологических и тератологических реакциях растений.

В условиях Донбасса установлена высокая информативность ряда широко распространённых синантропных и рудеральных видов, в том числе *Plantago major* L., *Cichorium intybus* L., *Echium vulgare* L., *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Reseda lutea* L., *Berteroa incana* (L.) DC., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch.Bip. и *Tanacetum vulgare* L. Наиболее диагностически значимыми являются показатели состояния генеративной

сферы, в частности морфология и жизнеспособность пыльцы, а также частота тератологических и морфогенетических отклонений.

В ряде исследований установлены высокие коэффициенты корреляции между фитодиагностическими признаками и интегральными характеристиками загрязнения, что подтверждает возможность применения растений как тест-систем для экологического мониторинга. Аутфитоиндикация не должна рассматриваться как полная замена инструментальному химическому анализу. Наиболее корректным является её использование как метода экспресс-диагностики, пространственного скрининга и долговременного экологического мониторинга с последующей верификацией химико-аналитическими методами.

Перспективным является использование методов цифровой морфометрии, автоматизированного распознавания тератологических фенов, геоинформационного картографирования, пространственной статистики и мультивариантного анализа.

Таким образом, экологические шкалы и аутфитоиндикационные критерии представляют собой перспективный инструментарий современной экологической ботаники, обеспечивающий возможность комплексной диагностики и мониторинга техногенно трансформированных экосистем Донбасса.

Список литературы

1. Определение порогов чувствительности биоиндикаторов на действие экологически неблагоприятных факторов среды / С. В. Беспалова, О. С. Горецкий, А. З. Глухов [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2010. – № 1(10). – С. 9-25. – EDN DGQGOX.
2. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
3. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
4. Сафонов, А. И. Экологический подход к фиторемедиации в новых условиях антропогенной трансформации ландшафтов Донбасса / А. И. Сафонов, Ф. В. Голубев // Овощи России. – 2026. – № 1. – С. 110-118. – DOI 10.18619/2072-9146-2026-1-110-118. – EDN EWFXOU.
5. Рябцев, А. А. Отработка алгоритма идентификации тератогенеза на примере индикаторного вида семейства капустных // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 139-145. – EDN NWSLAW.
6. Зусарь, К. Д. Анализ графических данных фитомониторинга в динамике полемостресса // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 91-98. – EDN NHYCBI.
7. Сафонов, А. И. Опыт фитоиндикационной оценки антропогенных экотопов Донбасса (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. – 2025. – № 2. – С. 16-29. – DOI 10.25750/1995-4301-2025-2-016-029. – EDN YOFKTG.

УДК 58.006: 504.03

НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛЕТНЕГО ЭКОФЕСТИВАЛЯ: ОПЫТ ДОНЕЦКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Кустова О.К., канд. биол. наук, ORCID ID 0000-0003-1102-9397,
Козуб-Птица В.В., канд. биол. наук, ORCID ID 0000-0003-3927-5514,
Глухов А.З., д-р биол. наук, проф., ORCID ID 0000-0001-9675-7611,
Приходько Л.Г., ORCID ID 0009-0008-4186-0791
ФГБНУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, РФ
lavanda_dbg@mail.ru

Одной из важнейших сторон деятельности Донецкого ботанического сада (ДБС), помимо фундаментально-прикладных исследований, формирования и сохранения коллекционного фонда растений, является научно-просветительская работа, направленная на формирование экологического мышления и осознанного отношения к природным богатствам. Коллекции живых растений служат объектом и наглядным примером для обучения и познания разнообразия растительного мира, созерцания и воспитания эстетического восприятия [1]. Организация мероприятий, приуроченных к праздничным датам или массовому цветению растений коллекций в ДБС пользуются большим успехом [3].

Цель работы – систематизация методических решений и практических приемов проведения тематического летнего экофестиваля «Ароматы лета» при организации культурного досуга посетителей ДБС. Объектом исследований является коллекция ароматических и малораспространенных овощных растений ДБС.

Концепцией проведения мероприятия стало знакомство с ароматическими и лекарственными растениями мировой и аборигенной флоры, их полезными свойствами и значением, использовании в быту и промышленности, основными приемами ухода и практики озеленения для благоустройства муниципальных территорий или индивидуальных хозяйств. Тематика приурочена к массовому цветению растений (2–3 декада июня – 1 декада июля). Это виды родов: тимьян, котовник, шалфей, лаванда, пиретрум, тысячелистник, рута, валериана, пахучка, иссоп, базилик, душица и др. [2]. Свое развитие фестиваль получил из успешной практики проведения в ДБС семейного праздника «Лавандовое вдохновение», популярность которого показала необходимость дальнейшего тематического расширения и введения обучающих элементов.

Как массовый проект экофестиваль «Ароматы лета» ориентирован на универсальную целевую аудиторию для различных возрастных групп и интересов населения, объединяющий садоводов и профессиональных озеленителей, студентов, семей с детьми, групп людей – любителей и

ценителей природы. Для того, чтобы учесть интересы посетителей формат мероприятия объединяет следующие формы проведения: 1) экскурсия; 2) образовательная станция; 3) мастер-класс; 4) организация зон отдыха и тематических фотозон (рис.).

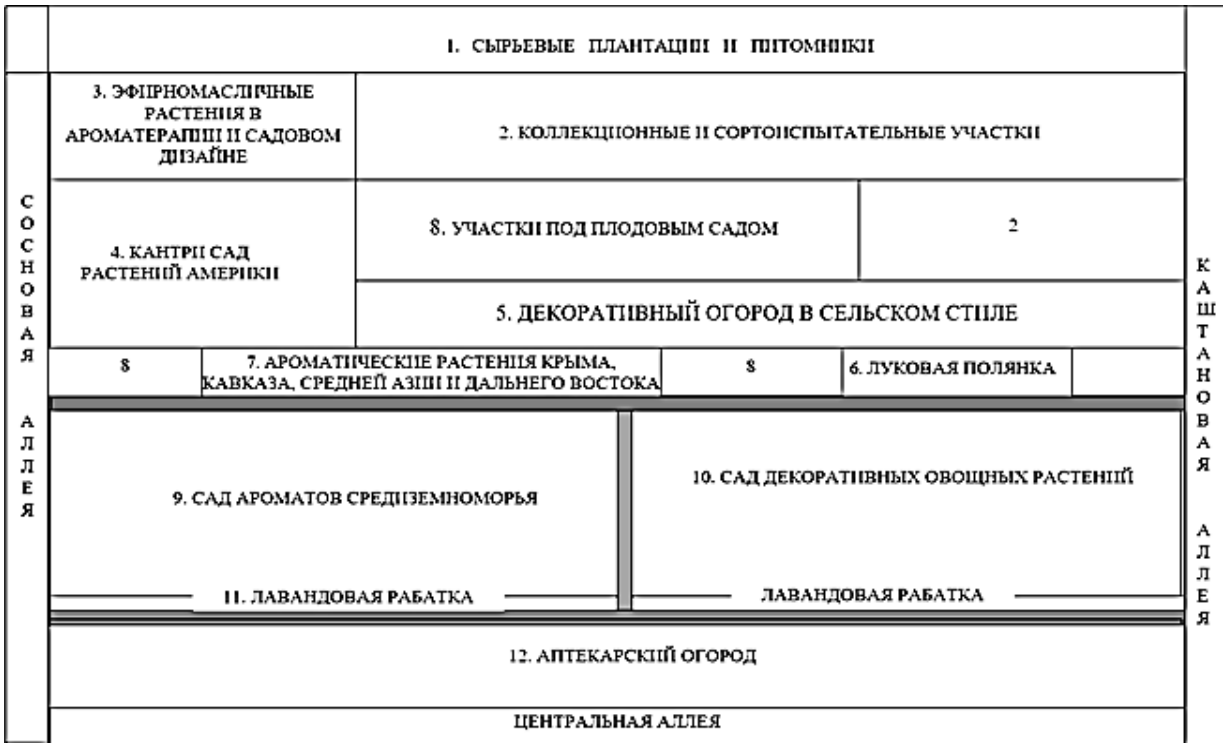


Рис. – План-схема коллекционно-экспозиционного участка ароматических и малораспространенных овощных растений Донецкого ботанического сада

Маршрут экскурсии проходит вдоль экспозиционных групп с цветущими массивами растений: «Аптекарский огород», «Сад ароматов Средиземноморья», «Эфирномасличные растения в ароматерапии и садовом дизайне». Лекционный материал подается в познавательной форме и включает: 1) знакомство с коллекциями и экспозициями; 2) сведения о видах рода лаванды, демонстрируемых в коллекции (ареал естественного произрастания, распространение по странам мира); 3) хозяйственно-полезная характеристика, применение в быту, производстве, озеленении, мифы и легенды, секрет популярности лаванды и ее эфирного масла; 4) традиция праздников сбора лаванды.

Интерактивная образовательная станция располагается в тени центральной аллеи. Здесь проводится детальное знакомство с живыми объектами, а именно: изучение морфологических особенностей видов лаванды; наблюдение в бинокулярном микроскопе железистых структур на листьях и чашечках; определение стадии зрелых семян; обучение приемам выращивания рассады, черенкования, деталям содержания и создания плантаций лаванды. Необходимые материалы и оборудование: фрагменты

растений, семена, предварительно подготовленные проростки лаванды, лабораторный стол, стулья, чашки Петри, фильтровальная бумага, пинцет, микроскоп МБС; емкости для выращивания рассады, пересадки проростков; пикировочный инструмент, универсальный грунт для рассады цветочных культур; этикетки, лейка, вода, салфетки, упаковочный материал. Слушатели непосредственно участвуют в процессе изучения, наблюдения, посева семян и пересадки рассады.

Мастер-класс по сбору и заготовке соцветий лаванды узколистной проводится на территории «Лавандовой рабатки», «Аптекарском огороде» «Сада ароматов Средиземноморья». Он включает обучение участников: работе и технике безопасности с инструментом для обрезки; особенностям сбора соцветий и формирующей обрезки кустов; практическим советам по составлению букетов, правилам сушки и использования растительного сырья. Далее посетители принимают непосредственное участие в обрезке и заготовке соцветий. Для этого необходимы материалы: ножницы, секаторы, серпы, корзины и другие предметы для сбора соцветий, шпагат джутовый 2 мм, аптечка с перевязочным материалом и дезинфицирующими средствами. По завершению мастер-класса организаторы отвечают на вопросы, оценивают результаты и номинируют успешных участников подарочными сертификатами. В организации и проведении экофестиваля принимают участие волонтеры из числа увлеченных студентов и учащихся. Под зоны отдыха и тематическую фотозону в экостиле с использованием разнообразных трав определяются тенистые места на прилегающих аллеях.

Систематизирован опыт методических решений и практических приемов проведения тематического летнего экофестиваля «Ароматы лета» на базе коллекционно-экспозиционного участка ароматических и малораспространенных овощных растений ДБС. Разработан алгоритм проведения мероприятия для формирования экологической культуры, развития научного мировоззрения, организации культурного досуга посетителей ДБС.

Работа выполнена в рамках государственного задания (номер госрегистрации 126020616725-0).

Список литературы

1. Донецкий ботанический сад: история и современность / Под общ. ред. Приходько С.А. – Донецк: изд-во «Проминь», 2020. – 300 с.
2. Приходько С.А. Коллекция ароматических растений Донецкого ботанического сада: интродукция, аспекты изучения и использования в условиях степной зоны / С.А. Приходько, О.К. Кустова, А.З. Глухов // Сборник научных трудов ГНБС. – 2018. – Т. 146. – С. 104–111.
3. Приходько С.А. Подготовка научных кадров, образовательная и эколого-просветительская деятельность в Донецком ботаническом саду: исторический аспект / С.А. Приходько, И.Л. Бурдина // Промышленная ботаника. – 2021. – Вып. 21, № 4. – С. 82–95.

УДК 582.29

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛИХЕНОФЛОРЫ КАРБОНАТНОГО МАССИВА «КАДАЛИКАНСКИЕ СТОЛБЫ» (ПАТОМСКОЕ НАГОРЬЕ, ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)

Лиштва А.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0003-0025-1520,
Тресков Н.В.
ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», г. Иркутск, РФ
Lishtva@rambler.ru, treskov340@gmail.com

Патомское нагорье расположено в Бодайбинском районе Иркутской области к северо-востоку от озера Байкал и представляет собой средневысотную горную страну (700-1200 м н.у.м.) [1]. Территория характеризуется суровыми климатическими условиями, растительность представлена в основном редкостойными лиственничниками, зарослями кедрового стланика и горными тундрами [4].

Карбонатный массив Кадаликанские столбы расположен в центральной части Патомского нагорья в долине реки Кадаликан. Сочетание резко континентального климата, особенностей рельефа и карбонатного типа субстрата формирует на данной территории нетипичные для бореальной зоны местообитания. Территория также имеет природоохранный потенциал, так как расположена в непосредственной близости от крупных золотоносных месторождений.

Цель работы – выявить особенности географической структуры лихенофлоры карбонатного массива «Кадаликанские столбы» на основе анализа географических элементов и ареалогических групп лишайников.

Материалом для исследования послужили собственные сборы лишайников, выполненные в 2025 г. Собрано более 80 пакето-образцов, охватывающих основные местообитания массива. Список лихенофлоры составил 89 видов, относящихся к 52 родам и 22 семействам.

Географические элементы выделены с использованием эколого-зонального подхода, основанного на соотнесении видов с природно-климатическими зонами и зональными типами субстратов. Для лихенофлор Сибири выделяют 5 географических элементов: аркто-альпийский, бореальный, монтанный, аридный и неморальный [2,3]. Принадлежность видов к ареалогическим группам определялась на основании литературных данных, специализированных лихенологических ресурсов и сведений международной базы GBIF [5].

Ведущее положение занимает аридный элемент, объединяющий 30 видов, или треть от всей изученной лихенофлоры (табл. 1). Его высокая доля примечательна для территории, расположенной в пределах горно-таёжной области Восточной Сибири. Значительное участие видов данного элемента

может быть связано со спецификой карбонатных местообитаний, где сочетание субстрата и локальных микроклиматических условий создаёт особые экотопы с выраженным ксеротермическим режимом.

Таблица 1

Распределение видов по географическим элементам

Элемент флоры	Число видов	% от флоры
Аридный	30	33,71
Бореальный	23	25,84
Аркто-альпийский	20	22,47
Монтанный	14	15,73
Неморальный	2	2,25

Второе место занимает бореальный элемент – 23 вида. Его существенное участие согласуется с положением исследуемой территории в горно-таёжной области. Аркто-альпийский элемент представлен 20 видами, что отражает связь территории с высокогорными местообитаниями. На долю этих двух элементов в совокупности приходится 43 вида (48,31 %). Монтанный элемент включает 14 видов и характеризует участие лишайников, приуроченных к горным субстратам. Неморальный элемент представлен двумя видами.

Анализ ареалогических групп выявил абсолютное преобладание видов с широким распространением (табл. 2).

Таблица 2

Распределение видов по типам ареалов

Тип ареала	Число видов	% от флоры
Мультирегиональный	48	53,93
Евразиатско-североамериканский	26	29,21
Голарктический	8	8,99
Азиатский	5	5,62
Азиатско-североамериканский	1	1,12
Евразиатский	1	1,12

Наибольшее число видов относится к мультирегиональной группе (48 видов). Евразиатско-североамериканская группа включает 26 видов, а голарктическая – 8. В совокупности эти три группы объединяют 82 вида, что составляет 92,13 % исследованной лихенофлоры. Прочие лишайники, характеризующиеся более узкими ареалами и представлены лишь 7 видами.

Сопоставление географических элементов и ареалогических групп (рис.) показало необычное для горно-таёжной зоны Восточной Сибири сочетание доминирующей роли аридного элемента при сопоставимом положении аркто-альпийского и бореального элементов. При этом, большая часть лихенофлоры состоит из видов с широким распространением. Именно аридный элемент включает значительную часть видов с ограниченным ареалом: 3 из 5 азиатских и один азиатско-североамериканский вид.

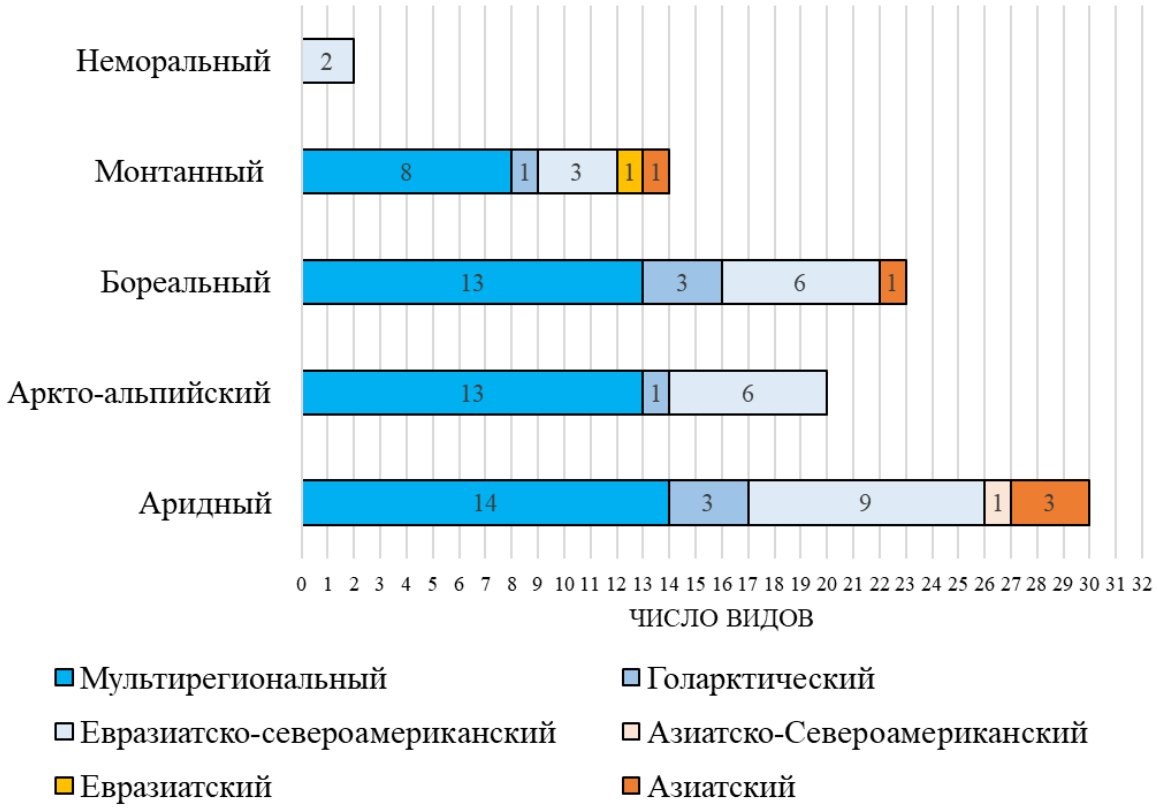


Рис. – Выявление ареалогических групп внутри географических элементов

Такое соотношение, вероятно, связано с локальным распространением карбонатных пород, создающих «обратные оазисы» аридных условий в таёжной зоне с резко-континентальным климатом.

Выявленные географические связи лихенофлоры дополняют данные о высокой флористической ценности территории и имеют практическое природоохранное значение. Полученные в ходе исследования материалы использованы при обосновании создания ландшафтного памятника природы регионального значения «Кадаликанские столбы», подготовленный пакет документов передан в Министерство природных ресурсов и экологии Иркутской области для административно-законодательного оформления ООПТ.

Список литературы

1. Воскресенский С. С. Геоморфология Сибири. – Москва: Изд-во Московского университета, 1962. – 352 с.
2. Лиштва А. В. Лихенология: учебно-методическое пособие. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. – 121 с.
3. Макрый Т. В. Лишайники Байкальского хребта. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. – 200 с.
4. Пешкова Г. А. Растительность Сибири: Предбайкалье и Забайкалье / Г. А. Пешкова; отв. ред. Л. В. Бардунов. – Новосибирск: Наука, 1985. – 145 с.
5. GBIF Home Page // Global Biodiversity Information Facility (GBIF: официальный информационный портал. URL: https://www.gbif.org/ (дата обращения: 05.10.2026).

УДК 502.3:504.6:581.52(477)

ПЕРВИЧНЫЕ СУКЦЕССИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА В МЕСТАХ МИЛИТАРИЗАЦИИ В ДОНБАССЕ

Марков В.Н.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
markov.tupac@gmail.com

Продолжительное воздействие комплекса беллигеративных факторов на природно-территориальные системы Донбасса привело к формированию специфической категории антропогенно трансформированных экотопов [1, 2], характеризующихся сочетанием механической деструкции почвенного профиля [3], нарушения микрорельефа [4], локального уничтожения растительного покрова [5], усиления дефляционных и водно-эрозионных процессов, изменения гидротермического режима субстрата и возникновения техногенных геохимических аномалий [6]. Исследования последних лет свидетельствуют, что в ландшафтах, подвергшихся воздействию военной активности, наряду с физическим разрушением местообитаний формируются выраженные биогеохимические контрасты по Zn, Co, Pb, Cu, Ni, P, La и другим элементам, сопровождающиеся морфологическими и анатомическими отклонениями у растений-индикаторов [2, 6].

Спонтанное заселение нарушенных субстратов представляет собой не только процесс восстановления фитоценотической структуры, но и начальный механизм биологической стабилизации поверхности, снижения интенсивности эрозии, накопления растительного опада, органического углерода и формирования новых биогеохимических связей. В связи с этим особое значение приобретает установление закономерностей пионерного зарастания беллигеративно нарушенных участков и выявление видов, способных выступать инициаторами сукцессионного процесса.

Целью исследования являлось установление закономерностей первичного и вторичного формирования травянистого растительного покрова в беллигеративно трансформированных экотопах Донбасса в 2025–2026 гг., оценка роли сорно-рудеральных видов на ранних стадиях сукцессии и выявление зависимости их участия и проективного покрытия от экспозиции склонов.

В качестве модельной группы использовали шесть травянистых видов, характерных для синантропных, рудеральных и рудерально-степных местообитаний степной зоны и обладающих достаточно широкой экологической амплитудой: *Cichorium intybus* L., *Taraxacum officinale* F.H.Wigg., *Plantago major* L., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Lactuca serriola* L., *Bromus tectorum* L.

На обследованных беллигеративно трансформированных территориях следует разграничивать два принципиально различных механизма восстановления растительного покрова.

Первичная сукцессия реализуется на локальных участках, где в результате физической трансформации полностью утрачен ранее сформированный почвенно-растительный комплекс, отсутствует выраженный гумусовый горизонт и первоначальное поселение растений происходит на вновь обнажённом либо перемещённом минеральном субстрате. К этой категории отнесены участки с глубоким нарушением почвенного профиля, свежие насыпные поверхности и другие формы техногенно-беллигеративного микрорельефа при условии фактического отсутствия сохранившейся почвы. В таких экотопах начальная стадия характеризуется дисперсным размещением отдельных особей, значительными незадернованными промежутками, повышенной ролью анемохорных и быстро проходящих онтогенетический цикл видов, а также высокой пространственной изменчивостью растительного покрова.

Вторичная сукцессия формируется на участках, где надземная растительность была уничтожена или существенно повреждена, однако сохранились элементы почвенного профиля, семенной банк, корневища, корнеотпрыски либо другие источники вегетативного возобновления. Скорость восстановления здесь закономерно выше, а в структуре пионерных сообществ наряду с однолетними рудералами раньше появляются многолетние травы.

В течение второго года наблюдений отмечено повышение степени сомкнутости травостоя и уменьшение площади свободного субстрата, что свидетельствовало о переходе от дисперсно-пионерной стадии зарастания к формированию относительно устойчивых рудерально-степных микрогруппировок. На участках вторичной сукцессии данный процесс протекал интенсивнее вследствие сохранения почвенного профиля и банка диаспор. Участки первичной сукцессии сохраняли выраженную пространственную неоднородность, более низкое общее проективное покрытие и повышенную долю одно- и двулетних видов.

Экспозиция поверхности выступает одним из ключевых факторов дифференциации раннесукцессионного растительного покрова. В условиях степной зоны Донбасса склоны южной экспозиции получают большую инсоляционную нагрузку, сильнее прогреваются и характеризуются более выраженным иссушением верхнего горизонта субстрата. Поэтому на них более медленно формировался сомкнутый травостой при повышенной относительной роли ксерофитизированных и быстро проходящих сезонный цикл растений. На склонах северной экспозиции относительно более благоприятный водный режим способствует продолжительному сохранению влаги в поверхностном горизонте, большей выживаемости проростков и более быстрому закреплению многолетних травянистых

растений. В результате при сопоставимой исходной степени нарушения на северных склонах закономерно более высокие значения общего проективного покрытия и меньшая доля полностью открытого субстрата.

По модельным видам это выражается в относительном усилении позиций *Cichorium intybus*, *Taraxacum officinale* и *Plantago major* на более мезофитных северных экспозициях, тогда как на прогреваемых южных участках возрастает ценотическая роль *Bromus tectorum*, *Lactuca serriola* и *Diplotaxis muralis*. Такая пространственная дифференциация отражает действие гидротермического фильтра уже на начальном этапе формирования сообщества.

Проведение обычных маршрутных и площадочных геоботанических исследований не может считаться допустимым непосредственно в зоне продолжающейся военной активности, на неразминированных территориях или на участках с неопределённым статусом безопасности. Риски связаны не только с непосредственным воздействием боевых факторов, но и с неразорвавшимися боеприпасами, нарушенными конструкциями, пожарами, локальными очагами химического загрязнения и отсутствием возможности безопасного многократного посещения одних и тех же пробных площадей.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
2. Сафонов, А. И. Этапы подготовки материалов о полемострессе для Белой книги Донецкой Народной Республики // Экология родного края: проблемы и пути их решения. Книга 1. – Киров: ВятГУ, 2026. – С. 63-66. – EDN YKQDST.
3. Сафонов А. И., Голубев Ф. В. Экологический подход к фиторемедиации в новых условиях антропогенной трансформации ландшафтов Донбасса // Овощи России. – 2026. – № 1. – С. 110-118. – DOI 10.18619/2072-9146-2026-1-110-118. – EDN EWFXOU.
4. Сафонов, Р. А. Разработка маршрутов сбора образцов для экологической фитодиагностики урбогеосистем // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 3. – С. 38-44. – DOI 10.5281/zenodo.14532148. – EDN KFZQNX.
5. Балыкин, И. А. Анализ ландшафтного профиля в графике по динамике полемостресса / И. А. Балыкин, Б. А. Габараев // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 18-25. – EDN CVNVAE.
6. Golubev, F. V. Biogeochemical Assessment of Donbass Landscapes Transformed by Military Actions / F. V. Golubev, L. N. Jovanović, A. I. Safonov // Ecologica. – 2026. – Vol. 33, No. 121. – P. 23-28. – DOI 10.18485/ecologica.2026.33.121.4. – EDN RIWZJZ.
7. Сафонов, А. И. Полемостресс как форма проявления беллигеративности экотопов в современных ландшафтах Донбасса // Актуальные экологические проблемы и экологическая безопасность в современных условиях. – Саратов: СГУГБИ имени Н.И. Вавилова, 2026. – С. 222-224. – EDN ITHMXQ.

УДК 581.1:502.7

СОСТОЯНИЕ МУЖСКОГО ГАМЕТОФИТА *AESCULUS HIPPOCASTANUM* L. В УСЛОВИЯХ ПОЛЕМОСТРЕССА В ДОНБАССЕ

Мирненко Н.С., ORCID 0000-0001-9918-3123
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
natalya_zaharenkova@mail.ru

В условиях возрастающей антропогенной нагрузки на экосистемы особую актуальность приобретает поиск чувствительных биоиндикаторов, способных отражать не только прямое токсическое воздействие, но и комплексные стрессовые реакции растительных организмов. Для Донбасса как региона с длительной историей интенсивного промышленного освоения и продолжающимися боевыми действиями, такой интегральной характеристикой становится полемострессс [1, 5, 6].

Объектом исследования выбраны пыльцевые зерна *Aesculus hippocastanum* L. – вида, широко используемого в системе городского озеленения Донбасса и обладающего повышенной чувствительностью к аэротехногенному загрязнению. Наблюдения проводили на 20 пробных площадях г. Донецка и г. Макеевки, различающихся по степени и характеру антропогенной нагрузки. Выбор площадей осуществлялся с учётом розы ветров, удалённости от стационарных источников выбросов и интенсивности автотранспортного потока [2-4].

Анализ стерильности пыльцевых зерен *Aesculus hippocastanum* L. показал значительную вариабельность в зависимости от пробной площади: значения варьировали от 14 до 48 %, что существенно превышает нормальные показатели для вида (обычно не более 10-15 %). Среднее значение стерильности по всем площадям составило 24±1,2 %. Наиболее угнетённое состояние мужского гаметофита зафиксировано на площадях с плотной городской застройкой, где деревья произрастают в асфальтированных клумбах (32 и 33 % соответственно). В то же время на участках, удалённых от жилых массивов и промышленных объектов, стерильность пыльцы была минимальной, а доля фертильных зёрен — наибольшей.

Жизнеспособность пыльцы, оценённая по степени прорастания *in vitro*, варьировала в широком диапазоне – от 49 до 96 %, составляя в среднем 74,8 %. Столь значительный размах значений свидетельствует о выраженной неоднородности стрессового воздействия в пределах городской агломерации и о сохранении адаптационного потенциала у части особей даже в условиях хронического техногенного пресса. Низкие показатели жизнеспособности могут быть обусловлены как прямым

токсическим эффектом загрязнителей, так и комплексом сопряжённых факторов – почвенными условиями, микроклиматическими особенностями, фенологической асинхронностью и общим уровнем угнетения репродуктивной сферы. Полученные данные согласуются с результатами оценки стерильности пыльцевых зерен и подтверждают вывод о том, что генеративная система *A. hippocastanum* в Донбассе находится в состоянии устойчивого стресса, а показатели пыльцы могут служить чувствительным индикатором полемостресса.

Корреляционный анализ выявил положительную статистически значимую связь между точкой отбора и стерильностью пыльцевых зерен ($r = 0,69$; $p < 0,05$), что подтверждает пространственную неоднородность стрессового воздействия и указывает на средовую природу наблюдаемых нарушений. Связь между точкой отбора и жизнеспособностью оказалась отрицательной ($r = -0,53$), однако не достигла уровня значимости, что может быть обусловлено малым числом пробных площадей и влиянием неучтённых факторов.



Рис. – Вторичное цветения каштана конского в Калининском районе г. Донецка

Полученные результаты хорошо вписываются в концепцию полемостресса [1, 5], согласно которой боевые действия формируют специфический комплекс стрессовых факторов, включающий как прямое физическое воздействие, так и химическое загрязнение (тяжёлые металлы, органические ксенобиотики, продукты горения). Хроническое воздействие этих факторов приводит к нарушению репродуктивной функции растений, что проявляется в повышении стерильности, снижении жизнеспособности и росте частоты морфологических аномалий пыльцы.

Особого внимания заслуживает феномен вторичного цветения *A. hippocastanum*, наблюдаемый в Донбассе в осенний период (рис.). В литературе [6] данное явление объяснялось погодными аномалиями, однако его систематический характер на фоне продолжающихся боевых действий позволяет рассматривать вторичное цветение как интегральный ответ растения на пролонгированный полемострессс. Нарушение фотопериодичной и гормональной регуляции, вызванное хроническим стрессом, приводит к аномальной потере питательных ресурсов, что вызывает формирование генеративных органов в осенний период, истощая деревья и снижая их устойчивость.

Таким образом, показатели пыльцы *Aesculus hippocastanum* L. могут служить чувствительными биоиндикаторами полемострессса, а вторичное цветение – его фенологическим маркером. Дальнейшие исследования могут быть направлены на установление количественных связей между уровнем беллигеративного загрязнения, физиологическим состоянием деревьев и частотой вторичного цветения, что позволит уточнить механизмы формирования полемострессса в Донбассе.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Гермонова Е.А., Сафонов А.И. Прогнозный сценарий фактора полемострессса в Донбассе на основании фитомониторинга // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2025. № 2. С. 21–29. DOI 10.5281/zenodo.15082154.
2. Мирненко Н.С. Жизнеспособность пыльцы некоторых видов древесных растений Донецкой агломерации // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2022. Т. 26, № 6. С. 55-61. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-55-61. EDN GGMVXI.
3. Мирненко Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере Г. Донецка) / Н. С. Мирненко, А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
4. Мирненко Н. С. Цитологический анализ пыльцевых зерен *Aesculus hippocastanum* L. в г. Донецке / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2020. – № 3-4. – С. 20-25. – EDN GRCBCF.
5. Сафонов А.И., Гермонова Е.А. Детализация результатов фитомониторинга полемострессса в Донбассе с использованием ГИС-технологий // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 1. С. 8-14. EDN KESXAO.
6. Опалко О. А., Опалко А. И. Специфичность повторного цветения древесных растений // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 11: Естественные науки. – 2015. – № 2 (12). – С. 20-28. – DOI 10.15688/jvolsu11.2015.2.2.
7. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.

УДК 581.5:622.882(477.62)

БИОИНДИКАЦИЯ ПОЛЕМОСТРЕССА ПО ФИТОПЛАНКТОНУ БАССЕЙНА РЕКИ КАЛЬМИУС

Мирненко Э.И., ORCID 0000-0002-3625-5326
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
eduard_mirnenko@list.ru

Термин «полемострессс» трактуется как совокупность внешних и функциональных проявлений у растений, возникающих в связи с воздействием боевых действий [1, 2, 4, 5]. Для диагностики используется фитодиагностический показатель FWiD, основанный на атипичном морфогенезе сорно-рудеральных растений. Однако комплексная оценка полемострессса территории не должна ограничиваться морфологией наземных растений: она требует сочетания биологических, геохимических, почвенных, гидрохимических, физиологических и дистанционных данных. Хотя исходное определение полемострессса предложено для наземных растений, его методологическая логика – «воздействие → изменение среды → измеряемая экспозиция → биологическая реакция → пространственно-временная согласованность → исключение альтернативных причин» — применима – и к водным экосистемам. В связи с этим актуальным является поиск дополнительных индикаторов, чувствительных к изменениям среды, которые могут быть связаны с военным воздействием. Одним из перспективных объектов являются водные экосистемы, в частности фитопланктон.

Цель работы – обосновать сопряжённый анализ полемострессса и галофильного фитопланктона в бассейне р. Кальмиус.

Река Кальмиус – одна из крупнейших рек Северного Приазовья, впадающая в Азовское море в черте Мариуполя. Длина – 209 км, площадь водосборного бассейна – 5070 км². Водохранилища (Старобешевское, Нижнекальмиусское и другие) испытывают значительную антропогенную нагрузку. Вода бассейна характеризуется высокой минерализацией, за счёт чего в альгофлоре адаптируются галофильные (морские и солоноватоводные) виды. За период 2015-2026 гг. в альгофлоре реки и водохранилищ идентифицирован 371 вид фитопланктона из 8 отделов, 18 классов, 42 порядков, 66 семейств и 105 родов. Доминируют *Cyanophyta*, *Chlorophyta* и *Bacillariophyta* [3].

Галофильные виды представлены, в частности, *Phormidium boryanum*, *Phormidium ambiguum* var. *ambiguum*, *Anabaena variabilis* f. *variabilis* (Cyanophyta); *Amphiprora alata*, *A. paludosa*, *Bacillaria paradoxa*, *Gyrosigma peisonis*, *Navicula digitoradiata*, *N. peregrina* var. *peregrina*, *Nitzschia vivax* var. *hyperborea*, *N. longissima* var. *longissima*, *Synedra tabulata* (Bacillariophyta). В

пробах часто встречаются виды, характерные для солёных вод (5–40 ‰): *Phormidium boryanum*, *Gyrosigma peisonis*, *Nitzschia longissima* var. *longissima*, *Synedra tabulata* var. *tabulata*. При минерализации до 4 г/л в июне отмечено критическое снижение индекса Шеннона (менее 0,83), однако в дальнейшем летний период характеризуется повышением видового разнообразия (более 2,5) [3].

Связь полемостресса и галофильного фитопланктона. Военные воздействия способны влиять на гидрохимический режим водных объектов: разрушение гидротехнических сооружений, изменение режима шахтного водоотлива, поступление загрязняющих веществ, изменение стока и испарения. Для Донбасса особенно значим фактор шахтных вод, прекращение или изменение откачки, которых может приводить к росту минерализации поверхностных вод. Повышение минерализации создаёт условия для экспансии галофильных видов фитопланктона. Таким образом, состав и обилие галофильных видов могут служить биологическим откликом на гидрохимические изменения, потенциально связанные с полемостроссом. Однако прямая атрибуция «близость к зоне боевых действий → галофильные виды → полемостресс» методически недопустима. При проведении анализа фитопланктона необходимо использовать схему: военное воздействие → изменение среды → измеряемая экспозиция (минерализация, ионный состав) → биологическая реакция (доля галофильных видов, индекс Шеннона) → пространственно-временная согласованность → исключение альтернативных причин.

Для этого предлагается включить в комплексную оценку полемостресса гидрохимический (H) и биологический (B) субиндексы. В качестве биологического субиндекса может выступать галофильный фитопланктонный индекс (HPS), рассчитываемый как доля галофильных видов в общей численности или биомассе, с учётом индекса Шеннона и сезонной динамики. Гидрохимический субиндекс должен включать pH, EC, минерализацию, ионный состав (сульфаты, хлориды, натрий, магний), а также данные о шахтных водах. Обязательным является дизайн BACI (Before–After–Control–Impact) и подбор контрольных участков по совокупности признаков: тип почвы, рельеф, землепользование, гидрология, историческая промышленная нагрузка. Для бассейна Кальмиус критически важно отделять вклад Старобешевской ТЭЦ, металлургических и шахтных предприятий от собственно военного воздействия. Ретроспективные спутниковые ряды (Sentinel-1/2, Landsat) позволяют частично заменить отсутствующие полевые данные «до» и оценить динамику площади нарушений и состояния водных объектов. Триангуляция доказательств: совпадение зон роста галофильных видов с гидрохимическими аномалиями и независимо зафиксированными физическими нарушениями повышает достоверность выводов.

Предложенный подход, основанный на сопряжённом анализе гидрохимических и биологических показателей, позволяет расширить возможности функциональной диагностики водных экосистем. При этом достоверная идентификация последствий полемостресса требует разграничения военных и фоновых техногенных факторов, проведения сравнительных исследований и дальнейшей валидации предложенных индикаторов. Также работа перспективна для внедрения в образовательный процесс в ДонГУ [6, 7]. Интеграция галофильного фитопланктона в систему индикации полемостресса расширяет доказательную базу и позволяет перейти от морфологических аномалий растений к функциональным изменениям водных экосистем. Предлагается рассматривать галофильный фитопланктонный субиндекс как дополнительную линию доказательств при обязательном контроле промышленного фона и использовании дизайна ВАСИ. Дальнейшая работа должна включать валидацию субиндекса на пилотных участках бассейна реки Кальмиус и сопоставление с данными FWiD, геохимии почв и дистанционного зондирования.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Германова Е. А., Сафонов А. И. Детализация результатов фитомониторинга полемостресса в Донбассе с использованием ГИС-технологий // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2024. № 1. С. 8-14. EDN KESXAO
2. Гермонова Е. А. Сафонов А. И. Прогнозный сценарий фактора полемостресса в Донбассе на основании фитомониторинга // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 2. – С. 21-29. – DOI 10.5281/zenodo.15082154. – EDN BSMALQ.
3. Мирненко Э. И. Таксономическое разнообразие фитопланктона реки Кальмиус и водохранилищ, расположенных на ней // Трансформация экосистем. – 2022. – Т. 5, № 2 (16). – С. 63-73. DOI 10.23859/estr-220204. – EDN KANIXE
4. Сафонов А. И., Гермонова Е.А. Оценка геосистем Донбасса: фитоиндикация тератогенности и картографический анализ // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. № 1. С. 98-104. EDN PHAMBH
5. Сафонов А. И. Неспирный В. Н. Экологический профиль библиографического ландшафта Донбасса. (Часть 1) // Научные и технические библиотеки. – 2026. – № 2. – С. 56-85. – DOI 10.33186/1027-3689-2026-2-56-85. – EDN MVKEVP.
6. Экспозиционный материал кафедры ботаники и экологии ДонГУ для представления ДНР на Форуме ВДНХ «Россия» в 2024 году / А. И. Сафонов, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 1. – С. 27-38. – EDN NSZYBT.
7. Внедрение альгоиндикационных технологий в процесс обучения студентов-экологов / А. И. Сафонов, Э. И. Мирненко, Н. С. Захаренкова // Биологическое и экологическое образование студентов и школьников: актуальные проблемы и пути их решения. – Самара: СамГСПУ, 2016. – С. 135-138. – EDN VLNYZF.

УДК 581.15 : 712 (477)

ЭКОЛОГО-БОТАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УЧАСТКОВ С РАЗЛИЧНОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *ARABIS ALPINA* L. В ОЗЕЛЕНЕНИИ ПОСЁЛКА НОВОАМВРОСИЕВСКОЕ

Могилевич А.Д.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
mogilewichamina@gmail.com

Антропогенная трансформация растительного покрова населённых пунктов [1] сопровождается ухудшением состояния придорожных и придомовых территорий [2, 3], зарастанием ранее благоустроенных участков и снижением их декоративной ценности [4]. В связи с этим актуальны оценка состояния растительности в условиях различной антропогенной нагрузки [5] и подбор устойчивых видов, пригодных для малозатратного восстановления нарушенных территорий [6, 7].

Цель исследования – провести сравнительную эколого-ботаническую оценку растительности участков посёлка Новоамвросиевское с различным уровнем ухода и антропогенной нагрузки и оценить перспективность использования *Arabis alpina* L. для озеленения и восстановления нарушенных территорий.

Исследования проводили в апреле-июне 2026 г. на территории посёлка Новоамвросиевское. Было обследовано 16 участков, различавшихся уровнем ухода и антропогенной нагрузкой. Оценивали состояние растительности, степень зарастания, наличие антропогенных нарушений и сохранившихся элементов прежнего благоустройства; состояние участков документировали методом фотофиксации. В отдельном эксперименте оценивали развитие двух декоративных форм *Arabis alpina* L. – f. alba и f. rosea – в рассадной культуре и после пересадки в открытый грунт.

Сравнительное обследование показало выраженную зависимость состояния растительности от уровня ухода. На регулярно обслуживаемых участках растения характеризовались удовлетворительным или хорошим состоянием, активным цветением и отсутствием значительного зарастания. На участках без регулярного ухода отмечены зарастание, утрата границ цветников, появление сухостоя, нарушение покрытий и сохранение отдельных элементов прежней планировки. Наиболее выраженные признаки деградации растительного покрова отмечены в придорожных зонах. Вместе с тем наличие сохранившихся культурных растений и элементов планировки на части заброшенных участков свидетельствует о возможности их восстановления без полной реконструкции.

Наиболее конкретные результаты получены при изучении *Arabis alpina* L. Всхожесть семян составила 60–80 %, первые проростки появились на 3-и сутки. На начальном этапе более интенсивным ростом характеризовалась f. rosea: в апреле высота розетки составляла 2,5–3,0 см, тогда как у f. alba – 1,5–2,0 см; количество листьев составляло соответственно 5–6 и 4–5.

После закаливания и переноса растений в открытый грунт характер ростовых процессов изменился. К концу июня высота f. alba достигла 7,7 см при ширине растения 6,0 см, тогда как высота f. rosea составила 6,5 см, а ширина розетки – 14,5 см. Таким образом, f. alba после высадки интенсивнее увеличивалась в высоту, тогда как f. rosea формировала более широкую розетку. Обе формы сохраняли жизнеспособность и продолжали развитие в открытом грунте. На придорожном участке дополнительно отмечено оседание пыли на листьях, указывающее на наличие специфической антропогенной нагрузки в непосредственной близости от автомобильной дороги.

Экспериментальные наблюдения показали способность обеих исследованных форм *Arabis alpina* L. адаптироваться после пересадки в открытый грунт, однако характер их роста различался. f. alba характеризовалась более интенсивным ростом в высоту после высадки, тогда как f. rosea формировала более широкую розетку. Полученные данные позволяют рассматривать *Arabis alpina* L. как перспективный таксон для дальнейшего испытания в почвопокровных и бордюрных посадках на нарушенных и придорожных территориях.

В рамках проведённого исследования впервые для обследованных участков посёлка Новоамвросиевское дана сравнительная характеристика состояния растительности территорий с различным уровнем ухода и антропогенной нагрузки и выделены наиболее нарушенные придорожные участки. Клумбы описаны прежде всего с позиции благоустройства и декоративности: отмечаются структура посадок, наличие бордюров, состояние почвы, обилие цветения, присутствие сорной растительности и степень ухода. Например, для ухоженных участков фиксируются ярусность посадок, отсутствие сорняков, рыхлая почва и хорошее состояние растений; на части придорожных клумб уже отмечается появление сорной растительности. Для неухоженных клумб описание строится вокруг противоположных признаков: утрата границ цветника, зарастание, сухостой, древесная поросль, уплотнение почвы, прорастание растений в трещинах покрытий и сохранение отдельных культурных растений. На бывших цветниках сохраняются *Tulipa* spp., *Gaillardia* spp., *Paeonia* spp., *Papaver* spp., *Malva* spp. и *Rosa* spp., тогда как свободные пространства постепенно занимают злаковые и другие спонтанные виды.

Перспективным является многолетнее наблюдение за *Arabis alpina* L. с увеличением числа опытных растений и повторностей. Необходимо

сопоставить приживаемость, темпы прироста, площадь розетки, интенсивность цветения и сохранность растений на участках с различной удалённостью от автомобильных дорог. Целесообразно отдельно исследовать влияние запыления, влажности почвы и степени её уплотнения.

Обследованные клумбы представляют собой антропогенно сформированные растительные сообщества, состояние которых определяется сочетанием двух основных факторов – интенсивностью ухода и уровнем внешней антропогенной нагрузки. Сравнение восьми ухоженных и восьми неухоженных участков показывает выраженное различие в структуре растительного покрова: при регулярном уходе сохраняется пространственно организованная декоративная растительность, тогда как после прекращения ухода начинается постепенная трансформация искусственно созданного фитоценоза в спонтанное растительное сообщество.

В перспективе сочетание геоботанического мониторинга, морфометрических измерений и анализа загрязнителей позволит объективно оценить устойчивость *Arabis alpina* L. и обосновать возможность его практического применения на антропогенно нарушенных территориях.

Список литературы

1. Глухов, А. З. Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: Издательство ЮФУ, 2016. – С. 311-312. – EDN YUAPAY.
2. Сафонов А. И., Калинина Ю. С. Внедрение научных разработок по озеленению в образовательный процесс Донгу // Ботанические сады и озеленение населенных мест. – Симферополь, 2024. – С. 252-254. – DOI 10.5281/zenodo.12813138. – EDN HLNNBF.
3. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
4. Калинина, Ю. С. Рабочая схема ландшафтной индикации в Донецке: дизайн и критерии устойчивости геосистем // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 3. – С. 14-23. – DOI 10.5281/zenodo.14531840. – EDN GAKMLH.
5. Калинина, Ю. С. Фитооптимизация техногенных ландшафтов в Донбассе на примере отвалов угольных шахт // География, экология, туризм: новые горизонты исследований. – Воронеж: ВГУ, 2024. – С. 41-43. – EDN WQEFUE.
6. Образовательные технологии подготовки биологов специализации по садово-парковому дизайну в Донецком национальном университете / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Проблемы и перспективы развития современной ландшафтной архитектуры. – Симферополь: «Ариал», 2017. – С. 73-75. – EDN ZKZGCB.
7. Определение порогов чувствительности биоиндикаторов на действие экологически неблагоприятных факторов среды / С. В. Беспалова, О. С. Горецкий, А. З. Глухов [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2010. – № 1(10). – С. 9-25. – EDN DGQGOX.

УДК 581

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОЛОМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗИМНЕЙ ЗАЩИТЫ ВИНОГРАДНИКОВ

Пальязова Я.З., ORCID 0009-0007-5447-434X,
Закирджанова О.З., ORCID 0009-0009-2256-9146
Туркменский государственный сельскохозяйственный институт,
г. Дашогуз, Туркменистан
yangilnonnazikjemal@gmail.com, zakirjanowaogulgerek04@gmail.com

Виноград является одной из древнейших и наиболее ценных сельскохозяйственных культур в мире, занимая особое место в питании человека и экономике. В условиях резкого континентального умеренного климата зимние заморозки наносят серьезный ущерб виноградникам, приводя к потере значительной части урожая [3]. В настоящее время для укрытия винограда на зиму в основном используется почва. Однако данный метод имеет ряд недостатков, связанных с промерзанием, высыханием или чрезмерным пропусканием влаги почвой. Ежегодное укрытие виноградной лозы землей приводит к потерям плодородного слоя, повреждениям птицами и скотом, требует регулярных трудозатрат, а также снижает урожайность до 20 %, что уменьшает значимость этого метода [4].

Изобретение относится к технологии выращивания продукции в отрасли сельского хозяйства и предназначено для облегчения технологических процессов при возделывании винограда [1]. Использование соломенных покрытий, изготовленных из рисовой соломы, предлагает новое инновационное решение для устранения указанных недостатков и более эффективной защиты виноградной лозы от зимних морозов [2, 7]. Предлагаемые соломенные покрытия имеют размеры 80х150х25 см и применяются в гибких формах, имеющих прямую жесткую форму или выпуклость. Внешняя часть покрытия имеет конструкцию, плотно перевязанную размягченной стальной проволокой диаметром 1,0 и 1,5 мм в продольном и поперечном направлениях соответственно, а его толщина составляет 0,25 м [5]. Вес соломенных покрытий равен 22,45 кг. В качестве основного изолирующего сырья используются рисовая солома и отходы крупностебельных кормовых трав. Эти материалы обладают высокими тепло- и влагоизоляционными свойствами [6].

Преимущества использования покрытий из рисовой соломы многогранны. Во-первых, данный метод улучшает условия труда фермеров и значительно снижает трудозатраты. Во-вторых, повышается надежность защиты винограда от холода и сырости в зимний период; покрытия способны обеспечить защиту даже при морозах ниже -25 °С. В-третьих, зимние потери виноградных кустов и саженцев сводятся к нулю. Изготовление соломенных покрытий не требует больших затрат, так как

сырье производится из местных отходов, что снижает себестоимость изделия. При соблюдении надлежащих технических условий эксплуатации эти покрытия могут прослужить до 5 лет.

Соломенное покрытие, изготовленное из рисовой соломы, благодаря особенностям своей структуры способно создавать естественную среду «термоса». Теплоудерживающая способность материала зависит не только от его состава, но и от молекулярных и механических изменений внутри этого материала. Коэффициент теплопроводности (λ Вт/(м·К)) — это способность материала пропускать через себя тепло. Чем ниже коэффициент теплопроводности, тем выше термическое сопротивление. В соломенном покрытии этот показатель крайне низок, так как воздушные пустоты между растительными волокнами оказывают сильное термическое сопротивление тепловому потоку. В соответствии с нормой, самый низкий коэффициент теплопроводности характерен для воздуха, то есть для веществ в газообразном состоянии.

Таблица 1

Температурный режим под защитным покрытием в зависимости от факторов окружающей среды

Наружный воздух, ^{0}C	Температура под почвой, ^{0}C	Температура под соломенным покрытием, ^{0}C
-5 ^{0}C	-1 ^{0}C	+2 ^{0}C
-15 ^{0}C	-7 ^{0}C	-1 ^{0}C
-25 ^{0}C	-14 ^{0}C	-3 ^{0}C

Сравнительный анализ температур показывает высокую эффективность соломенного покрытия в поддержании стабильного зимнего микроклимата виноградной лозы. Эти показатели дают основание для следующих важных научных выводов:

1. Эффект «положительной температуры»: при наружной температуре -5°C под соломенным покрытием сохраняется естественное тепло почвы на уровне +2°C. в то время как под землей она опускается до -1°C.

2. Защита от критических температур: когда морозы на улице достигают -25°C температура под почвой падает до опасных для почек -14°C. Соломенное покрытие удерживает этот показатель на уровне -3°C, полностью сохраняя будущий урожай.

3. Термическая стабильность: амплитуда колебания температуры под соломенным покрытием минимальна (всего около -5°), несмотря на резкое похолодание снаружи. Эта стабильность защищает растение от температурного стресса и обеспечивает нормальный период биологического покоя.

Для проверки точности проведенного эксперимента мы определили эти же показатели на 10 кустах винограда на том же участке, и результаты полностью совпали с данными в этой таблице.

Таблица 2

Степень защиты почек виноградных кустов от заморозков

Показатели	Один куст винограда, укрытый соломенным покрытием	Один куст винограда, укрытый почвой
Общее количество почек, оставленных осенью	52	52
Количество почек, поврежденных из-за холода и сырости	0	10
Количество почек, благополучно перезимовавших	52	42
Процент сохранности	100%	80,76%

При традиционном методе для ежегодного укрытия и открытия винограда подлежит раскопке и смещению верхний, наиболее ценный и плодородный слой почвы (гумусовый слой). Этот процесс нарушает естественную структуру почвы, приводит к уменьшению содержания перегноя и выветриванию, что снижает ее плодородие. Применение соломенного покрытия обеспечивает защиту без воздействия на почву, сохраняя ее здоровье и плодородие в долгосрочной перспективе. Покрытие полностью изготавливается из натуральных материалов без использования химикатов и после окончания срока службы легко превращается в органическое удобрение (компост).

Работа имеет важное значение для оптимизации агротехнических мероприятий, выполняемых в виноградарстве, повышения урожайности и защиты экономических интересов фермеров.

Список литературы

1. Агалыкова, О. Н. Бахчеводство и виноградарство. Пособие по общему курсу лекций / О. Н. Агалыкова, Б. Г. Гылыджов; Туркменский сельскохозяйственный институт. – Ашхабад: ТСХИ, 2002. – 120 с.
2. Агалыкова, О. Виноградарство: учебник для высших учебных заведений. – Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2020. –221с.
3. Негруль, А. М. Виноградарство с основами ампелографии и селекции: учебник / А. М. Негруль. – Москва: Колос, 1959. – 415 с.
4. Смирнов, К. В. Виноградарство: учебник / К. В. Смирнов, Л. М. Малтабар. – Москва: Агропромиздат, 1987. – 367 с.
5. Халанский, В. М. Сельскохозяйственные машины: учебник / В. М. Халанский, И. В. Горбачев. – Москва: Колос, 2006. – 624 с.
6. Чудновский, А. Ф. Теплофизика почв : монография / А. Ф. Чудновский. – Москва: Наука, 1976. – 296 с.
7. Qish uchun mulchalash - Qishda bog'ingizni himoya qilish... = Мульчирование на зиму. – Текст: электронный // Садовый вестник: официальный сайт. – 2023. – 2 августа. – URL: https://sadovovod.ru/mulch (дата обращения: 27.06.2026).

УДК 502.3:504.6:581.52(477)

СПЕЦИФИКА ЭКСПЕРТНЫХ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ФАКТОРА ПОЛЕМОСТРЕССА В ДОНБАССЕ

Пашков Д.А.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
akibrik@mail.ru

Многолетняя интенсивная антропогенная трансформация Донбасса традиционно определялась сочетанием горнодобывающей, металлургической, химической и энергетической нагрузки. В современных условиях к исторически сложившемуся промышленному техногенезу добавился комплекс факторов, обусловленных военными событиями [1, 2]. В региональных экологических исследованиях для характеристики соответствующих изменений используется понятие «полемострессс», обозначающее воздействие военных событий на природные и природно-антропогенные системы [3, 4]. Современные исследования связывают оценку полемострессса, в частности, с фитоиндикацией [5, 6], анализом тератологических (патологических) изменений растений, экологическим картографированием и ГИС-моделированием [7].

Цель настоящей работы – обосновать правовые и методические требования к формированию экспертных заключений при мониторинге фактора полемострессса в Донбассе и определить место полевых обследований в современной российской системе ОВОС.

Актуальные исследования Донбасса демонстрируют возможность пространственной детализации полемострессса посредством фитомониторинга и ГИС. В опубликованных работах подчеркивается перспективность разграничения промышленно-техногенного и беллигеративного факторов и построения пространственных моделей экологического состояния экотопов. Поэтому наша экспертная методология строилась по схеме: факт изменения – пространственно-временная характеристика – анализ альтернативных причин – совокупность независимых индикаторов – оценка неопределенности – экспертный вывод.

Данные мониторинга полемострессса при этом выполняют различные функции: характеризуют региональный экологический фон, используются в научном мониторинге, входят в состав инженерно-экологических и иных исследований, обосновывают исходное состояние территории при ОВОС, используются для формирования предложений по экологическому мониторингу и ПЭК, являются фактическим материалом для экспертной оценки экологического вреда.

При фитоиндикационном исследовании в протокол вносили сведения о выбранных видах-индикаторах, количестве исследованных экземпляров,

типах морфологических нарушений, фенологических характеристиках, состоянии контрольной площадки и методе количественной обработки. Ключевым условием считали сопоставимость опытных и контрольных участков. Апробировали метод на мужской генеративной сфере тополей.

Установлено, что экспертный документ может использоваться не только в научной или проектной деятельности, но и при возникновении административного или судебного спора. Поэтому необходимо отличать внепроцессуальное экспертное исследование от судебной экспертизы.

Нами предлагается применять принцип многоуровневого подтверждения фактора полемостресса. На начальном уровне 1) фиксируется физическое состояние территории: рельеф, состояние почвы, растительного покрова, гидрологических объектов и антропогенной инфраструктуры; 2) устанавливаются биологические реакции посредством фитоиндикационных и иных биологических методов; 3) привлекаются инструментальные и лабораторные данные о химических и физических характеристиках среды; 4) проводится пространственно-временной анализ, включая ГИС-сопоставление с контрольными участками, зонами промышленного воздействия и ретроспективными данными; 5) выполняется правовая квалификация результатов применительно к конкретной задаче: ОВОС, ПЭК, экологической экспертизе, оценке состояния земель, обоснованию природоохранных мероприятий либо экспертному исследованию. Такая схема препятствует ситуации, когда единичная биоиндикационная реакция либо единичное лабораторное превышение автоматически интерпретируется как доказательство комплексного воздействия полемостресса.

Экологический мониторинг полемостресса в Донбассе формируется на стыке экологической науки, инструментального контроля, экологического картографирования и экологического права. Полемострес рассматривали как научную интегральную категорию, позволяющую исследовать экологические последствия военных событий, но в юридически значимых документах каждый установленный эффект должен быть выражен через предусмотренные законодательством характеристики компонентов окружающей среды и виды негативного воздействия. В современной российской системе ОВОС результаты мониторинга полемостресса приобретают особое значение при анализе исходного состояния территории. Действующие с 1 марта 2025 г. Правила ОВОС требуют исследовать существующее состояние среды, имеющиеся воздействия, возможные прямые и косвенные последствия планируемой деятельности, альтернативы, остаточные воздействия, меры предотвращения негативных последствий и предложения по последующему мониторингу. В условиях Донбасса методологически необходимо отделять дополнительное воздействие планируемого объекта от исторически накопленного промышленного и беллигеративного воздействия.

Основным условием доказательственной состоятельности экспертного заключения выступает прослеживаемость исходных данных. Полевой протокол, документы отбора проб, лабораторные протоколы, фотоматериалы, ГИС-привязка и экспертный анализ должны образовывать единую документальную цепочку.

Протокол обследования должен прежде всего фиксировать факты, тогда как установление причинно-следственной связи относится к последующей экспертной интерпретации. Для территорий Донбасса особое значение имеет раскрытие неопределенностей, альтернативных причин наблюдаемых изменений и объективных ограничений доступа к отдельным участкам.

Предлагаемый подход позволяет использовать результаты мониторинга полемострессса не только в научных целях, но и при подготовке материалов ОВОС, проектировании экологической реабилитации территорий, организации производственного экологического контроля и формировании доказательной базы при разрешении экологически значимых споров.

Список литературы

1. Пашков, Д. А. Мужская генеративная сфера тополей Донецка как критерий экологического мониторинга // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. – Донецк, 2025. – С. 198-199. – EDN WXPEBF.
2. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
3. Сафонов, Р. А. Научно-технологические перспективы палеонтологического краеведения в Донбассе / Р. А. Сафонов, Ю. С. Калинина // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2024. – С. 240-241. – EDN JJXAYE.
4. Сафонов, Р. А. Разработка маршрутов сбора образцов для экологической фитодиагностики урбогеосистем // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 3. – С. 38-44. – DOI 10.5281/zenodo.14532148. – EDN KFZQNX.
5. Сафонов, Р. А. Физико-географическая обусловленность для моделирования массопереноса аэрофитополлютантов // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 146-152. – EDN KOCJMA.
6. Golubev, F. V. Biogeochemical Assessment of Donbass Landscapes Transformed by Military Actions // Ecologica. – 2026. – Vol. 33, No. 121. – P. 23-28. – DOI 10.18485/ecologica.2026.33.121.4. – EDN RIWZJZ.
7. Калинина, Ю. С. Фитооптимизация техногенных ландшафтов в Донбассе на примере отвалов угольных шахт // География, экология, туризм: новые горизонты исследований: Воронеж: ВГУ, 2024. – С. 41-43. – EDN WQEFUE.

УДК 504.064.47:691

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ОТХОДОВ УПАКОВКИ СТРОИТЕЛЬНОЙ ХИМИИ И МЕРЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВУ И РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ

Плотников Д.А., канд. техн. наук, доц., ORCID 0009-0007-3024-509,
Кулик Т.И., ORCID 0009-0002-3135-018X
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры – филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет», г. Макеевка, ДНР, РФ
d.a.plotnikov@donnasa.ru, kulik.t.i-zizosm-9a@donnasa.ru

Строительные и отделочные работы сопровождаются образованием отходов упаковки из-под лакокрасочных материалов, клеев, герметиков, пластификаторов и других химических составов. При наличии остатков продукта и ненадлежащем обращении такая тара может становиться источником поступления загрязняющих веществ в почву и воду. Это создает потенциальные риски не только для компонентов природной среды, но и для почвенной биоты и растительного покрова.

На строительных площадках и нарушенных территориях проблема приобретает особое значение: проливы и неконтролируемое размещение отходов способны локально изменять условия произрастания растений. Характер воздействия при этом зависит от химического состава остатков, их количества и условий распространения, поэтому оценка экологической опасности такой упаковки требует дифференцированного подхода.

Цель исследования – выявить основные факторы экологического риска при обращении с тарой из-под строительной химии и обосновать меры предупреждения негативного воздействия на почву, водные объекты и растительный покров.

К рассматриваемой категории относятся металлические и полимерные емкости из-под красок, грунтовок, клеев, герметиков и строительных добавок, а также картриджи и тубы. В зависимости от состава продукта остатки могут содержать органические растворители, связующие, пигменты и другие компоненты. Оценивать их воздействие на окружающую среду без учета свойств конкретного состава нельзя.

Основные факторы риска – остаточное загрязнение упаковки, утечки жидких компонентов, смешивание разных видов отходов и ненадлежащие условия временного накопления. При попадании остатков на почву возможно локальное воздействие на почвенные микроорганизмы и корневые системы растений. Перенос загрязняющих веществ с поверхностным стоком создает дополнительную нагрузку на прилегающие территории и водные объекты. Степень проявления этих эффектов в каждом конкретном случае зависит от состава вещества, его концентрации и условий воздействия, что требует отдельного исследования.

Экологическая оценка должна учитывать происхождение отхода, свойства остатков, материал и состояние упаковки, вероятность утечки и возможные пути распространения загрязнителей. Использование тары для строительной химии само по себе не означает автоматического отнесения отхода к определенному классу опасности: классификация проводится с учетом характеристик конкретного отхода и действующих нормативных требований [1, 2].

Для предупреждения негативного воздействия целесообразно предусматривать идентификацию отходов по маркировке и сведениям о продукте, раздельный сбор, предотвращение утечек и безопасное временное накопление. Особое внимание следует уделять недопущению попадания остатков строительной химии на открытый грунт и участки с растительным покровом. Способ дальнейшего обращения определяют после установления характеристик отхода и проверки допустимости предполагаемого решения [3]. Систематизация потенциальных рисков и профилактических мер представлена в таблице.

Таблица

Потенциальные экологические риски при обращении с тарой из-под строительной химии и меры их предупреждения

Вид отходов упаковки	Потенциальный фактор экологического риска	Приоритетные меры предупреждения
Металлическая и полимерная тара из-под красок и грунтовок	Остаточное загрязнение; возможное поступление компонентов продукта в окружающую среду при утечке	Идентификация содержимого, раздельный сбор, предотвращение проливов
Тара из-под клеев и герметиков	Остатки связующих, растворителей и иных компонентов в зависимости от состава продукта	Раздельное накопление с учётом состава и состояния тары
Упаковка из-под пластификаторов и строительных добавок	Возможные утечки жидких составов, загрязнение площадки накопления	Сбор в подходящую тару, обеспечение герметичности и защита от повреждений
Картриджи, тубы и аэрозольная упаковка	Остатки продукта; для аэрозольной упаковки – возможное остаточное давление	Обособленный сбор с учётом конструкции упаковки и свойств содержимого
Тара с неизвестным содержимым	Невозможность достоверно определить потенциальную опасность по внешнему виду	Временное обособление, идентификация и определение порядка дальнейшего обращения

Представленная систематизация предназначена для предварительного выбора профилактических мер и не заменяет нормативную классификацию отходов. Для практического применения необходимо учитывать состав

продукта, состояние упаковки и соответствующие позиции Федерального классификационного каталога отходов (ФККО) [1].

Дифференцированный подход позволяет снизить вероятность неконтролируемого распространения загрязняющих веществ, защитить почвенную биоту и растительный покров, а также улучшить организацию раздельного сбора отходов. В дальнейшем целесообразно оценить объемы образования такой тары, условия ее накопления и фактическое состояние прилегающих почв и растительности.

Отходы упаковки строительной химии представляют собой неоднородную категорию, потенциальное воздействие которой на окружающую среду определяется составом остатков и условиями обращения. Идентификация, раздельный сбор, предотвращение утечек и безопасное временное накопление – приоритетные меры по предупреждению загрязнения почвы и воды, а также по защите почвенной биоты и растительности. Дальнейшие исследования должны быть направлены на установление фактических объемов отходов и оценку экологических последствий их ненадлежащего размещения.

Тема представляет собой интерес для решения региональных экологических проблем в ДНР [4–7] и сопредельных территориях.

Список литературы

1. Федеральный классификационный каталог отходов: утвержден приказом Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242. – URL: https://rpn.gov.ru/fkko/ (дата обращения: 09.10.2026).
2. Об отходах производства и потребления: Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ. – URL: https://www.consultant.ru/document/Cons_doc_LAW_19109/ (дата обращения: 09.10.2026).
3. Яковенко, К. А. Состояние сферы обращения с строительными отходами за рубежом / К. А. Яковенко, В. А. Искрин // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2024. – № 5(169). – С. 58-65. – DOI 10.71536/vd.2024.5c169.7. – EDN EZWXSQ.
4. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
5. Golubev, F. V. Biogeochemical Assessment of Donbass Landscapes Transformed by Military Actions // Ecologica. – 2026. – Vol. 33, No. 121. – P. 23-28. – DOI 10.18485/ecologica.2026.33.121.4. – EDN RIWZJZ.
6. Сафонов, А. И. Отвалы угольных шахт Донбасса - накопленный вред или перспективы для развития региона // Технологии переработки отходов с получением новой продукции. – Киров: Радуга-ПРЕСС, 2025. – С. 77-81. – EDN LCXSDL.
7. Неспирный, В. Н. Опыт использования математической статистики в программах по экологическому фитомониторингу // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. – Донецк, 2025. – С. 196-197. – EDN WSXNTP.

УДК 581.15 : 582.32 (477)

БРИОФИТЫ ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ДОНБАССА: ПОЛЕМОСТРЕСС И ПОТЕНЦИАЛ ФИТООПТИМИЗАЦИИ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Попова М.В.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
astr.2010@mail.ru

Актуальность исследования определяется тем, что в промышленно развитых городах одновременно действуют несколько групп стрессовых факторов: атмосферное загрязнение, трансформация почв и субстратов, рекреационная нагрузка, изменение влажности и микроклимата, механические нарушения территорий [1, 2]. Для Донбасса в последние годы к этому комплексу добавляется особая группа воздействий, связанная с военными событиями [3, 4] и обозначаемая в современных исследованиях как фактор полемостресса [3].

Целью исходной работы являлось детальное исследование и систематизация данных о мохообразных восточных промышленных узлов Центрального Донбасса. В рамках исследования решались задачи определения таксономической структуры бриофлоры, анализа встречаемости видов, оценки видового разнообразия, изучения прироста биомассы *Aulacomnium palustre*, определения возможностей использования мхов для задернения нарушенных эдафотопов и разработки элементов бриоиндикационной диагностики. Таким образом, центральный вопрос нашего исследования сформулирован шире: насколько структура и состояние мохового покрова способны отражать экологическое состояние антропогенно трансформированного экотопа и одновременно служить ресурсом для его биологической реабилитации?

Было выделено пять основных мониторинговых точек: периферийная часть города Зугрэса, урбанизированный селитебный массив, промышленная зона Зуевской ТЭС, побережье реки Нижняя Крынка и контрольная территория ботанического заказника «Зорянская степь». Каждая мониторинговая точка дополнительно подразделялась на исследуемые участки. Использовали маршрутный метод, метод пробных площадей, полевой сбор мохообразных, микроскопическое определение видов, морфолого-анатомический анализ и фотодокументирование. Для экологической характеристики сообществ рассчитывали индексы Шеннона и Симпсона. Отдельным экспериментальным блоком было изучение прироста биомассы *Aulacomnium palustre* и морфологических изменений этого вида в различных экологических условиях. Для оценки возможности использования мохообразных при задернении нарушенных поверхностей анализировали частоту встречаемости вида, экологическую амплитуду,

способность переносить трансплантацию, восстанавливаться после пересадки, размножаться и образовывать устойчивую дернину.

За период исследований было собрано более 300 образцов. Определено 56 видов мохообразных, относящихся к двум отделам, трем классам, девяти порядкам, 22 семействам и 27 родам.

Расчёт индекса Шеннона показал среднее значение около 1,60 бит/экз., то есть сообщества имеют среднюю сложность структуры. Наибольшее видовое богатство было установлено на контрольной территории. Значения индекса Симпсона свидетельствовали об отсутствии резко выраженного доминирования одного вида и в целом о достаточно равномерном распределении видов в сообществах. Особый интерес представляет *Aulacomnium palustre*. Для этого вида исследовали сезонную динамику роста и биомассы, а также изменения морфолого-анатомических признаков в неблагоприятных условиях. На этой основе предложена диагностическая балльная оценка состояния экотопов по изменчивости листового аппарата и спорофита. Таким образом, мох в данном случае рассматривается уже не просто как вид, присутствующий или отсутствующий на территории. Само состояние растения становится носителем экологической информации.

Для реализации практики полемостресса есть несколько удачных предпосылок: известен фоновый состав бриофлоры различных типов экотопов, выделены толерантные и более чувствительные виды, имеется опыт анализа морфологических изменений *Aulacomnium palustre*, сформирован подход к балльной экологической диагностике.

Важным результатом работы является переход от диагностики к возможной экологической реабилитации. Эксперимент по задернению показал, что виды существенно различаются по способности заселять нарушенные субстраты. Наиболее перспективным среди изученных видов оказался *Ceratodon purpureus*. Высокий потенциал также показали *Bryum argenteum* и *Bryum caespiticium*. Перспективным является *Brachythecium campestre*. Ряд других видов может применяться только при определённых условиях влажности и субстрата. Это позволяет рассматривать мохообразные как функциональный компонент городского фитодизайна. Их экологические услуги могут включать первичное закрепление открытых и нарушенных поверхностей, снижение эрозионных процессов, формирование начального биологического покрытия на бедных субстратах и создание условий для дальнейшей растительной сукцессии. Одновременно такое покрытие может выполнять диагностическую функцию. То есть элемент озеленения становится одновременно элементом мониторинговой сети. Именно здесь возникает возможность для городского экологического дизайна: создание не просто декоративных растительных композиций, а «индикаторных фитосистем», состояние которых позволяет визуально и инструментально контролировать качество городской среды.

Мхи могут использоваться на небольших почвенных поверхностях, откосах, участках нарушенного грунта, каменистых и искусственных субстратах, в рекреационных зонах, а после экспериментальной проверки – в элементах специализированного экологического дизайна. Таким образом, экологическая услуга мохового покрытия имеет двойной характер: восстановительный и информационно-диагностический.

Следующим этапом работы целесообразно сделать переход от описательной бриологии к функциональной системе «индикация – картирование – прогноз – восстановление».

Проведённое исследование показало, что бриофиты являются информативной модельной группой для оценки антропогенно трансформированных территорий Донбасса.

Их ценность определяется сочетанием нескольких качеств: чувствительностью к экологическим изменениям, способностью существовать на бедных и нарушенных субстратах, значительной экологической амплитудой отдельных видов и возможностью использовать морфологические, ценотические и биометрические признаки для диагностики состояния среды.

Наиболее перспективным продолжением данной работы представляется объединение трёх направлений: бриоиндикации, диагностики полемостресса и фитооптимизации нарушенных территорий.

В этом случае мохообразные становятся как индикаторами произошедшей трансформации, так и потенциальным биологическим инструментом восстановления городской среды.

Список литературы

1. Алемасова, А. С. Накопление тяжелых металлов мохообразными в различных экотопах Донбасса // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов. – Киров: ВятГУ, 2019. – С. 60-65. – EDN EMTHZO.
2. Морозова, Е. И. Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов- индикаторов г. Макеевки // Донецкие чтения 2017. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. – С. 100-101. – EDN YOUSVF.
3. Белая книга Донбасса и Новороссии : коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва : ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
4. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. – 289 с. – EDN QVJSQE.
5. Морозова, Е. И. Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных // Донецкие чтения 2016. – Донецк, 2016. – С. 317-318. – EDN YUAPBZ.
6. Сафонов, А. И. Видовое разнообразие мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации / А. И. Сафонов, Е. И. Морозова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 3-4. – С. 24-31. – EDN YTCDSM.
7. Сафонов, А. И. Редкие виды мохообразных Донецко-Макеевской промышленной агломерации / А. И. Сафонов, Е. И. Морозова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2018. – № 1-2. – С. 33-43. – EDN XRAFBR.

УДК 581.6:581.19(477.62)

БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРОДУКТАХ ПИТАНИЯ

Попова Н.А., канд. техн. наук, доц., ORCID: 0000-0002-0469-0956
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», г. Донецк, РФ
hiora75@mail.ru

Пищевые системы в Донецкой Народной Республике приходится развивать с опорой на собственные ресурсы, и растительное сырьё в этой системе занимает особое место. Регион с высокой техногенной нагрузкой, каким является Донбасс, не может позволить себе подход «растёт – значит, заготавливаем»: требуются достоверные сведения о том, какие биологически активные соединения содержатся в сырье, в каких количествах они накапливаются и насколько это зависит от условий произрастания. Без таких данных ни технологию переработки, ни ассортимент функциональных продуктов проектировать невозможно – точнее, возможно, но лишь эмпирически, вслепую. Поэтому эколого-биохимический анализ сырья мы рассматриваем не как вспомогательный, а как базовый этап региональной биоэкономической модели.

Стартовым ресурсом служит таксономическое разнообразие флоры региона. По данным Донецкого ботанического сада, для флор, изученных в отдельных урочищах, выявлено 757 видов сосудистых растений из 367 родов и 94 семейств [1]. Разнообразие несомненное и создаёт основу для поиска перспективных источников биологически активных соединений среди аборигенных и натурализовавшихся видов. При этом – и оговоримся сразу – видовое богатство ещё не означает ресурсной доступности. Многие виды представлены ограниченными популяциями, и сырьевой базы промышленного масштаба из них не получить. Это, на наш взгляд, принципиальный момент, нередко упускаемый, когда речь заходит о «зелёном» потенциале территории.

Цель работы состояла в эколого-биохимической оценке растительного сырья Донецкой Народной Республики как потенциального источника биологически активных соединений для производства функциональных продуктов питания. Работа опирается на данные о видовом составе флоры Донбасса (публикации Донецкого ботанического сада) и на результаты фитохимических исследований отдельных перспективных видов. Методологической основой служит системный анализ: сырьё рассматривается не изолированно, а в связке трёх условий – доступности, воспроизводимости и экологической безопасности.

Флора Донбасса располагает значительным числом видов, представляющих интерес для производства функциональных продуктов. Для иссопа лекарственного, культивируемого в Донецком регионе, определено значительное содержание флавоноидов, органических и оксикоричных кислот, дубильных веществ и антоцианов [2]. Указанные соединения обладают антиоксидантной активностью, а значит, иссоп обоснованно рассматривается как сырьё для продуктов профилактического назначения. Имеется, однако, и существенная оговорка. Содержание целевых соединений зависит не только от вида, но и от почвенно-климатических условий участка, поэтому оценивать сырьевые ресурсы «усреднённо по региону» некорректно – необходим дифференцированный подход. В целом же, как показал анализ, эфиромасличные, лекарственные и пряно-ароматические растения составляют заметную долю видов, перспективных для производства функциональных продуктов.

Не менее сложный вопрос связан с техногенной нагрузкой. Растения, произрастающие в условиях промышленного загрязнения, способны аккумулировать тяжёлые металлы и иные токсиканты; практическое следствие из этого очевидно: такое сырьё не может быть допущено в пищевое производство независимо от содержания полезных метаболитов. Вместе с тем отдельные виды устойчивы к неблагоприятным факторам и сохраняют высокий уровень синтеза значимых соединений. Поиск именно таких видов, на наш взгляд, наиболее перспективен: он позволит возделывать растения на территориях с повышенной антропогенной нагрузкой без ущерба для качества получаемого сырья.

Флора региона продолжает открываться. На территории ландшафтно-рекреационного парка «Донецкий кряж» обнаружена популяция *Allium paradoxum* – субкавказского вида, обладающего пищевой ценностью [3]. Всего одна находка, однако вывод из неё значителен: пищевой и биохимический потенциал флоры Донбасса изучен не до конца, и целенаправленный поиск способен дать результаты, значимые для региональной биоэкономики.

Как ни привлекательны дикоросы, полагаться на них в промышленном масштабе рискованно. Даже при высоком содержании биологически активных соединений они не всегда обеспечивают стабильные объёмы заготовок – разброс от года к году бывает существенным. Логичный выход – интродукция перспективных видов в культуру: она позволяет контролировать условия произрастания и стандартизировать сырьё по содержанию действующих веществ. Формально задача выглядит простой, однако, на практике это годы селекционной работы.

У Донецкого ботанического сада такой опыт имеется. Интродукционные исследования, включая изучение растений мировой флоры и их полифункционального использования в степной зоне [4],

показывают: виды, привычно считающиеся декоративными или сугубо лекарственными, успешно культивируются в условиях Донбасса и накапливают биологически активные соединения в количествах, достаточных для промышленного использования. Это не гипотеза – это практическая основа формирования региональной сырьевой базы, ориентированной на местный ресурс.

Таким образом, растительное сырьё Донецкой Народной Республики способно стать основой производства функциональных продуктов питания, но лишь при условии тщательной эколого-биохимической оценки, а не по видовым спискам [5]. К дальнейшим исследованиям относятся: скрининг фитохимического состава аборигенных и интродуцированных видов; оценка влияния условий произрастания на накопление целевых соединений; технологии комплексной переработки сырья с максимальным сохранением его функциональных свойств. Направление трудоёмкое, однако, на наш взгляд, неизбежное при движении к биоэкономической модели региона.

Обращаем внимание, что сбор растительного сырья нужно соотносить с реальной экологической ситуацией в регионе [6, 7].

Список литературы

1. Флоры особо охраняемых и перспективных к заповеданию природных территорий в бассейне реки Миус и их созологическая оценка / В. М. Остапко, С. А. Приходько, Е. Г. Муленкова, Н. Ю. Гнатюк // Промышленная ботаника. – 2022. – Т. 22, № 3-4. – С. 4-21. – DOI 10.5281/zenodo.7790886. – EDN USRLWY.
2. Приходько, С. А. Биоэкологическая и фитохимическая характеристика *Hyssopus officinalis* (Lamiaceae) при культивировании в условиях Донецкого региона / С. А. Приходько, Н. А. Виноградова, О. К. Кустова // Растительные ресурсы. – 2025. – Т. 61, № 3. – С. 74-85. – DOI 10.7868/S3034572325030055. – EDN KYMGAV.
3. Остапко, В. М. Новые для флоры Донбасса виды // Промышленная ботаника. – 2024. – Т. 24, № 4. – С. 18-22. – DOI 10.5281/zenodo.14638235. – EDN SWKVJD.
4. Летучие вещества дистилляционных вод (гидролатов) представителей рода *Thymus* L. / И. А. Федотова, А. Е. Палий, О. М. Шевчук, С. А. Приходько // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2024. – № 151. – С. 93-99. – EDN TDHMVK.
5. Попова, Н. А. Продовольственная безопасность промышленного региона и система её обеспечения: научное обоснование понятий и подходов к формированию / Н. А. Попова // Научный журнал "Государственное управление и право". – 2024. – № 4(4). – С. 141-155. – EDN BCYISJ.
6. Обзор основных тенденций и динамики загрязнения воздуха и почв в регионах Российской Федерации в период 1993-2023 годов / И. А. Федоркина, В. В. Ерофеева, Е. В. Аникина // Проблемы региональной экологии. – 2025. – № 1. – С. 17-21. – DOI 10.24412/1728-323X-2025-1-17-21. – EDN WZHRFT.
7. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.

УДК 581.15 (477)

PLANTAGO MAJOR L. КАК ФИТОИНДИКАЦИОННЫЙ СЕНСОР АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ИНДУСТРИАЛЬНЫХ И БЕЛЛИГЕРАТИВНЫХ ЭКОТОПОВ ДОНБАССА

Потапенко Е.М.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
potapenko.2005@internet.ru

Современные системы экологической диагностики Донбасса должны учитывать не один изолированный загрязнитель, а совокупное действие промышленного пылегазового воздействия, транспортных эмиссий, уплотнения и механической деструкции почв, рекреационной нагрузки и локальных геохимических аномалий. В этих условиях растения оказываются своеобразными интеграторами воздействия: их морфологическая структура формируется не в момент разового измерения, а на протяжении достаточно длительного периода контакта со средой.

С этой позиции представляет интерес *Plantago major* L. – вид с широкой экологической амплитудой и выраженной устойчивостью к механическому нарушению местообитаний [1–3]. В полевых исследованиях Докучаевска нами было зарегистрировано четыре вида рода *Plantago*: *P. lanceolata* L., *P. major* L., *P. media* L. и *P. uliginosa* F.W. Schmidt. Однако именно *P. major* оказался наиболее пригодным для единой мониторинговой схемы: остальные виды либо имели низкую плотность и мозаичное распределение, либо были связаны со специфическими переувлажнёнными местообитаниями. Вопросы промышленной ботаники [4, 5] и экологии растений [6, 7] являются традиционно ключевыми для биологических исследований в Донбассе.

В настоящем сообщении предлагается трактовать это свойство как индикаторную пластичность: способность вида, с одной стороны, сохранять присутствие в широком диапазоне нарушенных экотопов, а с другой – изменять количественно регистрируемые признаки в ответ на неоднородность экологической нагрузки. Такая комбинация устойчивости и чувствительности принципиально важна для создания растительных биосенсорных систем.

Исследования были выполнены в мониторинговых участках городов ДНР, включавших промышленную территорию Докучаевского флюсо-доломитного комбината, придорожные участки, территории АЗС, селитебные и рекреационные экотопы, бывшую строительную площадку и условно-фоновый локалитет. Для *P. major* определяли общее и частное проективное покрытие, а также четыре параметра вегетативной сферы: число листьев розетки, диаметр розетки, длину и ширину листовой пластинки. Основная выборка составляла 10 особей на участок; на условно-

фоновом участке №13 из-за крайне низкой плотности вида было найдено только три особи, поэтому его количественные оценки необходимо интерпретировать с пониженной статистической репрезентативностью.

На обследованных участках средний диаметр розетки варьировал от 7,5 до 17,2 см, длина листовой пластинки – от 3,2 до 8,1 см. На участке №4 возле АЗС были зарегистрированы максимальные средние значения диаметра розетки – 17,2±1,1 см и длины листовой пластинки – 8,1±0,7 см, тогда как на условно-фоновом участке №13 диаметр составлял 8,8±1,0 см, а длина листа – 4,8±0,5 см. Особенно показательно сопоставление промышленной зоны ДФДК и условно-фонового локалитета. Средняя длина листа у растений возле комбината составила 6,6±0,6 см против 4,8±0,5 см на участке №13; в исходной работе эти различия оценены как статистически значимые при $p \leq 0{,}05$. При этом ширина листовой пластинки существенно не различалась. Это означает, что индикаторный ответ проявляется не как пропорциональное увеличение всего организма, а как перестройка отдельных размерных компонентов фенотипа. Наиболее существенный аргумент для фитоиндикации – изменение вариабельности, а не только среднего значения признаков. Для диаметра розетки, длины и ширины листовой пластинки на ряде нарушенных территорий коэффициенты вариации достигали 28–33 %. На участке №5 ширина листа имела Cv 32,8 %, на бывшей строительной площадке №11 показатели ряда признаков составляли 27,3–32,5 %. В относительно однородных условиях городского парка значения снижались до 12,6–14,1 %. Поэтому наиболее перспективным диагностическим признаком следует считать не абсолютный размер листа сам по себе, а амплитуду фенотипического ответа популяции.

В терминах сенсорных технологий *P. major* целесообразно рассматривать не как сенсор отдельного загрязняющего вещества, а как многоканальный биологический сенсор интегрального стресса. Один «канал» представлен присутствием и проективным покрытием вида, второй – диаметром розетки и геометрией листа, третий – коэффициентами внутрипопуляционной вариабельности, четвёртый – визуальными повреждениями листового аппарата и состоянием генеративной сферы. Такой подход позволяет перейти от простой регистрации растения к биологическому считыванию состояния экотопа. При повторных наблюдениях каждый экземпляр становится природным чувствительным элементом, а мониторинговая площадка – распределённой сенсорной ячейкой. Геопривязка, цифровая фотография, автоматическое распознавание контуров листьев и вычисление морфометрических индексов потенциально позволяют преобразовать классическую фитоиндикацию в цифровую технологию биодиагностики. Для классических индустриальных экотопов особенно перспективны *Capsella bursa-pastoris*, *Echium vulgare*, *Reseda lutea* и *Berteroa incana*. В исследованиях Донбасса их

фитоиндикационные индексы сопоставлялись с концентрациями тяжёлых металлов в почве; при этом наиболее информативными были признаны, в частности, структурные признаки *C. bursa-pastoris*, *E. vulgare* и *R. lutea*. При этом *P. lanceolata* и *P. media*, несмотря на научный интерес, для того же самого полевого протокола в Докучаевске менее удобны: в исходном обследовании их плотность составляла менее 5 особей на 100 м² и имела мозаичный характер.

Для экологического мониторинга ценным оказывается не какой-либо единственный морфологический признак, а согласованная система ответов на разных уровнях организации растения и ценопопуляции: изменение встречаемости и проективного покрытия, перестройка размеров розетки и листовой пластинки, рост коэффициентов морфологической вариабельности, появление визуальных повреждений и подавление генеративной функции. Именно сочетание экологической устойчивости и высокой изменчивости формирует индикаторную пластичность *P. major*. Вид не исчезает сразу из нарушенного экотопа, а продолжает существовать, одновременно «записывая» воздействие среды в своей морфологии. Поэтому его целесообразно рассматривать как базовый компонент распределённой биосенсорной сети для доступного первичного скрининга территорий Донбасса.

Список литературы

1. Потапенко, Е. М. Изучение синантропных растительных сообществ на территории города Докучаевска / Е. М. Потапенко, А. В. Калинина // Донецкие чтения - 2025. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2025. – С. 123. – EDN RYLTZF.
2. Калинина, А. В. Индикационная фенотипическая пластичность *Plantago major* L. в условиях антропогенной трансформации Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. № 4. С. 25-32. – DOI 10.5281/zenodo.14543646. – EDN PLLHSK.
3. Калинина, А. В. Состояние ценопопуляций вида *Plantago major* L. в антропогенно нарушенных экотопах г. Макеевки // Актуальные проблемы экологии и природопользования. – Москва: РУДН, 2024. – С. 99-102. – EDN AVJHIS.
4. Экспозиционный материал кафедры ботаники и экологии ДонГУ для представления ДНР на Форуме ВДНХ «Россия» в 2024 году / А. И. Сафонов, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 1. – С. 27-38. – EDN NSZYBT.
5. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина, А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 6-11. – EDN RMXEAQ.
6. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
7. Golubev, F. V. Biogeochemical Assessment of Donbass Landscapes Transformed by Military Actions // Ecologica. – 2026. – Vol. 33, No. 121. – P. 23-28. – DOI 10.18485/ecologica.2026.33.121.4. – EDN RIWZJZ.

УДК 574.21 : 581.45

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ФОРМЫ ЛИСТА *CAPSELLA BURSA-PASTORIS* (L.) MEDIK. В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Приходько С.А.[1], канд. биол. наук, с.н.с., ORCID 0000-0001-6207-2622,
Минкина Т.М.[2], д-р биол. наук, проф., ORCID 0000-0003-3022-0883,
Штирц Ю.А.[1,2], канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-5102-2033,
Федоренко А.Г.[1,2], канд. физ.-мат. наук, ORCID 0000-0001-7670-0423,
Агурова И.В.[1,2], канд. биол. наук, ORCID 0000-0002-4583-6480,
Березовский А.С.[1,2], ORCID 0009-0006-1260-1921
[1]ФГБНУ Донецкий ботанический сад, г. Донецк, РФ,
[2]ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону, РФ
donetsk-sad@mail.ru, tminkina@mail.ru, yu.shtirts@mail.ru, afedorenko@mail.ru, ir.agur@mail.ru, berezovskiias@list.ru

Пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.) является одним из широко распространенных растений на земле, отмечена ценность данного вида для биоиндикации и биомониторинга состояния окружающей среды [3]. Значительный вклад в изучение биоиндикационных параметров *C. bursa-pastoris* на территории Донбасса внесен А. З. Глуховым, С. И. Прохоровой [1, 2], А. И. Сафоновым [4–6]: выявлен ряд индикаторных показателей на анатомическом и морфологическом уровнях.

Цель исследования – оценка изменчивости формы листа верхней части стебля *C. bursa-pastoris* в условиях антропогенно трансформированных экосистем. Наше исследование дополняет проведенные ранее благодаря применению методов геометрической морфометрии для анализа вариабельности формы листа данного вида.

Местами отбора материала послужили территории Донецко-Макеевской городской агломерации: 1 – территория Донецкого ботанического сада (условный контроль), 2 – обочины автодорог, 3 – железнодорожная насыпь, 4 – отвал угольной шахты 6-14 г. Макеевки, 5 – отвал угольной шахты 5-6 г. Донецка. Сформировавшиеся листья отсканировали адаксиальной стороной. Общий объем выборки составил 250 листьев. Ввиду особенностей морфологии листа данного вида, строгая фиксация меток, достаточного для описания формы контура, не представляется возможной, по этой причине на оцифрованных изображениях нанесено 50 полуметок с использованием четырех контурных кривых в программе tpsDig2 (version 2.32). Впоследствии полуметки были преобразованы в истинные метки в программе tpsUtil (v. 1.83). Анализ изменчивости проводили с использованием программ серии Thin-plate

spline (TPS): tpsRelative warps (v. 1.75), tpsSuper (v. 2.06), tpsSmall (v. 1.36), tpsRegr (v. 1.45).

Учитывая распределение консенсусов в пространстве осей относительной деформации (рис.), можно отметить, что наиболее сходными являются усредненные конфигурации листа территории Донецкого ботанического сада и отвала шахты 6-14, также эти консенсусы в меньшей степени отличаются от общей усредненной конфигурации. Наиболее различающимися между собой и с общей усредненной конфигурацией являются консенсусы листьев выборок железнодорожной насыпи и обочин автодорог, что отражает специфику условий произрастания. Изменение расхождений формы консенсусов в зависимости от того, учтена или не учтена однородная компонента, свидетельствует о значительной роли аффинных деформаций в общей динамике формы.

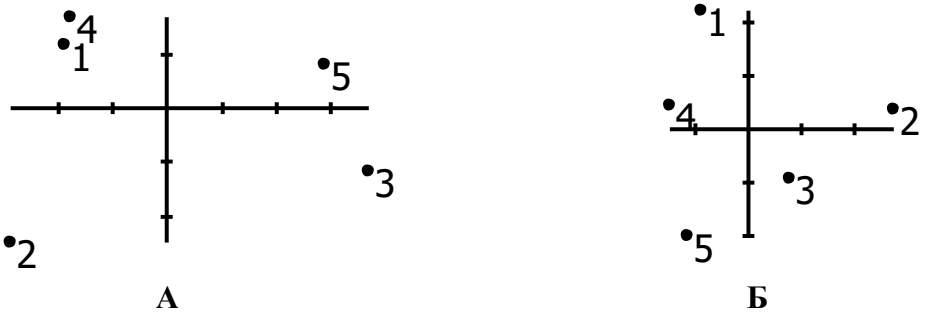


Рис. – Графическое изображение расхождений формы консенсусов листа *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. вдоль градиента первой (ось абсцисс) и второй (ось ординат) осей относительных деформаций (А – с учетом однородной компоненты, Б – без учета однородной компоненты): 1 – территория Донецкого ботанического сада, 2 – обочины автодорог, 3 – железнодорожная насыпь, 4 – отвал шахты 6-14, 5 – отвал шахты 5-6

Различия между формами листьев подтверждаются также результатами попарного сравнения анализируемых выборок с использованием значения F-критерия Гудолла: минимальные различия, так же, как и при сравнении консенсусных конфигураций, отмечены при сравнении выборок Донецкий ботанический сад – отвал шахты 6-14; в наибольшей степени различаются между собой выборки обочины автодорог – железнодорожная насыпь. Различия между всеми сравниваемыми выборками являются статистически значимыми при $p < 0{,}001$.

Если рассматривать территорию Донецкого ботанического сада как условный контроль, то в условиях, сформировавшихся в остальных местах произрастания, происходит увеличение разнообразия формы листа, в наибольшей мере проявляющееся в условиях железнодорожной насыпи, о чем свидетельствует возрастание средних значений прокрустовых дистанций между отдельно взятыми конфигурациями и между отдельными конфигурациями и консенсусом анализируемых выборок. Для трех из пяти анализируемых выборок (Донецкий ботанический сад, железнодорожная насыпь, отвал шахты 5-6) отмечена связь формы и центроидного размера

листа при $p < 0,05$. Вместе с тем, учитывая численное значение критерия Гудолла (1,53–2,64), данная связь не является существенной. Для двух других выборок статистически значимая связь не выявлена.

Отличия в условиях произрастания определяют специфику морфологической изменчивости листового аппарата *C. bursa-pastoris*. Использование методов геометрической морфометрии позволило установить усредненные конфигурации листьев *C. bursa-pastoris*, сформированных в различных условиях произрастания, выявить основные тенденции вариабельности формы.

Полученные результаты являются значимыми для исследований в области биоиндикации, а также вносят вклад в понимание процессов изменчивости фотосинтезирующего аппарата растений на морфологическом уровне под влиянием условий среды. Результаты дальнейших исследований могут послужить основой для экспресс-диагностики состояния окружающей среды с использованием нейросетей.

Работа выполнена в рамках госзадания ФГБНУ Донецкий ботанический сад по теме FREG 2026-0003 «Комплексное изучение биоресурсного потенциала растений мировой флоры для содействия экологической стабилизации и устойчивого развития Донбасса» № 126020616725-0, а также при поддержке Программы стратегического академического лидерства Южного федерального университета («Приоритет 2030»). Работы выполнены при использовании оборудования ЦИР «Биоинженерия почв» ЮФУ, созданного при поддержке Минпромторг РФ (Соглашение № 020-15-2026-019).

Список литературы

1. Глухов, О. З. Індикація стану техногенного середовища за морфологічною мінливістю рослин / О. З. Глухов, С. І. Прохорова // Промислова ботаніка. – 2008. – No. 8. – P. 3–11. – EDN NYTRXU.
2. Glukhov, A. Z. Morphological variability of the brome grass: application for nonspecific biomonitoring of urban anthropogenic impact / A. Z. Glukhov, S. I. Prokhorova // Acta Environmentalica Universitatis Comenianae (Bratislava). – 2011. – Vol. 19, suppl. 1. – P. 76–81.
3. Mikavica, I. Distribution of microplastics in (sub)urban soils of Serbia and Cd, As, and Pb uptake by *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik / I. Mikavica, D. Ranđelović, M. Ilić [et al.] // Chemosphere. – 2024. – Vol. 363. – 142891. – DOI 10.1016/j.chemosphere.2024.142891.
4. Safonov, A. I. Phyto-qualimetry of toxic pressure and the degree of ecotopes transformation in Donetsk region / A. I. Safonov // Problems of Ecology and Nature Protection of Technogenic Region. – 2013. – No. 1. – P. 52–59. – EDN XRAETZ.
5. Safonov, A. I. Indicative role of plants in the system of city management in an industrial region / A. I. Safonov // Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. – 2014. – № 2. – С. 161–168.
6. Safonov, A. I. Phytoindicational monitoring in Donetsk / A. I. Safonov // World Ecology Journal. – 2016. – Vol. 6, No. 4. – P. 59–71. – EDN WADNKV.

УДК 581.132:581.54

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ИНДЕКСА ОТНОСИТЕЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА У ВИДОВ И СОРТОВ РОДА *VINCA* В УСЛОВИЯХ ДОНЕЦКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

Пятница Н.В., ORCID 0009-0004-2297-4532,
Глухов А.З., д-р биол. наук, проф.
ФГБНУ «Донецкий ботанический сад», г. Донецк, РФ
NatalieDBS@yandex.ru, glukhov.az@mail.ru

Изучение сезонной динамики фотосинтетических пигментов у растений представляет интерес для оценки их физиологического состояния в условиях изменяющихся факторов окружающей среды [1, 3]. Хлорофилл играет ключевую роль в поглощении световой энергии и обеспечении фотосинтетических процессов. Оценка состояния фотосинтетического аппарата может проводиться с использованием различных показателей, в том числе содержания пигментов и характеристик флуоресценции хлорофилла [2, 7]. Сезонные изменения этих показателей могут быть связаны с перестройкой физиологических процессов растений под воздействием факторов окружающей среды [5].

Цель исследования – оценить сезонную динамику индекса относительного содержания хлорофилла у видов и сортов рода *Vinca* в условиях Донецкого ботанического сада в течение 2025 года. Объектами исследования являлись барвинок малый (*Vinca minor* L.), барвинок большой (*V. major* L.) и их декоративные сорта.

Исследования проводились на базе Донецкого ботанического сада в течение 2025 года. Оценку относительного содержания хлорофилла осуществляли неразрушающим оптическим методом *in situ* с использованием портативного хлорофилломера. Метод позволяет получать количественные значения оптического индекса непосредственно на листовой пластинке без её повреждения и последующего лабораторного анализа.

Возможности и ограничения неразрушающих методов оценки содержания хлорофилла, в том числе зависимость результатов от особенностей исследуемого материала, рассмотрены в ряде методических работ [4, 6].

Экспериментальный протокол включал трёхкратное измерение для каждого образца с последующей статистической обработкой данных. Результаты представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения (M ± SD), характеризующего разброс измеренных значений относительно среднего. При интерпретации результатов учитывали сезон проведения измерений, принадлежность растений к определённому виду

или сорту, а также наблюдавшиеся изменения температуры и относительной влажности воздуха.

В январе–феврале у исследованных таксонов *Vinca* отмечены минимальные значения индекса относительного содержания хлорофилла (рис.).

Межвидовые различия были выражены достаточно отчётливо:

– у *V. minor* среднее значение показателя составило 9,8 ± 2,7 отн. ед.,

– у *V. major* – 4,3 ± 0,5 отн. ед.

Весной, в марте–апреле, на фоне повышения средней температуры воздуха до +10…+17 °C наблюдалось увеличение показателя у обоих видов:

– у *V. minor* – до 11,8 ± 2,6 отн. ед.,

– у *V. major* – до 5,8 ± 1,2 отн. ед.

В мае–июне при температуре воздуха +22…+26 °C и относительной влажности 35–45 % значения составили 11,3 ± 2,1 и 7,4 ± 2,8 отн. ед. соответственно.

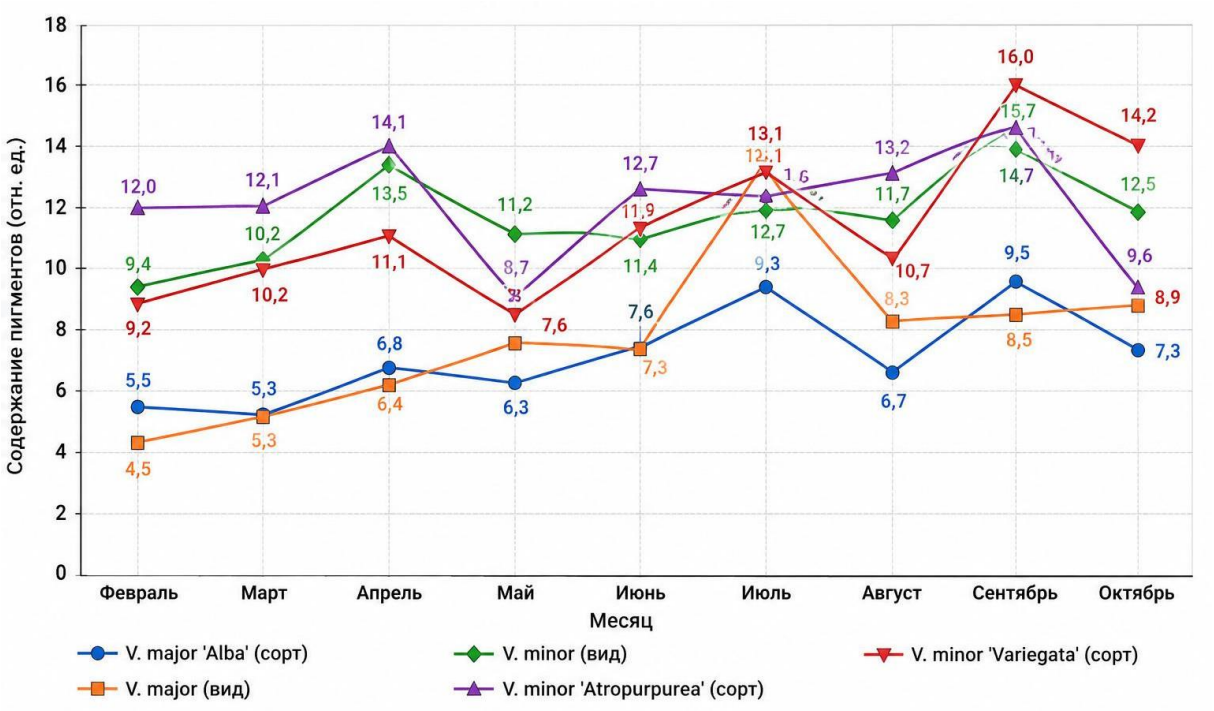


Рис. – Годичная динамика содержания пигментов у вида Vinca (2025 г.)

В июле, при температуре воздуха около +33 °C и относительной влажности 25 %, у *V. major* отмечено резкое повышение показателя до 13,1 ± 1,1 отн. ед., тогда как у *V. minor* он составил 12,7 ± 3,1 отн. ед. В августе, при снижении температуры до +29 °C, показатель у *V. major* уменьшился до 8,3 ± 1,4 отн. ед., а у *V. minor* – до 11,7 ± 2,9 отн. ед.

В сентябре, при температуре воздуха около +23 °C и относительной влажности 40 %, у *V. minor* наблюдалось повышение показателя до 15,7 ± 2,6

отн. ед. У сорта *V. minor* 'Variegata' значение достигло 16,0 ± 3,0 отн. ед. В октябре, на фоне снижения температуры до +15 °C и повышения относительной влажности до 60 %, показатель у *V. minor* уменьшился до 12,5 ± 2,5 отн. ед. Сорт 'Variegata' сохранял относительно высокое значение — 14,2 ± 2,8 отн. ед., тогда как у сорта 'Atropurpurea' отмечено снижение до 9,6 ± 2,3 отн. ед.

В ходе исследования выявлена сезонная динамика индекса относительного содержания хлорофилла у видов и декоративных сортов рода *Vinca*, выращиваемых в Донецком ботаническом саду. У *V. minor* относительно высокие значения показателя наблюдались в сентябре, тогда как у *V. major* максимум был зарегистрирован в июле. В августе у обоих видов отмечалось снижение показателя, выраженное сильнее у барвинка большого. У сортов барвинка малого также выявлены различия в сезонных значениях индекса. Полученные результаты характеризуют неодинаковый характер сезонной динамики исследуемого показателя у представителей рода *Vinca* и могут служить основой для дальнейшего изучения их физиологического состояния в условиях открытого грунта.

Список литературы

1. Игнатова, М. А. Сезонная динамика фотосинтетических пигментов у клёнов *Acer campestre* L., *A. negundo* L. и *A. saccharinum* L. в Ростове-на-Дону / М. А. Игнатова, Б. Л. Козловский, П. А. Дмитриев, М. В. Куропятников, Т. В. Вардуни // Биосфера. – 2022. – Т. 14, № 2. – С. 82–97. – DOI 10.24855/biosfera.v14i2.670. – EDN OAGCCQ.
2. Лысенко, В. С. Флуоресценция хлорофилла растений как показатель экологического стресса: теоретические основы применения метода / В. С. Лысенко, Т. В. Вардуни, В. Г. Сойер, В. П. Краснов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 4-1. – С. 112–120.
3. Adams, W. W. III. Photosynthesis and photoprotection in overwintering plants / W. W. Adams III, B. Demmig-Adams, T. N. Rosenstiel, A. K. Brightwell, V. Ebbert // Plant Biology. – 2002. – Vol. 4, No. 5. – P. 545–557. – DOI 10.1055/s-2002-35434.
4. Chiarenza, G. M. Guidelines for quantifying leaf chlorophyll content via non-destructive spectrometry / G. M. Chiarenza, E. Slavich, A. T. Moles // Applications in Plant Sciences. – 2024. – Vol. 12, No. 6. – Article e11610. – DOI 10.1002/aps3.11610.
5. Öquist, G. Photosynthesis of overwintering evergreen plants / G. Öquist, N. P. A. Huner // Annual Review of Plant Biology. – 2003. – Vol. 54. – P. 329–355. – DOI 10.1146/annurev.arplant.54.072402.115741.
6. Richardson, A. D. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content / A. D. Richardson, S. P. Duigan, G. P. Berlyn // New Phytologist. – 2002. – Vol. 153, No. 1. – P. 185–194. – DOI 10.1046/j.0028-646X.2001.00289.x.
7. Maxwell, K. Chlorophyll fluorescence – a practical guide / K. Maxwell, G. N. Johnson // Journal of Experimental Botany. – 2000. – Vol. 51, No. 345. – P. 659–668. – DOI 10.1093/jxb/51.345.659.

УДК 502.51:712.25(478)

ФИТОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ЗЕЛЁНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГОРОДА БЕНДЕРЫ

Рущук А.Д.*[1]*., канд. биол. наук, доц., ***Рущук В.С.*[1]*,*** канд. с.-х. наук, доц.,
Чавдарь Н.С.*[1]*, канд. с.-х. наук, доц.,
***Ескина Д.Ю.*[2]*, Котоман А.Р.*[2]*, Ковалёва С.В.*[2]
[1]ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»,
г. Тирасполь, ПМР
[2]МОУ «Бендерский теоретический лицей», г. Бендеры, ПМР
ruschuk@yandex.ru

Город Бендеры (Приднестровская Молдавская Республика) расположен в зоне сухого, жаркого климата. Зелёная инфраструктура (ЗИ) здесь – практически единственный рычаг снижения высоких температур и поддержания устойчивости городской экосистемы.



Рис. 1. – Границы города Бендеры

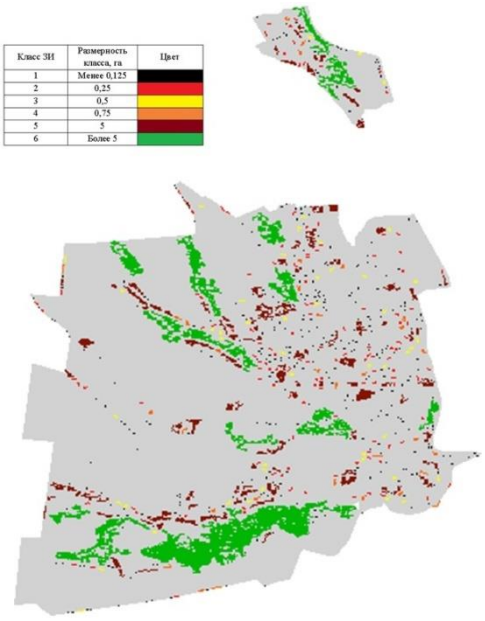


Рис. 2. – Пространственное положение элементов ЗИ

Цель исследования – выявление фитоэкологического профиля, оценка качества ЗИ города Бендеры на основе применения современных методов учёта и оценки её состояния.

Фитоэкологический профиль ЗИ устанавливали методами геоинформационного моделирования в программе GuidosToolbox (GTB) 3.3 – https://forest.jrc.ec.europa.eu/en/activities/lpa/gtb/.

В качестве объектов ЗИ приняты растры растительного покрова высотой более 5 м https://glad.umd.edu/dataset/global-2010-tree-cover-30-m.

В пространственной структуре насчитывается 665 объектов ЗИ (597,2 га или 8,4 % площади города (7140 га)). Средняя площадь участка – 0,9 га, наибольшего (лес у с. Гиска, на юге) – 159,2 га (рис. 1). Большинство объектов (544 шт., 82 %) имеют площадь до 5 га (14,6 % площади ЗИ).

Ценные средоулучшающие объекты площадью более 5 га (121 шт, 85,3 % площади ЗИ) расположены на периферии. Большая часть города (особенно центр) испещрена мелкими изолированными объектами (0,1-0,7 га) (рис. 2).

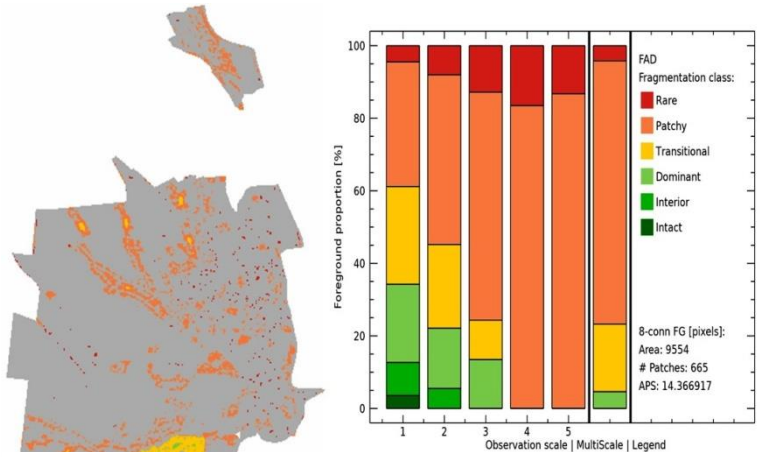


Рис. 3. – Фрагментация объектов ЗИ (Rare - одиночные участки, Patchy - фрагменты, Transitional - переходные, Dominant - доминирующие, Interior - внутренние, Intact - изолированные) в масштабах FAD-анализа (справа)

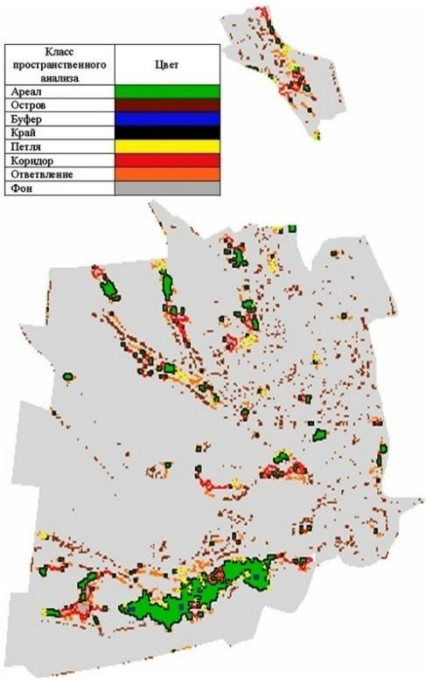


Рис. 4. – Морфологический пространственный анализ

Объекты ЗИ значительно фрагментированы (индекс 0,92), что снижает эффективность предоставления ими экосистемных услуг; и, напротив, объекты «Фона» (территории, где нет деревьев выше 5 м) достаточно цельны (индекс 0,09) (рис. 3).

В морфологической структуре насаждений (рис. 4) преобладают «Края» (26,81 % площади элементов ЗИ) – периферийные полосы по периметру «Ядер» (крупные, взаимосвязанные между собой зелёные насаждения), «Острова» – самый многочисленный класс объектов (600 шт, 24,18 % площади ЗИ). Ценными с точки зрения предоставления экологических услуг и перспективными для уменьшения фрагментации и формирования целостного «зелёного каркаса» города от Гербовецкого до Кицканского лесов являются «Ареалы» (142 объекта, 23,11 % площади ЗИ) и «Ответвления» (407 объектов, 15,26 % площади ЗИ, но только 1,77 % площади города).

Ландшафтная мозаика представлена в основном сельскохозяйственными угодьями (47 % площади города). Настоящие природные поверхности занимают всего 1 % площади (лес у с. Гиска, пойменные леса вдоль реки Днестр в микрорайонах «Кавказ» и «Северный», вдоль Балковского ручья в микрорайоне «Балка», у с. Протягайловка, а также полуприродные насаждения парка «Дружбы Народов»). Плотная застройка («запечатанные территории» — без растительного покрова и открытой почвы) составляет 1 % территории (рис. 5). AA — только сельскохозяйственные угодья, DD — исключительно плотная застройка,

NN — только природные объекты. Заглавные буквы обозначают доминирование типов угодий (60–100 % площади), строчные — их присутствие (10–60 %) (рис. 6).

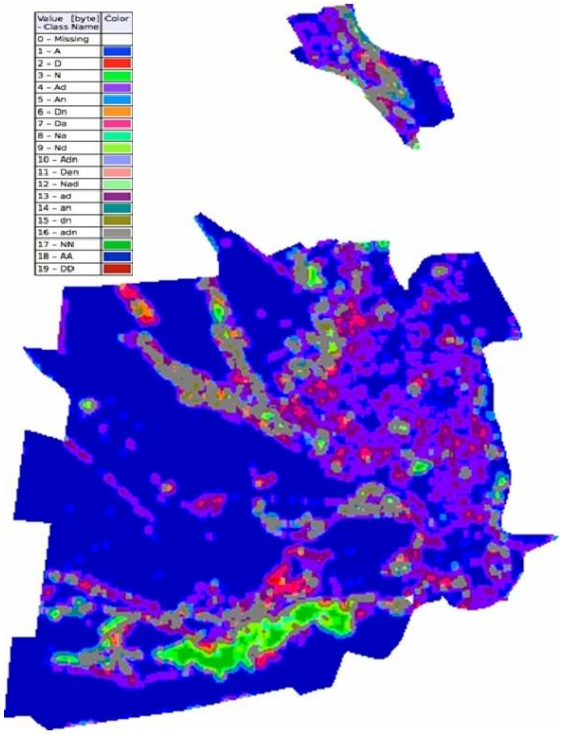


Рис. 5. – Выходная карта анализа «Ландшафтная мозаика» (LM-анализ)

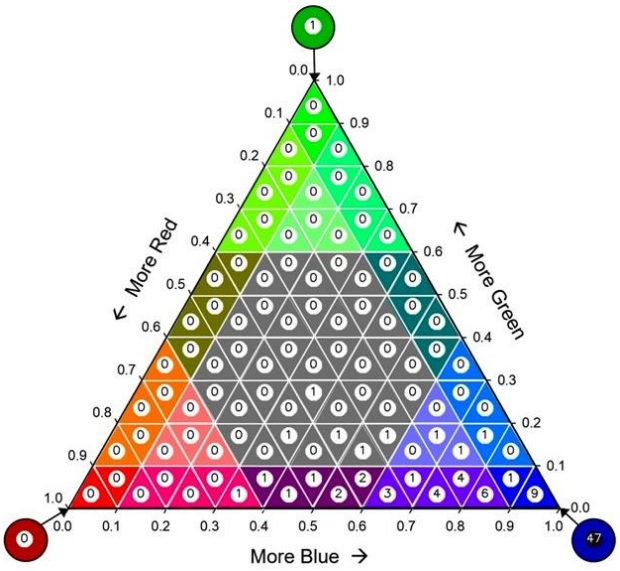
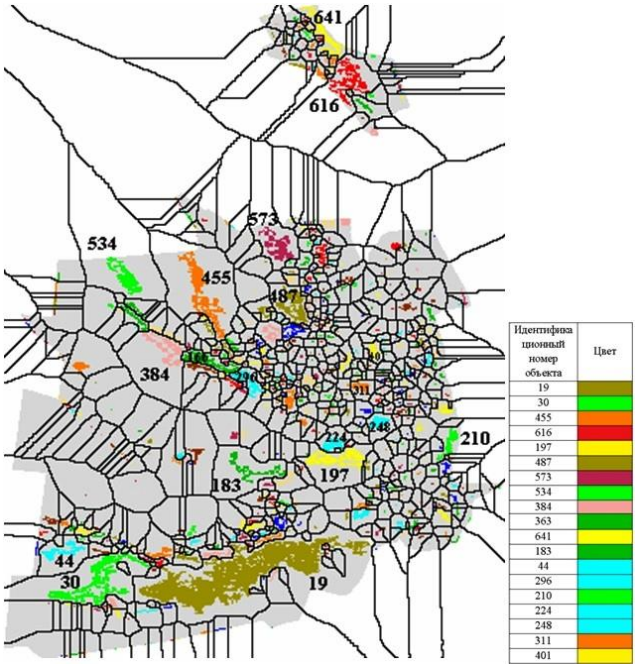


Рис. 6. – Тепловая диаграмма анализа «Ландшафтная мозаика»



Высокая доступность экосистемных услуг (рекреационных, оздоровительных, эстетических) отмечается в 19 «зонах влияния» (например, лес с. Гиска, насаждения микрорайонов «Шёлковый», «Ленинский», «Северный», «Борисовка», «Солнечный» у с. Хомутяновка).

Рис. 7. – Зоны влияния крупных объектов ЗИ

ЗИ города Бендеры фрагментирована; средоулучшающие объекты немногочисленны и расположены на периферии; высокая доступность экосистемных услуг отмечается в южной части города.

УДК 581.15 (477)

ТЕРАТОМОРФОГЕНЕЗ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ BRASSICACEAE КАК ИНСТРУМЕНТ БИОДИАГНОСТИКИ БЕЛЛИГЕРАТИВНЫХ ЛАНДШАФТОВ ДОНБАССА

Рябцев А.А.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
artmryabtsev@mail.ru

В качестве рабочей гипотезы предлагается положение о том, что длительное воздействие комплекса беллигеративных факторов не только изменяет флористическую структуру нарушенных экотопов [1, 2], но и формирует у экологически пластичных рудеральных видов семейства *Brassicaceae* статистически выявляемый комплекс нарушений гистогенеза, органогенеза и репродуктивного морфогенеза [3, 4]. При этом тератоморфоз [5] следует рассматривать не как специфический признак отдельного загрязнителя, а как интегральную морфологическую реализацию стрессовой нагрузки [6], требующую обязательного сопоставления с геохимическими, почвенными и пространственными данными [7].

Цель работы – выявить закономерности формирования тератоморфных признаков у представителей семейства *Brassicaceae* в экотопах Донбасса, подвергшихся беллигеративной трансформации, установить вероятную связь морфогенетических аномалий с комплексом военно-индуцированных физических и химических стрессоров и обосновать возможность использования спектра структурных патологий капустных в системе регионального фитоиндикационного мониторинга полемострессa.

Семейство *Brassicaceae* занимает существенное место во флоре Донбасса, объединяя как элементы естественных степных, петрофитных и меловых флористических комплексов, так и многочисленные синантропные, сегетальные и рудеральные виды. Такая эколого-ценотическая неоднородность делает семейство важным компонентом процессов первичного заселения нарушенных субстратов, вторичных сукцессий и формирования растительного покрова антропогенно преобразованных территорий. Региональные данные подтверждают широкое представительство семейства и присутствие его видов как в природных, так и в глубоко трансформированных экотопах.

Для морфологической биодиагностики семейство удобно ещё по одной фундаментальной причине: его генеративный морфотип относительно консервативен. Типичный цветок капустных характеризуется тетрамерностью околоцветника, шестью тычинками тетрадинамного андроцея и синкарпным двуплодолистиковым гинецеем. Следовательно, нарушения числа, взаимного положения и дифференцировки метамеров

цветка хорошо визуализируются и формализуются. Олигомеризация или полимеризация элементов цветка, дистопия органов, хориза, синорганизация в нетипичных сочетаниях, петализация тычинок, пролификация цветка, нарушение формирования завязи, деформация стручка или стручочка становятся значительно более диагностичными, чем у таксонов с исходно вариабельным или сложно организованным цветком.

Необходимо, однако, принципиально разграничивать тератогенез и обычную экологически обусловленную морфологическую пластичность. Изменение размеров листовой пластинки, высоты растения или интенсивности ветвления само по себе ещё не является тератологическим феноменом. Тератоморфоз предполагает качественное нарушение программы морфогенеза: изменение пространственной детерминации меристемы, числа метамеров, топографии органов, процессов срастания или расщепления, гистологической дифференцировки либо формирования репродуктивных структур. Поэтому наиболее информативным представляется переход от единичного описания «уродливых форм» к анализу тератологического синдрома, то есть устойчивой совокупности взаимосвязанных нарушений на нескольких уровнях организации растения.

Такой подход имеет для Донбасса существенную историческую основу. Ещё при изучении промышленно трансформированных экотопов региона у *Berteroa incana* (L.) DC. были зарегистрированы фасциации побегов, срастание листьев, ахлорофилльные листовые структуры, гипогенезия цветка, олигомеризация и полимеризация его частей, нарушение их взаимного расположения, нетипичное позеленение цветков, тератоморфные пыльцевые зёрна, матрикальная гетерокарпия и гетероспермия. У *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. спектр аномалий включал фасциацию и деформацию побегов, нарушение филлотаксиса, пролификацию соцветия, срастание и расщепление частей цветка, тератогенную синкотилию и схизокотилию, деформацию зародыша и патологические формы пыльцевых зёрен.

Регистрировали не отдельный признак, а несколько блоков тератоморфности: нарушения архитектоники побега и филлотаксиса, фасциацию и пролиферацию осей, аномалии трихомного аппарата и жилкования, олигомеризацию и полимеризацию цветка, хоризу, синорганизацию и дистопию элементов, петализацию андроцея, аномалии завязи, стручка или стручочка, матрикальную гетерокарпию и гетероспермию; стерильность и тератоморфность пыльцевых зёрен, а также синкотилию, схизокотилию и нарушения эмбриогенеза.

В системе диагностики беллигеративных ландшафтов наибольшее значение имеют не редкие и локальные представители семейства, а широко распространённые и экологически пластичные виды — прежде всего *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik., *Berteroa incana* (L.) DC., *Diplotaxis muralis* (L.) DC., *Sinapis arvensis* L., *Sisymbrium polymorphum* (Murray) Roth

и *Thlaspi arvense* L. Их диагностическая ценность обусловлена доступностью для серийного отбора, устойчивым присутствием в рудеральной растительности и высокой морфологической информативностью генеративных органов.

Тератоморфогенез *Brassicaceae* может рассматриваться как чувствительный интегральный компонент фитоиндикационной диагностики полемострессa, однако только при условии отделения тератологического сигнала от естественной внутривидовой изменчивости и исторически накопленного промышленного воздействия. Наиболее доказательной является система, объединяющая частоту морфогенетических аномалий, органную локализацию тератов, палиноморфологические и карпологические показатели, элементный состав растений и ризоэдафосферы, химический анализ военно-обусловленных загрязнителей и пространственное картографирование.

Именно в такой постановке представители *Brassicaceae* становятся одновременно и «растениями с аномалиями», а биологическими регистраторами перехода экосистемы от техногенно нарушенного к беллигеративно трансформированному состоянию. Их тератология способна дать морфологический эквивалент скрытых геохимических процессов и дополнить методы экологического мониторинга Донбасса.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
2. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
3. Сафонов, А. И. Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса / Разнообразие растительного мира. – 2019. – № 1(1). – С. 4-16. – DOI 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16. – EDN IJNXJE.
4. Сафонов, А. И. Аномалии эмбриональных структур растений-индикаторов Донбасса / // Разнообразие растительного мира. – 2022. – № 3(14). – С. 5-18. – DOI 10.22281/2686-9713-2022-3-5-18. – EDN GQUFYH.
5. Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса / А. И. Сафонов, А. С. Алемасова, И. И. Зиньковская [и др.] // Геохимия. – 2023. – Т. 68, № 10. – С. 1032-1044. – DOI 10.31857/S0016752523100114. – EDN NURQVW.
6. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. – 289 с. – EDN QVJSQE.
7. Тератогенные эффекты как индикаторные свойства цветковых растений урбанизированных территорий Донецкой агломерации / А. И. Сафонов, Ю. С. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 2. – С. 20-30. – DOI 10.5281/zenodo.13949289. – EDN CZPYKY.

УДК 581.15 (477.62)

РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ ПРОЕКТА РНФ «ИНДИКАЦИЯ И РЕАБИЛИТАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ РАСТЕНИЙ ПОСТКОНФЛИКТНЫХ ГЕОПАТОГЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ ДОНБАССА» В 2026 Г.

Сафонов А.И., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-9701-8711
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
andrey_safonov@mail.ru

Проект РНФ «Индикация и реабилитация с помощью растений постконфликтных геопатогенных экосистем Донбасса» относится к области экологии биосистем и ориентирован на решение одной из наиболее сложных экологических задач современного Донбасса – диагностику состояния и разработку научных основ восстановления природных и антропогенно преобразованных территорий, подвергшихся сочетанному воздействию промышленности, урбанизации и факторов, связанных с длительными военными событиями. Принципиальной особенностью проекта является использование растений одновременно в двух качествах: как биологических индикаторов неблагополучия экосистем и как основного природного инструмента их последующей реабилитации.

2026 год стал этапом перехода от накопленного многолетнего опыта экологического фитомониторинга Донбасса к его целенаправленному применению для исследования территорий с новым типом комплексной антропогенной трансформации [1–3]. Научная группа располагает опытом индикационной ботаники в промышленном регионе, однако воздействие факторов военного характера формирует экологические сочетания, которые невозможно полностью описать только традиционными моделями промышленного загрязнения или урбанизации [4–6]. Именно поэтому одной из центральных задач проекта стало выделение специфических биологических признаков такого воздействия и разработка способов их количественной и пространственной интерпретации.

В 2026 году получила дальнейшее развитие концепция полемострессса – комплекса реакций живых организмов и локальных экосистем на специфические воздействия, сопряжённые с военными событиями и трансформацией территории. Существенно, что исследования 2026 года не ограничиваются констатацией экологического ущерба. Одновременно развивается восстановительное направление проекта, например, ландшафтный дизайн как способ оптимизации постконфликтных территорий. Тем самым формируется связка «диагностика – оценка устойчивости – подбор растений – восстановление территории». Именно этот переход от описания нарушения к разработке конкретного

биологического механизма реабилитации является одной из наиболее важных практических особенностей проекта.

Ключевые достижения первой половины 2026 года можно сформулировать следующим образом:

– сформировано целостное исследовательское направление, связывающее фитоиндикацию, диагностику беллигеративных экотопов, анализ полемостресса и последующую фиторемедиацию;

– развивается система признаков, позволяющих отделять традиционные эффекты промышленной и городской нагрузки от новых сочетанных воздействий на растения и экосистемы;

– поставлена задача перехода от общей экологической оценки территории к дифференцированной диагностике конкретных экотопов, обладающих различной давностью, интенсивностью и характером нарушения;

– заложена научная основа использования растительности не только как объекта наблюдения, но и как активного инструмента стабилизации почв, противоэрозионной защиты, детоксикации, восстановления растительного покрова и экологического каркаса территории;

– результаты проекта в 2026 году представлены профессиональному научному сообществу на международных конференциях, что позволило вывести проблематику экологической реабилитации территорий Донбасса в более широкий научный контекст;

– создан и статистически проанализирован значительный информационный массив, позволяющий сопоставлять современные экологические процессы с многолетней историей изучения техногенной трансформации Донбасса.

Особая значимость проекта состоит в том, что экологическая ситуация Донбасса не может рассматриваться как простой случай восстановления территории после локального нарушения. На одной территории накладываются последствия многолетней промышленной эксплуатации, горнодобывающей деятельности, урбанизации, трансформации земель, изменений характера хозяйственного использования и новых геофизических и геохимических воздействий.

Поэтому перед исследователями стоит принципиально новая задача – разделить действие разных источников экологического стресса, выявить специфические реакции растений и определить, какие из наблюдаемых изменений обратимы естественным путём, а где требуется направленное вмешательство.

В этом отношении растения обладают особой ценностью. Они постоянно находятся на исследуемой территории, интегрируют действие факторов среды во времени и отражают неблагополучие через изменения видового состава, жизненной стратегии, морфологии, генеративных структур, темпов развития и других признаков. Одновременно правильно

подобранные устойчивые виды способны становиться первым звеном восстановления нарушенной территории – закреплять субстрат, снижать эрозию и запылённость, участвовать в почвообразовании, создавать микросреду для последующих стадий сукцессии и постепенно восстанавливать структуру сообщества.

Одним из наиболее перспективных результатов начального этапа проекта является возможность перейти в дальнейшем от общего понятия «нарушенная территория» к экологическому паспорту конкретного участка.

Такой подход имеет существенное значение для территориального планирования. Одинаковые методы озеленения не могут эффективно применяться к промышленной площадке, нарушенному городскому участку, транспортному коридору, сельскохозяйственной земле, рекреационной территории или буферной зоне особо охраняемого объекта. Для каждой категории необходим собственный подбор растений и собственная последовательность восстановления.

Таким образом, проект фактически объединяет биоиндикацию и фиторемедиацию в единую технологическую систему: растение сначала выступает источником информации о состоянии территории, а затем – инструментом её экологической реабилитации.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-24-01031 https://rscf.ru/project/25-24-01031/ Индикация и реабилитация с помощью растений постконфликтных геопатогенных экосистем Донбасса.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
2. Сафонов, А. И. Этапы подготовки материалов о полемострессе для белой книги Донецкой народной Республики // Экология родного края: проблемы и пути их решения: Материалы III Международной научно-практической конференции. Книга 1. – Киров: ВятГУ, 2026. – С. 63-66. – EDN YKQDST.
3. Сафонов, А. И. Экологический профиль библиографического ландшафта Донбасса. Часть 2 / А. И. Сафонов, В. Н. Неспирный // Научные и технические библиотеки. – 2026. – № 3. – С. 67-94. – DOI 10.33186/1027-3689-2026-3-67-94. – EDN VWXYTB.
4. Optimization Potential of Ecosystem Functions of Tree and Shrub Plantations in Anthropogenically Transformed Territories of the Southern East European Plain / V. Kornienko, I. Pirko, B. Meskhi [et al.] // Biology. – 2026. – Vol. 15, No. 10. – DOI 10.3390/biology15100784. – EDN JEBOAH.
5. Evaluating the Vitality of Introduced Woody Plant Species in the Donetsk–Makeyevka Urban Agglomeration / V. Kornienko, I. Pirko, B. Meskhi [et al.] // Plants. – 2025. – Vol. 14, No. 20. – DOI 10.3390/plants14203160. – EDN KGNKAD.
6. Assessing the Photosynthetic Activity of Phytoplankton in Kalmius River Under the Conditions of an Urban Environment / S. Chufitskiy, B. Meskhi, V. Shevchenko [et al.] // Diversity. – 2026. – Vol. 18, No. 5. – DOI 10.3390/d18050297. – EDN DUCJGC.

УДК 614.71:581.5:911.52 (477.60)

АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ БИОГЕННЫХ ВОЛОКНИСТЫХ ЧАСТИЦ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

Сафонов Р.А. [1,2], ORCID 0009-0004-4548-0842
[1]ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
[2]ФГБНУ «Донецкий физико-технический институт имени А.А. Галкина», г. Донецк, РФ
romansafonov05@mail.ru

Исследование закономерностей пространственно-временного переноса тополиного пуха в урбанизированной среде вызывает значительный интерес для изучения физики атмосферы [1, 2], вычислительной гидродинамики [3] и экологического мониторинга [4]. Тополиный пух, являющийся совокупностью опушённых семян растений рода *Populus* L., представляет собой специфическую волокнистую аэродисперсную систему, динамика которой определяется взаимодействием аэродинамических, термогравитационных и турбулентных процессов, что рассмотрено нами на локальном уровне в центрально-городской застройке Донецка [5].

Особую актуальность приобретает изучение влияния архитектурно-планировочной структуры городской застройки на формирование локальных зон аккумуляции биогенных частиц [6, 7].

Цель работы – разработка физико-математической модели пространственно-временного переноса и аккумуляции тополиного пуха в условиях неоднородной городской застройки на основе сопряжённого учёта термодинамических характеристик атмосферного пограничного слоя, ветрового режима, архитектурной морфометрии и биогенной эмиссии древесной растительности.

На основании натурных наблюдений, выполненных в июне 2025 и 2026 гг. на территории студенческого городка Донецкого государственного университета и прилегающих кварталов, установлена выраженная пространственная неоднородность визуально наблюдаемого накопления тополиного пуха. Наибольшие скопления преимущественно отмечались во внутриквартальных пространствах, полузамкнутых дворах, у подветренных фасадов зданий и в областях предполагаемой аэродинамической рециркуляции. На открытых участках магистралей и перекрёстках наблюдалось относительно меньшее количество пуха. Выявленные закономерности позволяют предположить определяющее влияние локальной структуры воздушных течений на перераспределение и осаждение волокнистых биогенных частиц.

В развитие полученных наблюдений предложена концептуальная термоморфометрическая аэродинамическая модель, объединяющая пять

взаимосвязанных компонентов: метеорологические граничные условия, трёхмерную аэродинамику городской застройки, биогенную эмиссию семян тополя, лагранжев перенос дискретных частиц и процессы поверхностной аккумуляции. В основу математического описания положены уравнения сохранения массы, импульса и тепловой энергии воздушной среды, дополненные уравнениями динамики отдельных частиц и адвективно-диффузионного массопереноса.

Для описания архитектурного влияния предложено учитывать отношение высоты зданий к ширине улиц, фронтальную плотность застройки, ориентацию аэродинамических коридоров и время удерживания частиц в рециркуляционных областях. Дополнительно обоснована необходимость учёта возрастной структуры, половой принадлежности и генеративной продуктивности тополей, поскольку древесная растительность одновременно выступает источником биогенных частиц, аэродинамическим препятствием и поверхностью их захвата.

Предложенная модель формирует теоретическую основу для последующего численного моделирования и построения прогнозных карт локальной аккумуляции тополиного пуха. Её количественная проверка требует инструментальных измерений и вычислительных экспериментов.

Список литературы

1. Мерщиев, А. А. Моделирование загрязнения приземного слоя атмосферы аэрозолями пыли при строительстве объектов / А. А. Мерщиев, К. В. Гармонов // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2015. – № 1. – С. 217-224. – EDN TTINHD.
2. Егоркин, А. А. Алгоритм применения моделей различного пространственного масштаба для оценки негативного воздействия на атмосферный воздух с учетом сложного рельефа местности // Системы контроля окружающей среды. – 2024. – № 2(56). – С. 21-28. – DOI 10.33075/2220-5861-2024-2-21-28. – EDN CTDVIT.
3. Бобра, Т. В. Пространственный анализ и моделирование полей концентрации загрязняющих веществ в атмосфере г. Симферополь // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2022. – Т. 8, № 4. – С. 104-120. – EDN JWDTBI.
4. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
5. Сафонов, Р. А. Физико-географическая обусловленность для моделирования массопереноса аэрофитополлютантов // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 146-152. – EDN KOCJMA.
6. Enhancing urban landscape connectivity through industrial land transformation: Integrating utilization efficiency and habitat isolation assessment / H. Kan, G. Ding, T. Zhou [et al.] // Journal of Environmental Management. – 2025. – Vol. 395. – P. 127769. – DOI 10.1016/j.jenvman.2025.127769. – EDN GTIIBH.
7. Корниенко, В. О. Деревья *Populus* L. в условиях урбанизированной среды Донецка // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 1. – С. 24-34. – DOI 10.5281/zenodo.15005606. – EDN MOGDEG.

УДК 615.322(477.60)

ЭКОЛОГО-БОТАНИЧЕСКИЙ ОПЫТ ОТБОРА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ФЛОРЫ ДОНБАССА ДЛЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КУМАРИНОВОГО ПРОФИЛЯ

Сорока М.В., Габараев Б.А., ORCID 0009-0007-3961-2177
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
mari.soroka.06@mail.ru, bogdan.gabarayev@mail.ru

В региональной фитоиндикационной литературе [1, 2] для интегрального обозначения специфического воздействия военных событий на растения и экотопы Донбасса применяется термин «полемострессс» [3–5]. По данным фитомониторинга Центрального Донбасса [6], этот фактор рассматривается как самостоятельная составляющая современной пространственной трансформации растительного покрова [7].

Его использование при поиске перспективного растительного сырья требует, однако, методологической осторожности. Полевыми исследованиями показано, что участки, подвергшиеся интенсивным физическим нарушениям, могут характеризоваться формированием локальных геохимических аномалий, связанных с боеприпасами, военной техникой и продуктами детонации. Наряду с металлами в военных экотопах актуальна проблема остатков энергетических соединений: TNT, RDX, HMX и продуктов их трансформации.

Следовательно, выраженный полемострессс может быть чрезвычайно информативен для эколого-биохимического исследования растений, но сам по себе не является положительным критерием при выборе сырьевого локалитета для химико-технологического использования. Напротив, при предполагаемом последующем получении экстрактов или индивидуальных веществ из растительной биомассы необходимо одновременно оценивать содержание целевых вторичных метаболитов и потенциальных контаминантов. Такой подход особенно существенен для исследования кумаринов. Абиотические факторы способны изменять биосинтез и накопление различных классов вторичных метаболитов. При этом реакция не является линейной: умеренный стресс может индуцировать накопление защитных соединений, тогда как чрезмерное нарушение физиологического состояния растения способно приводить к угнетению общего метаболизма и уменьшению продуктивности. Поэтому исследование растений Донбасса представляет интерес не только как поиск видов-продуцентов, но и как возможность изучения экологической вариабельности химического профиля одного и того же таксона.

При необходимости получить не менее 400 г сухого сырья объект должен удовлетворять одновременно флористическому, ресурсному, экологическому и химико-технологическому критериям. Принципиальное

значение имеет не отдельная крупная особь, а наличие устойчивой и достаточно многочисленной локальной популяции либо ценопопуляционного фрагмента, позволяющего получить объединённую пробу без критического изъятия генеративного фонда.

Оптимальная схема предполагала предварительное маршрутное обследование и выделение серии экологически контрастных, но ботанически сопоставимых локалитетов. Для изучения собственно влияния полемострессa сопоставляли условно-фоновые степные или лугово-степные участки, хронически техногенные экотопы и территории с диагностируемыми признаками современных военно-обусловленных нарушений. Однако сырьё, предназначаемое не только для экологического сравнения, но и для дальнейшей химико-технологической переработки, собирали на безопасных обследованных участках без очевидных признаков локальной химической контаминации.

По результатам обследования и первоначальных сборов были осуществлены отборы фитоматериала следующих видов: *Seseli libanotis* (L.) W.D.J.Koch, *Artemisia austriaca* Jacq., *Achillea stepposa* Klokov & Krytzka, *Tanacetum vulgare* L., *Artemisia umbrosa* (Turcz. ex Besser) Turcz. ex Verlot.

В рассматриваемом наборе *S. libanotis* представляет наиболее обоснованный модельный объект для построения кумаринового профиля. Наиболее информативной представляется раздельная заготовка двух генеративных фракций: сложных зонтиков в период массового цветения и полностью сформированных плодов в фазе созревания. Именно карпологические структуры имеют особое значение для химико-технологического отбора *Apiaceae*. Представители *Seseli* известны как источник кумаринов, включая пирано- и фуранокумариновые производные; непосредственно для *S. libanotis* ранее были охарактеризованы производные кумаринов, а исследование эфирномасличной изменчивости показало особенно высокое содержание эфирного масла в соцветиях и плодах и присутствие остола в части исследованных образцов.

A. austriaca относится к подсемейству Asteroideae, трибе Anthemideae; согласно POWO, это корневищный геофит. Генеративная часть растения представляет собой систему многочисленных мелких корзинок (capitula), объединённых в сложную синфлоресценцию. Для химико-технологической заготовки использовали не отделённые единичные корзинки, а верхушки генеративных побегов, включающие корзинки, их цветоносы и верхние листовые пластинки. Такая стандартизация одновременно обеспечивает воспроизводимость фракционного состава и позволяет получить необходимую массу сырья без чрезмерного увеличения площади сбора. Фитохимические данные указывают прежде всего на эфирномасличную и сесквитерпенлактонную специализацию *A. austriaca*: в эфирном масле надземной части описаны камфора, 1,8-цинеол, туйоны и другие монотерпеноиды; из надземной части выделены аустрицин и другие

сесквитерпеновые лактоны. В связи с этим вид следует рассматривать не как заведомо высококумариновый объект, а как перспективный сравнительный таксон при широком LC-MS или HPLC-скрининге фенольных метаболитов. Его сильной стороной является потенциально высокая доступность надземной фитомассы в местах массового произрастания.

Род *Achillea* богат разнообразными вторичными метаболитами, однако применительно именно к *A. stepposa* доказательная база по кумаринам значительно скромнее, чем для *S. libanotis*. Поэтому включение данного вида особенно ценно в сравнительном эксперименте: оно позволяет проверить, является ли обнаруживаемый кумариновый спектр таксономически устойчивым либо существенно модифицируется экологическими условиями Центрального Донбасса. Для рода *Tanacetum* кумарины известны, однако для *T. vulgare* его наиболее изученными характеристиками являются прежде всего эфирные масла, флавоноиды и фенольные кислоты. Поэтому *T. vulgare* в предложенной системе особенно ценен как ресурсно доступный сравнительный объект, позволяющий сопоставить кумариновый профиль с гораздо лучше изученной терпеновой и фенольной хемотипией.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Сафонов, А. И. Опыт фитоиндикационной оценки антропогенных экотопов Донбасса (обзор) // Теоретическая и прикладная экология. – 2025. – № 2. – С. 16-29. – DOI 10.25750/1995-4301-2025-2-016-029. – EDN YOFKTG.
2. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
3. Nespirnyi, V. N. Statistical Analysis of Environmental Monitoring Data in Donbass Region // Ecologica. – 2025. – Vol. 32, No. 119. – P. 189-202. – DOI 10.18485/ecologica.2025.32.119.6. – EDN HMROLA.
4. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг антропогенных трансформаций. – Донецк: Издательский дом «ЭДИТ», 2024. – 289 с. – EDN QVJSQE.
5. Обзор основных тенденций и динамики загрязнения воздуха и почв в регионах Российской Федерации в период 1993-2023 годов / И. А. Федоркина и др. // Проблемы региональной экологии. – 2025. – № 1. – С. 17-21. – DOI 10.24412/1728-323X-2025-1-17-21. – EDN WZHRFT.
6. Safonov, A. Ecological phytomonitoring in Donbass using geoinformational analysis / A. Safonov, A. Glukhov // BIO Web of Conferences. – 2021. – Vol. 31. – P. 00020. – DOI 10.1051/bioconf/20213100020. – EDN XYLEQZ.
7. Сафонов, А. И. Стратегическая потенциализация фитоиндикаторов техногенных загрязнений // Аграрная Россия. – 2009. – № S1. – С. 58-59. – EDN TNHVPJ.

УДК 630*181.1:582.734.4

ВЛИЯНИЕ ОРГАНОГЕННЫХ СУБСТРАТОВ НА МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИСТЬЕВ АБРИКОСА ОБЫКНОВЕННОГО (*ARMENIACA VULGARIS* LAM.) В УСЛОВИЯХ ГБУ ЛНР «ЛУГАНСКИЙ ЛЕСХОЗ»

***Сотников Д.В.*[1],** ORCID 0000-0001-2345-6789,
***Сотникова Н.С.*[2], *Сотников Я.Д.*[2], *Слёта А.Д.*[2]**
[1]ГБУ ЛНР «Луганский лесхоз», г. Луганск, РФ
[2]ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова», г. Луганск, РФ
sotnikofd@mail.ru, sot81bkru@mail.ru, sotnikov-2027@internet.ru, slyotaalyona1902@gmail.com

Размеры и форма листа зависят от целого набора внешних факторов: увлажнения, питания, температуры почвы, затенения. Именно поэтому листовые пластинки давно используют как индикатор состояния древесных растений [2, 3, 4]. В лесхозах и питомниках всё чаще применяют различные органические материалы в качестве мульчи: опилки, солому, сено, опад, кору и хвою сосны. Одни материалы удерживают влагу и постепенно отдают питательные элементы, другие на первом этапе разложения связывают азот, а некоторые подкисляют почву. Как именно отзывается абрикос обыкновенный (*Armeniaca vulgaris* Lam.) на такие субстраты, изучено недостаточно, особенно в условиях степной зоны.

Цель работы – изучение влияния органогенных субстратов на морфометрию листьев абрикоса обыкновенного (*Armeniaca vulgaris* Lam. [1]) в Луганском лесхозе.

Работу выполняли в 2025 году в Луганском лесхозе (г. Луганск). Объект - листья абрикоса обыкновенного [1]. Заложили 12 вариантов мульчи: опилки фракций 0,5–0,7 см; 0,3–0,5 см; 0,1–0,3 см; солома; сено; опад тополя; опад дуба + каштана; кора сосны; сосновые иголки; контроль (без мульчирования); сплошное залуживание (естественная травянистая растительность); контроль без травы.

В каждом варианте мульчи брали по 10 листьев, всего 120. Измеряли количество жилок слева и справа (шт.), длину листа (см), ширину листа (см), длину черешка (см), длину от центральной жилки слева и справа (см). Точность - 0,1 см. Средние значения считали по стандартной описательной статистике. В варианте «Солома» встретилось значение длины черешка 20 см; его расценили как опечатку и в расчёт не включали. Средние значения по вариантам приведены в таблице.



Рис. – Общий вид участка проведения исследований в ГУП ЛНР «Луганский лесхоз»

Таблица 1

Средние морфометрические показатели листьев абрикоса обыкновенного (n = 10)

Вариант	Длина листа, см	Ширина листа, см	Длина черешка, см	Количество жилок, шт. (сред.)	Центральная жилка, см (сред.)
Контроль без травы	7,65	5,50	3,00	6,5	2,73
Контроль	7,15	5,80	2,05	7,0	2,90
Опад тополя	7,35	5,15	3,55	6,2	2,58
Солома	6,15	4,85	2,35*	6,1	2,43
Сено	7,40	5,60	2,75	6,8	2,80
Опад дуба + каштана	6,95	5,05	2,97	6,9	2,53
Сплошное залуживание	7,40	5,35	2,95	6,4	2,68
Кора сосны	7,85	5,65	2,85	6,8	2,83
Сосновые иголки	7,50	6,10	2,65	7,0	3,05
Опилки 0,1–0,3	6,70	5,05	2,90	6,9	2,53
Опилки 0,3–0,5	6,65	5,50	2,60	6,7	2,75
Опилки 0,5–0,7	6,90	5,10	2,90	6,4	2,55

Максимальная длинна листьев получена на коре сосны в среднем 7,85 см. Близко к этому показателю стоят контроль без травы (7,65 см), сосновые иголки (7,50 см), сено (7,40 см) и сплошное залуживание (7,40 см). Минимальная длинна листа - на соломе: 6,15 см. Немного выше значения у опилок фракций 0,3–0,5 см (6,65 см) и 0,1–0,3 см (6,70 см).

По ширине листа максимальное значение занимает сосновые иголки - 6,10 см. Далее идут контроль (5,80 см), кора сосны (5,65 см) и сено (5,60 см). Минимальная ширина отмечена на соломе – 4,85 см, что совпадает с минимальной длиной листа.

Самый длинный черешок у листьев на опаде тополя (3,55 см), самый короткий – в контроле (2,05 см).

Число жилок менялось незначительно: слева – от 5,9 до 6,8 шт., справа – от 6,2 до 7,3 шт. По-видимому, этот признак меньше реагирует на тип субстрата, чем длина и ширина листа.

Различия между вариантами объясняются свойствами самих материалов. Кора сосны и сосновые иголки лучше удерживают влагу, сглаживают колебания температуры почвы и постепенно отдают органическое вещество. Сено улучшает питательный режим. Солома разлагается медленно и на первых этапах может снижать доступность азота. Мелкие опилки (особенно фракция 0,1–0,3 см) имеют широкое соотношение C:N, из-за чего микроорганизмы активнее потребляют азот и рост листьев тормозится. Полученные значения согласуются с известными данными об изменчивости линейных размеров листа абрикоса в разных условиях [2, 3].

Органогенные субстраты заметно влияют на размеры листьев абрикоса обыкновенного в ГБУ ЛНР «Луганский лесхоз». Лучшие результаты по комплексу признаков дали кора сосны, сосновые иголки, сено и контроль без травы. Хуже всего себя показали солома и мелкие фракции опилок. Число жилок почти не менялось, то есть этот признак менее пластичен. Полученные данные можно использовать при подборе мульчи для выращивания абрикоса обыкновенного (*Armeniaca vulgaris* Lam.).

Список литературы

1. *Armeniaca vulgaris* Lam. (Абрикос обыкновенный): описание таксона // Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн-атлас и определитель растений. – URL: https://www.plantarium.ru/page/view/item/3725.html (дата обращения: 29.09.2026).
2. Анатов, Д. М. К вопросу о происхождении культурного сортимента абрикоса Дагестана по изменчивости морфологических признаков листа / Д. М. Анатов, З. М. Асадулаев, Р. М. Османов, К. И. Ахмедова // Юг России: экология, развитие. – 2019. – Т. 14, № 3 (52). – С. 17–24. – DOI10.18470/1992-1098-2019-3-17-24
3. Епифанова, Т. Ю. Абрикос маньчжурский в лесах Приморского края (лесоводственное значение и хозяйственное использование): автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук: специальность 06.03.03 / Т. Ю. Епифанова. – Уссурийск, 2004. – 32 с. – URL: https://new-disser.ru/_avtoreferats/01002631150.pdf (дата обращения: 29.09.2026).
4. Сотников, Д. В. Оценка жизненного состояния древостоев дуба красного (*Quercus rubra* L.) в условиях степной зоны / Д. В. Сотников, Н. С. Сотникова, Я. Д. Сотников, А. Д. Слёта, А. В. Пшеничников // Российская наука в современном мире: сборник статей LXXVIII Международной научно-практической конференции (Москва, 31 мая 2026 г.). – Москва: Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2026. – С. 40–42. – URL: Электронный сборник конференции (PDF) (дата обращения: 10.10.2026).

УДК 630*18:582. 681.81

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ ТОПОЛЯ (*POPULUS* L.) В ЛУГАНСКЕ

Сотникова Н.С.
ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К.Е. Ворошилова», г. Луганск, РФ
sot81bkru@mail.ru

Род Тополь (*Populus* L.) занимает заметное место в озеленении городов Донбасса [3, 5]. Быстрый рост, газоустойчивость и способность формировать плотные насаждения сделали его одним из основных видов при создании уличных посадок. Вместе с тем в условиях засушливого климата, уплотнения почвы и техногенной нагрузки тополя нередко теряют устойчивость, что проявляется в изреживании кроны, усыхании ветвей и преждевременном листопаде [4]. На ул. Буденного произрастают два вида рода: *Populus alba* L. и *Populus simonii* Carr. Сведений об их состоянии в литературе недостаточно.

Цель работы – оценить жизнеспособность этих насаждений по комплексу визуальных и морфометрических признаков.

Городские древесные насаждения выполняют важные средообразующие, санитарно-гигиенические и эстетические функции. В условиях возрастающей антропогенной нагрузки и изменения климата мониторинг их состояния становится необходимой частью экологического контроля городской среды. Тополя, будучи быстрорастущими и газоустойчивыми породами, широко используются в озеленении, однако их устойчивость с возрастом может снижаться. Отсутствие регулярных наблюдений за состоянием тополевых насаждений на конкретных улицах не позволяет своевременно выявлять ослабленные деревья и планировать необходимые уходовые мероприятия. В связи с этим оценка жизнеспособности *Populus* L. представляет практический интерес для оптимизации городского зелёного хозяйства.

Обследование проведено в июле 2026 г. на участке ул. Буденного города Луганска. Заложено три повторности для каждого вида, по 20 деревьев в каждой (всего 120 экземпляров). Категорию состояния устанавливали глазомерно по пятибалльной шкале [1], характеристика которой приведена в табл. 1. Дополнительно измеряли диаметр ствола на высоте 1,3 м (мерная вилка) и высоту дерева (высотомер Suunto PM-5). Повреждения коры, листьев и признаки болезней фиксировали визуально. Из-за малой изменчивости признаков статистическая обработка не проводилась. При инвентаризации использовали методические подходы [2].

Таблица 1

Шкала категорий состояния

Категория	Характеристика кроны и листьев
1 (здоровые)	Крона густая, листья зелёные, без признаков ослабления. Прирост текущего года нормальный.
2 (ослабленные)	Крона слабоажурная, отдельные ветви усохли. Листья светло-зелёные, возможно появление жёлтого оттенка. Прирост уменьшен, но не более чем наполовину.
3 (сильно ослабленные)	Крона ажурная, изреженная, есть суховершинность. Листья светло-зелёные, матовые, с бурым оттенком. Усыхание ветвей достигает примерно 2/3 кроны.
4 (усыхающие)	Крона сильно ажурная, усыхание ветвей по всей кроне. Листья мелкие, бледно-зелёные с жёлтым или бурым оттенком, наблюдается ранний листопад.
5 (сухие)	Листва отсутствует, кора частично или полностью опала, есть признаки заселения стволовыми вредителями.

Результаты учётов обобщены в табл. 2.

Таблица 2

Мониторинг состояния древесных насаждений по ул. Буденного (средние показатели)

№	Повторность	Кол-во деревьев в выборке (шт.)	Вид тополя	Оценка состояния (в баллах)			Показатели		Общая оценка состояния жизнеспособности деревьев
				листьев	крона	повреждения и болезни	диаметр	высота	
1	1	20	Тополь серебристый	1	1	-	56	23	хорошее
2	2	20	Тополь серебристый	1	1	-	52	20	хорошее
3	3	20	Тополь серебристый	1	1	-	55	21	хорошее
4	1	20	Тополь Симона	1	1	-	46	18	хорошее
5	2	20	Тополь Симона	1	1	-	42	20	хорошее
6	3	20	Тополь Симона	1	1	-	45	21	хорошее

Все 120 учтённых деревьев обоих видов отнесены к первой категории состояния. Листва и крона получили по 1 баллу, что соответствует плотной кроне и зелёной листве без признаков угнетения. Повреждения кроны, листовых пластин и признаки болезней не отмечены. У *Populus alba* L. диаметр ствола варьировал в пределах 52–56 см, высота – 20–23 м; у *Populus simonii* Carr. – 42–46 см и 18–21 м соответственно. Разброс значений между повторностями несущественен, что указывает на однородность условий произрастания на обследованном участке.

Столь благополучный результат требует пояснения. На ул. Буденного была проведена санитарная обрезка деревьев в марте месяце. Оба исследуемых вида тополей известны газоустойчивостью и способностью произрастать в городских условиях [4]. Полученные данные согласуются с результатами исследований тополевых насаждений в урбоэкосистемах региона [4, 6]. Вместе с тем выборка ограничена одной улицей, поэтому полученные выводы нельзя автоматически переносить на другие районы города. Кроме того, оценка проводилась в середине вегетации, что не позволяет зафиксировать позднелетний или осенний спад состояния.

Проведённый мониторинг показал, что все обследованные деревья рода *Populus* L. на ул. Буденного находятся в хорошем состоянии и относятся к категории 1. Для подтверждения устойчивости насаждений целесообразен повторный учёт через 2–3 года, желательно после аномально жаркого или засушливого сезона. При появлении ослабленных экземпляров показана санитарная рубка. Полученные данные могут быть использованы при планировании озеленительных работ и оценке эффективности существующих посадок на территории города.

Список литературы

1. Алексеев, В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
2. Методика инвентаризации городских зеленых насаждений / Минстрой России; Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова. – Москва, 1997. – URL: https://files.stroyinf.ru/Data1/41/41601/index.htm (дата обращения: 10.10.2026).
3. Наумов, С. Ю. Морфобиологическое описание видов рода Populus L., произрастающих на территории города / С. Ю. Наумов, Н. С. Сотникова, Я. Д. Сотников // Аграрная наука в обеспечении продовольственной безопасности и развитии сельских территорий. – Луганск: ЛГАУ, 2026. – С. 146–147.
4. Николаевский, В. С. Экологическая оценка загрязнения среды и состояния наземных экосистем методами фитоиндикации / В. С. Николаевский. – Москва: Московский государственный университет леса, 1999. – 193 с.
5. Сотникова, Н. С. Видовой состав и морфометрические параметры тополевых насаждений *Populus* L. в урбоэкосистеме города Луганска // Молодежная наука: вызовы и перспективы. Макеевка: ДОНАГРА, 2026. Т. 2. С. 380–383.
6. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.

УДК 581.9(470.63)

КРАТКИЙ АНАЛИЗ ФЛОРЫ ЛЕСОВ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОГО КАВКАЗА

Тайсумов М.А., д-р биол. наук, проф., ORCID 0002-5053-8816,
Астамирова М.А.-М., д-р. геогр. наук, проф. ORCID 0000-0003-2251-0696,
Байбатырова Э.Р., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-6323-8871
ФГБОУ ВО «Чеченский государственный педагогический университет», г. Грозный, РФ
musa_taisumov@mail.ru

Восточный Кавказ в целом и восточная часть Российского Кавказа в частности уникальны в плане разнообразия флористического состава, в том числе как компонент географического ландшафта. Лесные фитоценозы этой территории формировались в разнообразных растительно-климатических поясах, от субтропического леса в дельте реки Самур до высокогорных березняков и букняков, разновысотных сосновых лесов и пойменных лесов низовий Кумы и Терека [1].

Большинство видов, живущих под пологом леса, относятся к сциофитам (умброзофитам), существующим в условиях затенения и предпочитающих рассеянный свет. Они составляют группу ценотипно верных видов, не выходящих за пределы лесного фитоценоза. Другая часть лесных видов – сциогелиофиты, т.е. теневыносливые растения, обладающие толерантностью по отношению к свету, способные существовать как в условиях затенения, так и при полном освещении. Это экологически пластичные виды, встречающиеся также на прилегающих лугах и лесных полянах внутри фитоценозов.

Вся совокупность слагающих лесную флору видов относится к одному флороценотипу – лесному [2,3]. Экологическая пластичность лесных видов (флороценоэлементов) может быть выражена отношением сциофитов к сциогелиофитам, и это соотношение составляет 2,9, т.е. 3:1. Такое же соотношение выявлено и для лесной флоры Центрального Предкавказья [4].

В лесной флоре восточной части Российского Кавказа ценотипно верных видов насчитывается 343, что составляет 74,6 % от всей флоры. В своём подавляющем большинстве это напочвенные обитатели – 313 видов (68 %). Обитателей берегов лесных рек и ручьёв, а также сырых мест – 24 (5,2 %).

Другая группа растений, обитающих как под пологом леса, так и вне его, насчитывает 117 видов (25,4 %). Среди них большинство лугово-лесных видов. Это обитатели низкогорных лугов и лесов (49 видов, 10,7 %) и субальпийских лугов и лесов (36 видов, 7,8 %). Видов, обитающих в лесных фитоценозах и на нарушенных местообитаниях 22 (4,8 %). Небольшая часть

видов обитает на скалах, как под пологом леса, так и на открытых пространствах. Таких видов 10 (2,1 %).

Три вида в составе изучаемой флоры обладают значительной экологической пластичностью и могут обитать не только в лесу, но и подниматься в высокогорья до альпийского пояса.

Таким образом, в экологическом анализе следует отметить, что ¾ видов лесной флоры восточной части Российского Кавказа являются ценотипно верными сциофитами, остальные виды экологически пластичны, могут обитать как под пологом леса, так и за его пределами, большей частью в прилегающих луговых фитоценозах. Анализ соотношения этих двух экологических групп в систематическом спектре показал, что

– самым ценотически верным является семейство *Fabaceae,*

– а самым экологически пластичным – *Asteraceae*.

В изучаемой флоре нами выделено пять биоморф по классификации К. Раункиера [5].

Преобладающая биоморфа – гемикриптофиты, насчитывающие около половины видов флоры (223 вида, 48,5 %).

Вторую позицию занимают криптофиты (95 видов, 20,7 %), третью – нанофанерофиты (49 видов, 10,7 %). Представленный спектр можно разделить на две части:

– травянистые растения с отмирающей надземной частью и

– древесные, у которых надземные части полностью или частично одревесневают (т.е. включая хамефиты).

Соотношение этих групп биоморф 3:1 [1]. Травянистые растения преобладают в спектре, насчитывают 346 видов, что составляет 75,2 % от всей флоры. Деревья, кустарники и полукустарники насчитывают 114 видов (24,8 %). Для сравнения в изученной лесной флоре Центрального Предкавказья этот показатель смещён в сторону травянистых растений, и пропорция составляет 4:1[4].

Исходя из анализа жизненных форм следует заключить, что преобладающей жизненной формой в лесной флоре изучаемой территории являются гемикриптофиты и в целом вся флора на ¾ представлена травянистыми растениями. Гемикриптофиты доминируют во всех семействах систематического спектра, за исключением *Rosaceae*, где большая часть видов представлена фанерофитами, и *Orchidaceae*, целиком состоящего из криптофитов.

Для целей наших исследований использованы схемы флористического районирования А.Л. Тахтаджяна [6], где вся территория земного шара разделена на флористические царства и области, и схема Р.В. Камелина [7], в которой выделены флористические провинции для территории России в целом, и для Кавказа, в частности.

В географическом спектре изучаемой флоры преобладают Бореальные геоэлементы (50,2 %), в первую тройку также входят:

– Общеголарктические (21,5 %) и

– Связующие (15,0 %). Исходя из ранжированного географического спектра по преобладающим геоэлементам лесная флора восточной части Российского Кавказа является кавказско-палеарктически-европейской.

Перечисленные геоэлементы насчитывают 217 видов, что составляет почти половину флоры (47,2 %).

Таким образом, исследуемая флора по преобладанию ведущих геоэлементов является кавказско-палеарктически-европейской, пятую часть видов составляют кавказские геоэлементы, которые возглавляют спектр.

Лесная флора сосудистых растений восточной части Российского Кавказа насчитывает 460 видов, входящих в состав 241 рода и 95 семейств,

Для флоры характерны следующие аналитические параметры:

– в исследуемой флоре ¾ видов являются ценотипно верными умброзофитами;

– в биоморфологическом спектре преобладают гемикриптофиты;

– по преобладающим геоэлементам флора характеризуется как кавказско-палеарктически-европейская;

Список литературы

1. Тайсумов, М. А. Анализ лесной флоры Восточной части Российского Кавказа / М. А. Тайсумов, Э. Р. Байбатырова, М. А. М. Астамирова. – Грозный: Алеф, 2023. – 188 с. – ISBN 978-5-00212-360-5. – EDN RIPARL.
2. Камелин, Р. В. Флорогенетический анализ естественной флоры горной Средней Азии / Р. В. Камелин. – Легинград: Санкт-Петербургская издательско-книготорговая фирма "Наука", 1973. – 353 с. – EDN TCIBAJ.
3. Камелин, Р. В. Кухистанский округ горной Средней Азии: ботанико-географический анализ. – Ленинград: Наука, 1979. – 117 с. (Комаровские чтения; вып. 31).
4. Гусева, И. Н. Флора лесов Центрального Предкавказья и её анализ: специальность 25.00.23 "Физическая география и биогеография, география почв и геохимия ландшафтов": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Гусева Ирина Николаевна. – Ставрополь, 2015. – 22 с. – EDN ZPQSWD.
5. Raunkiær, C. The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography / C. Raunkiær. – Oxford: Clarendon Press, 1934. – XVI, 632 p.
6. Тахтаджян, А. Л. Флористическое деление суши / А. Л. Тахтаджян // Жизнь растений: в 6 т. – Москва: Просвещение, 1974. – Т. 1: Введение. Бактерии и актиномицеты. — С. 117–153.
7. Камелин, Р. В. Растительный мир. Флора // Большая российская энциклопедия: в 35 т. – Москва: Большая российская энциклопедия, 2004. – Т. «Россия». – С. 84–88.

УДК 581.5

ФИЗИОЛОГО-МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ КАК ОСНОВА ФИТОРЕМЕДИАЦИИ БЕЛЛИГЕРАТИВНО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОТОПОВ ДОНБАССА

Фрунзе О.В., канд. техн. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
hromyh82@mail.ru

Донбасс является одним из наиболее промышленно освоенных регионов, экологическое состояние которого на протяжении длительного времени формировалось под влиянием добычи полезных ископаемых, металлургического производства, энергетики и транспортной инфраструктуры. Значительная антропогенная нагрузка обусловила накопление в почвенном покрове тяжёлых металлов, нарушение естественных биогеохимических процессов и снижение устойчивости растительных сообществ.

Дополнительным фактором трансформации экосистем стали последствия военных действий [1–3], сопровождающиеся механическим разрушением почвенного покрова, изменением рельефа, нарушением растительности и формированием локальных геохимических аномалий [4–7]. Такие территории характеризуются сложным сочетанием техногенных и беллигеративных воздействий и требуют разработки научно обоснованных подходов к диагностике экологического состояния и восстановлению растительного покрова [1].

Цель исследования – обобщить и научно обосновать возможности применения физиолого-морфометрических показателей и аккумуляционной способности растений для биомониторинга загрязнённых экотопов Донбасса и выбора перспективных видов для фиторемедиации почв в условиях комплексного техногенного и беллигеративного воздействия.

Для достижения поставленной цели предусматривается анализ видоспецифических реакций растений на загрязнение тяжёлыми металлами, оценка особенностей накопления поллютантов в корневых и надземных органах, определение информативности морфометрических показателей экологического стресса и обоснование возможности использования исследованных видов в технологиях восстановления нарушенных территорий.

В лабораторных экспериментах изучались декоративные травянистые растения: агератум Гаустона (*Ageratum houstonianum* Mill.), календула лекарственная (*Calendula officinalis* L.), фацелия пижмолистная (*Phacelia tanacetifolia* Benth.), рапс (*Brassica napus* L.), клещевина обыкновенная (*Ricinus communis* L.). Методический комплекс включал:

морфометрический анализ: определение длины корней и побегов, особенностей развития вегетативных органов, накопления сырой и сухой биомассы; физиологическую оценку: выявление ростовых реакций и визуальных признаков угнетения растений под действием металлов; атомно-абсорбционную спектроскопию: количественное определение накопления тяжёлых металлов в растительном материале; расчёт показателей аккумуляции и транслокации: сравнительную оценку содержания металлов в почве, корнях и надземных органах растений; биоиндикационный анализ: оценку морфометрических признаков и флуктуирующей асимметрии листовых пластинок древесных растений; статистическую обработку: оценку изменений экспериментальных показателей относительно контрольных вариантов, в том числе с использованием метода Даннета.

Исследования морфологической изменчивости листовой пластинки *Acer platanoides* в условиях городской среды Шахтёрска продемонстрировали тенденции изменения отдельных морфометрических показателей под воздействием транспортной нагрузки. При этом статистически значимые различия были обнаружены не для всех признаков, что указывает на необходимость комплексного использования морфометрических индикаторов и дополнительной проверки их чувствительности. Результаты позволяют рассматривать морфологические реакции листового аппарата в качестве дополнительного инструмента оценки экологического состояния территорий при условии сопоставления с данными химического анализа почв и другими показателями состояния растений.

Сопоставление экспериментальных данных позволяет предложить дифференцированный подход к биомониторингу и фиторемедиации нарушенных экотопов Донбасса. Для первичной экологической диагностики целесообразно использовать чувствительные морфофизиологические показатели растений в сочетании с анализом содержания тяжёлых металлов в почвах и растительном материале.

На последующем этапе возможно применение устойчивых видов, способных сохранять жизнеспособность при повышенных концентрациях токсикантов и аккумулировать их преимущественно в корневой системе или надземных органах.

Выбор между фитоэкстракцией и фитостабилизацией должен определяться характером загрязнения, особенностями миграции элементов в системе «почва – растение» и результатами полевых испытаний.

Предлагаемый подход позволяет использовать лабораторные данные как научную основу для дальнейшей разработки способов восстановления растительного покрова и снижения экологических рисков на нарушенных территориях.

Установлено, что физиолого-морфометрические показатели растений отражают видоспецифические реакции на воздействие тяжёлых металлов и представляют интерес для биомониторинга техногенно трансформированных экотопов. На основании опубликованных экспериментальных данных выявлены различия в аккумуляционной способности декоративных травянистых растений.

Научно обоснована перспективность комплексного подхода, объединяющего морфометрическую диагностику, химико-аналитические методы и оценку накопления поллютантов растениями, для разработки программ биомониторинга и фиторемедиации нарушенных экотопов Донбасса. Дальнейшие исследования целесообразно направить на полевую апробацию выявленных закономерностей непосредственно на безопасных для обследования беллигеративно трансформированных территориях, определение эффективности фиторемедиации при многокомпонентном загрязнении, оценку динамики восстановления растительного покрова и разработку рекомендаций по экологической реабилитации.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
2. Сафонов, А. И. Этапы подготовки материалов о полемостроссе для белой книги Донецкой народной Республики // Экология родного края: проблемы и пути их решения. – Киров: ВятГУ, 2026. – С. 63-66. – EDN YKQDST.
3. Golubev, F. V. Biogeochemical Assessment of Donbass Landscapes Transformed by Military Actions // Ecologica. – 2026. – Vol. 33, No. 121. – P. 23-28. – DOI 10.18485/ecologica.2026.33.121.4. – EDN RIWZJZ.
4. Балыкин, И. А. Анализ ландшафтного профиля в графике по динамике полемостресса // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 18-25. – EDN CVNVAE.
5. Габараев, Б. А. Структурная разнокачественность листового аппарата *Phaseolus vulgaris* L. в градиенте антропогенного стресса // Вестник студенческого научного общества ФГБОУ ВО "Донецкий государственный университет". – 2026. – Т. 1, № 18. – С. 63-72. – EDN CGPCRU.
6. Сафонов, А. И. Отвалы угольных шахт Донбасса - накопленный вред или перспективы для развития региона // Технологии переработки отходов с получением новой продукции. – Киров: Радуга-ПРЕСС, 2025. – С. 77-81. – EDN LCXSDL.
7. Обзор основных тенденций и динамики загрязнения воздуха и почв в регионах Российской Федерации в период 1993-2023 годов / И. А. Федоркина и др. // Проблемы региональной экологии. – 2025. – № 1. – С. 17-21. – DOI 10.24412/1728-323X-2025-1-17-21. – EDN WZHRFT.

УДК 581.524.4:314.17(478.8)

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИНВЕРСИЯ ВИДОВОГО БОГАТСТВА СИНАНТРОПНОЙ ФЛОРЫ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ДЕПОПУЛЯЦИИ (НА ПРИМЕРЕ С. МОКРА РЫБНИЦКОГО РАЙОНА, ПРИДНЕСТРОВЬЕ)

Хлебников В.Ф., д-р с-х. наук, проф., ORCID 0000-0003-0596-0425
ГОУ «Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко»,
г. Тирасполь, ПМР
vfkhl1948@gmail.com

Синантропная флора сельских селитебных ландшафтов представляет собой динамичную систему, оперативно реагирующую на социально-демографические и экономические трансформации. Долгое время в геоботанике и культурфлористике господствовала классическая центростремительная модель: максимальное видовое разнообразие декоративных и интродуцированных видов концентрировалось в административном и историческом центре поселения, тогда как периферия характеризовалась утилитарным единообразием.

Однако современные демографические процессы, выражающиеся в глубокой депопуляции, сокращении площади активно обрабатываемых сельскохозяйственных угодий, смене приоритетов землепользования и частичной утраты традиционных знаний о местных растительных ресурсах, коренным образом меняют пространственную структуру агрофитоценозов. В условиях ослабления антропогенного контроля классический градиент претерпевает инверсию. Изучение этих закономерностей необходимо для понимания механизмов синантропизации флоры, прогнозирования биологических инвазий и разработки стратегий сохранения локального фитогенофонда.

Цель работы – выявить, теоретически обосновать и математически верифицировать изменения в пространственном распределении видового богатства культурной флоры в условиях депопуляции населения на примере с. Мокра Рыбницкого района.

Объектом исследования является синантропная (агрокультурная) флора села Мокра Рыбницкого района Приднестровья. Предмет исследования – видовой состав, таксономическая структура и локация видов синантропной флоры в указанном населенном пункте.

Село Мокра расположено в северной лесостепной зоне Приднестровья (координаты центральной части: 47°45′ с.ш., 29°00′ в.д.), в 18 км к северо-западу от г. Рыбница. Физико-географически территория относится к Восточно-Европейской лесостепной и степной провинциям.

Рельеф местности характеризуется выраженной расчлененностью и высокой обводнённостью.

На территории сельского совета насчитывается более 70 родников и источников, многие из которых каптированы и активно используются населением.

Инвентаризация видового состава синантропной флоры проводилась методом маршрутных обследований [1]. Видовая принадлежность и номенклатура таксонов приняты по С. К. Черепанову [2]. Таксономический анализ флоры осуществлен общепринятыми методами. Для математического сопоставления флористического состава различных локаций (центральная и окраинная зоны) и верификации пространственной структуры использовался качественный коэффициент общности Жаккара [KJ], количественный коэффициент сходства Серенсена-Чекановского по обилию [Isc], а также индексы альфа-разнообразия Шеннона [H] и выравненности Пиелу [J] [3, 4].

Состояние культурной флоры напрямую зависит от трудового и демографического ресурса поселения. За последние 50 лет с. Мокра столкнулось с выраженными депопуляционными процессами. Ретроспективный анализ демографической структуры за полувековой период (1976–2026 гг.) демонстрирует деградацию кадрового потенциала села. В 1976 году общая численность населения составляла 2613 человек (из них 489 детей в возрасте от 0 до 18 лет, 1362 человека взрослого трудоспособного населения и 762 пенсионера).

Текущий демографический срез 2026 года фиксирует падение общей численности жителей до 1160 человек, из которых лишь 161 приходится на детское население, 647 составляют взрослую когорту и 352 – пенсионную группу.

Таким образом, за последние полвека общая численность населения сократилась на 55,6 %, что сказывается на объемах возделывания культурных растений, смене приоритетов землепользования, а также на трансформации потребительского спроса и вкусовых предпочтений.

В центральной зоне села зафиксировано 54 вида при общем обилии выборки 364 единицы.

Культурфитоценоз здесь характеризуется регулярным благоустройством, ценотической «стерильностью» и преобладанием традиционных овощных, плодово-ягодных и распространенных декоративных культур. В окраинной зоне выявлено 60 видов при суммарном обилии 409 единиц. Таким образом, зафиксировано значимое инверсионное увеличение номинального видового богатства на периферии на 11 % (+6 видов).

Оценка альфа-разнообразия по формуле Шеннона показала, что значение индекса в центре составляет Нцентр = 3.903, при выравненности Пиелу Jцентр = 0.978. На окраине индекс Шеннона достигает Нокраина =

3.986 при сопутствующем падении выравненности до Jокраина = 0.973. Рост шенноновского разнообразия на окраине подтверждает инверсию градиента и увеличение разнообразия за счет опушечного (экотонного) эффекта периферии, что математически верифицируется ростом эффективного числа видов Хилла первого порядка (N_1) с 49.5 в центре до 53.8 видов на окраине. Однако сопутствующее снижение выравненности Пиелу с 0.978 до 0.973 регистрирует начальный этап дестабилизации структуры.

Расчет параметров бета-разнообразия с использованием качественного коэффициента Жаккара продемонстрировал очень высокий уровень видового сходства зон, составивший K_J = 80.9 % при наличии 51 общего вида.

В свою очередь, количественный индекс Серенсена-Чекановского, учитывающий весовые доли обилия каждого таксона, составил Isc = 85.9 % при сумме минимальных обилий Σmin = 332 единицы.

Обнаруживаемое расхождение между качественным и количественным показателями сходства регистрирует перестройку внутренней структуры: на фоне монолитного культурного ядра на периферии начинается рассредоточенное накопление малочисленных элементов.

Математически доказана инверсия градиента: в условиях существенной депопуляции периферия села временно становится богаче видами, чем центр. При этом высокие индексы сходства указывают на сохранение единого флористического ядра. На фоне депопуляции и ослабления агротехнического контроля создаются экологические ниши для внедрения инвазионных элементов (в частности, зарегистрировано появление *Acer negundo* L.*, Berberis vulgaris* L, *Magonia aquifolium (*Pursh) Nutt.), что в долгосрочной перспективе угрожает постепенным захватом земель сорно-рудеральной фракцией и деградацией исходного культурфитоценоза.

Список литературы

1. Толмачев, А. И. Методы сравнительной флористики / А. И. Толмачев; ответственный редактор Б. А. Юрцев. – Ленинград: Наука, Ленинградское отделение, 1986. – 196 с.
2. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – Санкт-Петербург: Мир и семья-95, 1995. – 992 с.
3. Миркин, Б. М. Современная наука о растительности / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, А. И. Соломещ. – Москва: Логос, 2001. – 264 с.
4. Шмидт, В. М. Статистические методы в сравнительной флористике / В. М. Шмидт. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. – 176 с.

УДК 581.9

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИКЛАХЕНЫ ДУРНИШНИКОЛИСТНОЙ В УСЛОВИЯХ ДОНБАССА

Цыбульский Д.С.,
Конопля Н.И., д-р с.-х. наук, проф., ORCID 0000-0003-2942-6913
ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»,
г. Луганск, РФ
denik1990@yandex.ru; info-nik@rambler.ru

На территории Донбасса в последние 20–30 лет получила широкое распространение циклахена дурнишниколистная (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen) – опасное сорное растение посевов сельскохозяйственных культур, часто доминирующее на рудеральных местопроизрастаниях: свалках, залежах, перелогах, выгонах, промышленных и строительных площадках, вдоль дорог, улиц, защитных лесонасаждений, линий электропередач, а также в палисадниках, садах, скверах, парках, нередко формируя крупные плотные заросли. В последние годы она стала проникать и укореняться в природных и полуприродных экотопах, где вытесняет аборигенные виды и меняет структуру естественных фитоценозов [2, 3]. Работа актуальна в связи с современными экологическим запросами изучения биоты в Донбассе [4]. Растения *C. xanthiifolia* отличаются высокой конкурентной способностью по отношению к культурным растениям и сорнякам, не поедаются животными, не повреждаются вредителями и не поражаются болезнями, устойчивы к действию многих гербицидов, при скашивании или подрезании способны отрастать и формировать жизнеспособные семена [2].

Вследствие этого вредоносность ее ежегодно возрастает. Фактические потери урожая зерна и кормов в условиях Степи достигали 29,8–63,5 %, урожайность овощных культур на сильно засоренных посевах снижалась в 2,4–2,7 раза. Кроме этого, каждое растение *C. xanthiifolia* продуцирует от 2,6 до 55,0 млн. шт. пыльцевых зерен, вдыхание которых вызывает негативное воздействие на здоровье человека и животных [3]. *C. xanthiifolia* – это голарктическое, субмезотермальное, мезофитное, однолетнее раннее яровое растение с поздним плодоношением, эвритопного типа [3]. недостаточная изученность биологии и экологии вида в условиях Донбасса ограничивает возможности сдерживания дальнейшего распространения и контроля.

Цель – выявить некоторые особенности онтогенеза и наступления фенологических фаз роста и развития растений в условиях Донбасса.

Исследования проводили в течение 2023-2026 гг. на территории Дебальцево-Ровеньковского геоботанического района Донецкого геоботанического округа маршрутным методом, а учеты и наблюдения – согласно методическим рекомендациям [1].

Установлено, что в природных условиях Донбасса *Cyclachaena xanthiifolia* полностью проходила весь цикл развития. Начало прорастания семян и появления всходов приходилось в среднем на третью декаду марта-первую декаду апреля при накоплении суммы активных температур порядка 118-141 ºС. Для формирования соцветий и начала цветения, которые отмечалось в третьей декаде июля, требовалось 810-880 ºС активных температур, а массовое цветение наступало в третьей декаде июля-второй декаде августа и продолжалось в течение 30-45 суток. Период от цветения до плодоношения составлял в среднем 48-52 суток при сумме активных температур – 550-650 ºС. Отмирание растений приходилось на первые декады сентября-октября. Для прохождения полного цикла развития *Cyclachaena xanthiifolia* требовалось 1470-1700 ºС активных температур, при средней длительности вегетации 170 суток. Однако следует заметить, что фазы бутонизации, цветения и плодоношения во все годы исследований перекрывали друг друга на 9-16 суток и более, а сроки наступления отдельных фенологических фаз различались по годам на 29-53 суток, что связано с календарными сроками наступления весны и осени.

Средняя высота растений *Cyclachaena xanthiifolia* в фазу цветения в посевах сельскохозяйственных культур достигала 140-170 см, а на рудеральных местопроизрастаниях – от 190 до 240 см, с массой одного растения в воздушно сухом состоянии от 210 до 630 г. и числом листьев на главном стебле от 16 до 40 шт. Растения имеют соцветия в виде метелки, образованной одиночными или собранными в простые колосовидные соцветия, корзинками с пятью женскими цветками с которых развиваются семена. Фактическая семенная продуктивность одного растения в посевах культурных растений составляла от 1348 до 12765 шт. семян, а на рудеральных местопроизрастаниях – достигала 29651-42026 шт.

Длительный период вегетации, высокорослость, формирование значительной биомассы и высокая семенная продуктивность обеспечивают *Cyclachaena xanthiifolia* доминирование в фитоценозах и вытеснение других видов растений.

Список литературы

1. Бейдеман И.Н. Изучение фенологии растений // Полевая геоботаника. – М.: 1960. – Т. 2. – С. 333–365.
2. Конопля Н.И., Курдюкова О.Н., Жердева Е.А. Циклахена дурнишниколистная – опасный сорняк // Защита и карантин растений. – 2014. – № 12. – С. 13–14.
3. Курдюкова О.Н. Циклахена дурнишниколистная (*Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen): распространение, биология, приемы контроля. – Санкт-Петербург, 2021. – 163 с.
4. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.

УДК 581.52(477)

ЛОКАЛЬНЫЕ ФЛОРЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ЭКОТОПОВ ДОНБАССА КАК ОБЪЕКТЫ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

Чайковская М.В.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
chaykovskaya21@mail.ru

Исследования в области экологии растений для территории Донбасса являются актуальными [1, 2], имея много сфер практического применения [3, 4], в том числе для классической инвентаризации флоры специфических экотопов и образовательной составляющей [5–7]. Железнодорожные системы представляют собой уникальные и интересные антропогенно трансформированные местообитания. Формирующийся здесь растительный покров отличается обеднением флористического состава, изменением соотношения аборигенных, рудеральных и адвентивных видов, а также тенденцией к унификации флоры. Поэтому исследования таких территорий имеют выраженное образовательное значение.

Цель работы – разработать и методически обосновать модель обучения студентов на основе исследования локальных флор железнодорожных экотопов Донбасса и оценить возможности включения аутентичного регионального флористического материала в формирование предметных и исследовательских компетенций будущих биологов.

В качестве фактической основы работы нами рассматриваются результаты изучения железнодорожных экотопов городов ДНР. Исследования проводили в 2023-2026 годах на пробных площадках с использованием стандартных фитоценотических методик, геоботанических описаний и гербаризации. Всего было зарегистрировано 44 вида сосудистых растений, относящихся к 22 семействам и 42 родам. Анализ показал преобладание представителей семейств Asteraceae, Rosaceae, Lamiaceae, Brassicaceae и ряда других, причем структура исследованной локальной флоры рассматривается нами как результат воздействия антропогенных факторов. Именно локальность объекта делает такую флору особенно удобной для обучения студентов. В одном образовательном модуле можно объединить определение растений, флористику, систематику, геоботанику, экологию, фитоиндикацию, методы статистической обработки и правила научного представления результатов. Студент при этом работает не с условным набором учебных примеров, а с реальным природным объектом своего региона. Рабочая гипотеза эксперимента состоит в том, что использование реального регионального флористического материала и прохождение студентом полного исследовательского цикла – от полевого наблюдения до научной интерпретации и представления результатов –

позволяет эффективнее формировать исследовательские умения, чем выполнение изолированных учебных заданий на готовом материале.

Эксперимент целесообразно строить в три этапа. 1 – диагностический. Студентам предлагается входное задание, позволяющее определить исходный уровень навыков: распознавание и определение видов, оформление латинских названий, понимание понятий «локальная флора», «экотоп», «общее и частное проективное покрытие», умение прочитать геоботаническое описание и сформулировать экологическое заключение. 2 – формирующий. Студенты последовательно выполняют несколько образовательных кейсов, каждый из которых основан на реальных материалах исследования железнодорожных экотопов. Важной особенностью является переход от распознавания отдельных видов к анализу сообщества и далее к самостоятельной интерпретации экологической информации. 3-й этап – контрольный. Студент получает новый фрагмент флористических или геоботанических данных и самостоятельно выполняет полный алгоритм: определяет виды, формирует флористический список, проводит элементарный таксономический и экологический анализ, формулирует вывод и представляет результаты в формате мини-доклада или исследовательского постера.

Эффективность методики может оцениваться по четырем критериям: точность определения и номенклатурного оформления видов, владение методикой геоботанического исследования, способность анализировать таксономическую и экологическую структуру флоры, способность интерпретировать и научно представлять полученные результаты.

Кейс 1. «Раннецветущие растения железнодорожных экотопов: видовое разнообразие и проективное покрытие». Студенты получают материалы трех пробных площадок и сопоставляют видовое разнообразие и показатели общего и частного проективного покрытия. В исходных исследованиях зарегистрированы пять раннецветущих видов: *Holosteum umbellatum* L., *Viola suavis* M.Bieb., *Buglossoides arvensis* (L.) I.M.Johnst., *Ficaria verna* Huds. и *Tussilago farfara* L.

Кейс 2. «Адвентивный компонент локальной флоры и железнодорожные пути как миграционные коридоры». В материалах исследования к адвентивному компоненту отнесены *Holosteum umbellatum* L., *Erigeron annuus*, *Aesculus hippocastanum* L., *Lamium purpureum* L., *Saponaria officinalis* L. и *Carduus acanthoides* L.

Кейс 3. «Таксономическая структура локальной флоры как показатель трансформации экотопа». Исходным материалом служат данные о 44 видах, 42 родах и 22 семействах. Студенты строят спектр ведущих семейств, устанавливают число монотипных и олиготипных родов, сравнивают полученную структуру с региональной флорой и обсуждают причины ее упрощения. В исследованных экотопах 39 из 42 родов представлены одним видом, а к олиготипным отнесены только *Prunus*, *Trifolium* и *Betula*.

Кейс 4. «Фитоиндикация и сравнительная характеристика пробных площадок». Студентам предлагаются данные о проективном покрытии раннецветущих растений. Например, на первой площадке общее проективное покрытие составляло около 30 %, на второй – 60 %, на третьей – 15 %, состав и частное проективное покрытие видов различались.

Кейс 5. «От полевого наблюдения к научному продукту». Студенты выполняют геоботаническое описание, фотофиксацию, формируют гербарный материал, определяют растения, составляют электронный флористический список и готовят короткое научное сообщение. Такой алгоритм непосредственно соответствует предложенной в исходных материалах организации исследовательской деятельности, включающей работу с гербарием, геоботаническими описаниями, списками видов и последующее оформление доклада и презентации.

Локальные флоры железнодорожных экотопов Донбасса обладают значительным образовательным потенциалом. Их преимущество заключается в доступности объектов исследования, выраженной антропогенной трансформации местообитаний, наличии как аборигенного, так и адвентивного компонента и возможности наблюдать изменения растительных сообществ непосредственно в полевых условиях.

Список литературы

1. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2025625320 Российская Федерация. Видовой состав растений-индикаторов техногенных экотопов Донбасса: заявл. 10.11.2025: опубл. 19.11.2025 / А. И. Сафонов, А. В. Калинина; заявитель Донецкий государственный университет. – EDN UMFUEZ.
2. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
3. Сафонов, Р. А. Научно-технологические перспективы палеонтологического краеведения в Донбассе / Р. А. Сафонов, Ю. С. Калинина // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2024. – С. 240-241. – EDN JJXAYE.
4. Сафонов, Р. А. Геометрические особенности ландшафтной архитектуры г. Донецка / // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2024. – Т. 1, № 16. – С. 155-159. – EDN BKNVZY.
5. Чайковская, М. В. Раннецветущие растения железнодорожных экотопов / М. В. Чайковская, А. В. Калинина // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. – Донецк, 2024. – С. 246-247. – EDN IUIWWV.
6. Чайковская, М. В. Локальная флора железнодорожных экотопов г. Углегорска / М. В. Чайковская, А. В. Калинина // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. – Донецк, 2025. – С. 217-218. – EDN FJWEDU.
7. Епифанова, С. И. Разработка программы курса внеурочной деятельности «Флора нарушенных экотопов города Донецка» / С. И. Епифанова, М. В. Чайковская // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2024. – Т. 1, № 16. – С. 76-80. – EDN IHZKKA.

УДК 634.44:581.141:632.15

ПЛОДОНОШЕНИЕ *RHUS TYPHINA* L. В УСЛОВИЯХ Г. ЛУГАНСКА

Черных А.В., канд. техн. наук, доц.,
Конопля Н.И., д-р с.-х. наук, проф., ORCID 0000-0003-2942-6913
ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля»,
г. Луганск, РФ
flaps2000@yandex.ru, info-nik@rambler.ru

Древесно-кустарниковые растения в условиях городской среды являются одним из самых эффективных элементов благоустройства территории и одним из средств улучшения условий проживания городского населения [1]. Они выполняют не только важнейшую декоративно-эстетическую, но прежде всего средообразующую, санитарно-гигиеническую, оздоровительную, звукоизолирующую, образовательную функции, обеспечивают оптимизацию микроклимата [4, 5, 7].

Но в городских условиях древесно-кустарниковые насаждения находятся под сильным влиянием техносферы и антропосферы, которые негативно воздействуют на развитие многих видов растений [3, 4, 7].

Поэтому большое значение в городском зеленом строительстве имеет правильный подбор не только аборигенных, но и интродуцированных видов древесно-кустарниковых растений с учетом экологических условий территории и устойчивости к неблагоприятным природным и антропогенным воздействиям. При этом, одним из показателей успешной акклиматизации интродуцированных видов является сохранение высокой репродуктивной способности и возможности формировать полноценные семена, сохраняющие высокую всхожесть [2, 5].

Одним из интродуцированных видов, который в силу недостаточной изученности биологических особенностей, в частности плодоношения, еще мало используется в озеленении территории г. Луганска, является *Rhus typhina* L. – растение засухо-и солеустойчивое, не требовательное к плодородию почвы, декоративное в течение всего года.

Цель – установить особенности плодоношения *Rhus typhina* в условиях загрязнения окружающей среды города Луганска.

Исследуемые растения возрастом 12–14 лет произрастали на трех участках города Луганска: 1) территории Луганского литейно-механического завода; 2) в уличных насаждениях с интенсивным движением транспорта (36–38 тыс. машин в сутки); 3) на контроле (условно экологически чистой зоне). Учет семенной продуктивности растений проводили в течение 2023–2025 гг. по стандартным методикам [6].

Установлено, что несмотря на разные условиях произрастания, растения формировали практически одинаковое количество семян.

Растения, произрастающие на территории литейно-механического завода, формировали в среднем 102±11 женских соцветия, в которых насчитывалось 426±45 плодов (семян), а общая семенная продуктивность составляла 43,5 тыс. шт. или 94,9 % от контроля.

Несколько меньшее число женских соцветий (94±12), но с большим числом плодов у них (475±48) формировалось на растениях в уличных насаждениях с интенсивным движением автомобильного транспорта. Семенная продуктивность одного дерева достигала 44,7 тыс. шт. семян или 97,5 % от контроля.

На условно экологически чистых участках наблюдения на 1 растении насчитывалось 106±9 соцветий с 432±39 плодами и общей семенной продуктивностью 45,8 тыс. шт. семян.

Загрязнение окружающей среды, как ингредиентами промышленных выбросов, так и автотранспорта не вызывало существенного уменьшения длины и ширины соцветий в сравнении с контрольными растениями, размеры которых составляли соответственно на 16,6–16,8 см и 4,2–4,6 см при показателях в экологически чистых экотопах 16,9 см и 5,0 см. При этом, масса 1000 семян на всех участках учетов была практически одинаковой и составляла 10,3–10,5 г., тогда как масса семян с одного соцветия на растениях с заводской территории и уличных насаждений была несколько меньшей, чем с контрольных растений.

В условиях загрязнения окружающей среды растения *Rhus typhina* в сравнении с экологически чистыми зонами произрастания не снижали семенной продуктивности, что указывает на достаточно высокую газо- и пыле устойчивость и пригодность к использованию для озеленения территорий промышленных предприятий и улиц с интенсивным движением автотранспорта.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – ISBN 978-5-00147-792-1. – EDN TBZQJN.
2. Бабич Н.А., Карбасникова Е.Б., Долинская И.С. Интродуценты и экстразональные виды в антропогенной среде. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. 184 с.
3. Бобылев С.Н., Захаров В.М. Экосистемные услуги и экономика. – М.: Центр экологической политики, 2009. – 72 с.
4. Жолудева И.Д., Конопля Н.И. Эколого-типологический анализ древесных насаждений урболандшафтов г. Луганска // XXIII Научно-практический форум «Проблемы озеленения крупных городов»/ – М.: ВДНХ, ГБС РАН, 2025. – С. 53–56.
5. Калиниченко А.А. Декоративная дендрология. – К.: Высшая школа, 2013. – 200 с.
6. Корчагин А.А. Методы учета семеношения древесных пород и лесных сообществ // Полевая геоботаника. – М.-Л.: АН СССР, 1960. – Т. 2. – С. 41–132.
7. Курдюкова О.Н., Заруцкая Ю.Г. Дендрофлора города Луганска (становление, развитие, современное состояние). – Луганск, 2024. – 124 с.

УДК 581.9 : 58.006 : 502.75 : 712.253 : 57.087 (477.60)

РЕТРОСПЕКТИВНАЯ ФИТОИНДИКАЦИЯ ДОНБАССА ПО МАТЕРИАЛАМ ГЕРБАРНОГО ФОНДА КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ

Чунаева Н.В.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

В системе актуальных задач изучения биоты Донбасса [1, 2] выделяются биоресурсные тематики региональной значимости [3, 4], имеющие образовательную [5, 6] и просветительскую [7] функции.

Цель исследования – научное обоснование информационно-диагностического потенциала гербарного фонда кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета как долговременного источника сведений о пространственно-временной изменчивости морфологических и анатомических признаков растений и разработка принципов его использования для ретроспективной оценки экологических трансформаций природных и антропогенно изменённых экосистем Донбасса с перспективой цифровой интеграции коллекционных данных в российские информационные системы биологических ресурсов и экологического мониторинга. В основу исследования положена гипотеза о том, что гербарный экземпляр представляет собой не только таксономически идентифицированный материальный объект, но и хроноэкологически маркированный носитель информации о состоянии растения в конкретной системе «вид – местообитание – время – комплекс факторов среды». Такая постановка существенно расширяет классическое понимание гербария и позволяет рассматривать многолетние серии сборов из одних и тех же либо экологически сопоставимых локалитетов в качестве архивных временных рядов.

Особую ценность представляют не отдельные гербарные листы как таковые, а хронологически сопоставимые серии экземпляров одного таксона, для которых может быть реконструирован набор морфометрических, анатомических и микроморфологических признаков. При сохранении информации о локалитете такие серии позволяют анализировать направление фенотипической изменчивости и проверять наличие устойчивых долговременных трендов. Методологически подобный подход рассматривали как разновидность ретроспективного фитомониторинга, при котором архивный материал используется для реконструкции предшествующих состояний биоты. В отличие от одномоментного полевого обследования гербарная серия предоставляет возможность сопоставлять современные растения с материально сохранёнными образцами, существовавшими десятилетия назад.

Анализ материалов гербарного фонда ДонГУ показывает, что диагностическая ценность коллекции наиболее полно проявляется при изучении признаков, способных сохраняться после гербаризации и характеризовать структурную реакцию растения на условия существования. В рассмотренной выборке такими объектами выступили *Anemone nemorosa* L., *Corydalis solida* (L.) Clairv., *Thymus pallasianus* Heinr. Braun и *Scutellaria supina* L. Для них сформированы временные последовательности экземпляров из сопоставимых локалитетов, а в качестве внешней референсной системы использованы изображения Цифрового гербария Московского государственного университета.

Наиболее выраженный временной сигнал выявлен для комплекса признаков, связанных с адаптацией листового аппарата к изменению водно-теплового режима среды. У *Anemone nemorosa* зарегистрировано последовательное увеличение числа устьиц в анализируемой площади препарата: от 380 в образцах 1974 г. до 421 в образцах 2016 г., одновременно отмечено изменение конфигурации клеток околоустьичного аппарата от преимущественно ровных к извилистым. Подобная направленность структурных преобразований может рассматриваться как индикатор усиления комплекса ксероморфных признаков, однако причинная интерпретация должна осуществляться только при сопоставлении с независимыми климатическими, эдафическими и техногенными рядами данных.

Для *Thymus pallasianus* временной ряд 1967–2025 гг. характеризуется изменением диапазона густоты трихом: в ранних материалах зарегистрировано 35–45 трихом, тогда как в образцах 2025 г. – 42–67. Повышение выраженности опушения потенциально согласуется с формированием более выраженного ксероморфного комплекса. Вместе с тем именно для этого признака необходим отдельный тафономический эксперимент, позволяющий исключить влияние продолжительности хранения, способов прессования и степени сохранности эпидермальных структур. Следовательно, выявленный временной тренд научно корректнее интерпретировать как гипотезу о направленной структурной изменчивости, требующую независимой верификации на современном материале.

У *Scutellaria supina* информативным оказался характер жилкования листовой пластинки. В последовательности гербарных образцов отмечены изменения числа порядков жилок и выраженности анастомозирования; в более поздних образцах фиксируется формирование более плотной сети анастомозов. Данный феномен может отражать изменение онтогенетической и экологически обусловленной пластичности проводящей системы листа. Для повышения доказательности этого направления целесообразно переходить от описательной оценки к цифровой морфометрии: определению плотности жилок, длины жилок на единицу

площади листовой пластинки, частоты анастомозов, площади ареол и фрактальных характеристик венозной сети.

Принципиально иной результат получен для *Corydalis solida*. Несмотря на изменение сегментации листового аппарата в материалах разных лет, статистически обоснованный однонаправленный временной тренд в исходном исследовании установлен не был. Это обстоятельство имеет существенное методологическое значение: оно показывает, что гербарные коллекции не следует использовать для априорного подтверждения предполагаемых экологических изменений. Одни таксоны и признаки обладают высокой индикационной чувствительностью, тогда как другие демонстрируют значительную внутривидовую пластичность и требуют большей выборки.

Таким образом, проведённый анализ позволяет выделить три уровня информационной ценности гербарного фонда ДонГУ: таксономический – подтверждение исторического присутствия вида; хорологический – реконструкция пространственного распространения таксона; функционально-индикационный – выявление временной изменчивости морфоанатомических признаков, потенциально сопряжённой с изменениями среды.

Список литературы

1. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
2. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
3. Сафонов, А. И. Экспозиции раритетных растений на кафедре ботаники и экологии Донецкого государственного университета // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 4. – С. 18-33. – EDN QQCBET.
4. Сафонов, А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN YPPBQC.
5. Сафонов, А. И. Специфика образовательных технологий на кафедре ботаники и экологии ДонНУ при подготовке студентами выпускных квалификационных работ // Развитие интеллектуально-творческого потенциала молодежи: из прошлого в современность. – Донецк: ДонНУ, 2018. – С. 274-275. – EDN YYPGBF.
6. Образовательные технологии подготовки биологов специализации по садово-парковому дизайну в Донецком национальном университете / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Проблемы и перспективы развития современной ландшафтной архитектуры. – Симферополь: Ариал, 2017. – С. 73-75. – EDN ZKZGCB.
7. Экспозиционный материал кафедры ботаники и экологии Донгу для представления ДНР на Форуме ВДНХ «Россия» в 2024 году / А. И. Сафонов, Э. И. Мирненко, Н. С. Мирненко [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2024. – № 1. – С. 27-38. – EDN NSZYBT.

УДК 574.5

К ОЦЕНКЕ БИОПОДВИЖНОСТИ ЦЕЗИЯ В КОМПОНЕНТАХ ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ В ПОСТЧЕРНОБЫЛЬСКИЙ ПЕРИОД

Якубович В.Е.,
Анищенко Л.Н., д-р с.-х. наук, проф., ORCID 0000-0003-4842-5174
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет
имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск, РФ
eco_egf@mail.ru

Оценка биоподвижности цезия в поздний постчернобыльский период в лесных местообитаниях Брянской области – актуальная задача радиоэкологических исследований, направленных на оптимизацию проспективного экомониторинга и выявление перспективных аккумуляторов среди биосистем для возможного использования в ремедиации экосистем [1–3]. Авторами представлены значительные по масштабу работы об аккумулятивных характеристиках за многолетний период. В работе поставлена цель – количественно оценить показатели биоподвижности ^{137}Cs в мохово-лишайниковом покрове и фоновых травянистых видов основных типов лесных сообществ юго-западных регионов Брянской области. На территории Клинцовского, Злынковского, Новозыбковского районов Брянской области до настоящего времени (2024-2026 гг.) сохранилась высокая плотность радиоактивного загрязнения (до 40 Ku/км^2), однако, учитывая вертикальную миграцию радионуклида концентрация цезия в мохово-лишайниковом покрове и побеговой биомассе уменьшилась, но сохранилась на достаточно высоком уровне. Количественную оценку биологической подвижности радионуклидов проводили на основании двух показателей: коэффициент перехода (Кп) и коэффициент накопления (Кн) радионуклида в биологическом объекте, учитывая удельную активность ^{137}Cs в растениях и лишайниках, а также почвенной подстилке.

В таблице приведены результаты анализа биоподвижности ^{137}Cs в различных типах лесных экосистем.

Наибольшей аккумулирующей способностью среди исследуемых видов растений и грибов по отношению к ^{137}Cs характеризуются зелёные мхи. Максимальными Кн и Кп ^{137}Cs обладают *Pleurozium schreberi*, а также *Dicranum polysetum*. Однако в зависимости от условий произрастания и плотности загрязнения почв, Кн и Кп во мхах, и соответственно, биологическая подвижность радионуклида варьирует в несколько раз. Минимальная УА и накопительная способность ^{137}Cs отмечена в талломах видов рода *Cladonia*, произрастающих в сухих местообитаниях.

Таблица

Показатели биологической подвижности ^{137}Cs в компонентах лесных экосистем Брянской области

Место отбора проб, растительное сообщество	Проба	Удельная активность (УА) ^{137}Cs в пробе, Бк/кг	Коэф-фициент накопле-ния (Кн)	Коэф-фициент перехода. $\frac{м^2}{кг*10^{-3}}$ (Кп)
Сосняк зеленомошник, Новозыбковский район, в окрестностях с. Калинин	*Pleurozium schreberi* –	940,0±98,0	1,172	9,374
	Dicranum polysetum	848,0±91,2	1,057	8,457
	Брусника – *Vaccinium vitis-idea* (побег)	485,0±41,2	0,605	4,837
Березняк разнотравный, Новозыбковский район, в 2 км. от н.п. Каташин	*Rubus idaeus* (листья)	47,3±52,6	0,013	0,105
Сосняк с дубом лещиновый, Злынковский район, в 2 км от д. Барки	*Pleurozium schreberi*	1506,0±148,4	1,926	15,411
	Polygonatum multiflorum (листья)	91,0±23,8	0,116	0,931
Сосняк зеленомошник, Клинцовский район, с. Туросна	*Dicranum polysetum*	5697,0±680,0	0,885	7,078
	Sorbus aucuparia (плоды)	32,1532±9,1	0,005	0,040
Березняк с сосной разнотравно-лишайниковый, Злынковский район, окрестности с. Муравинка	*Cladonia sylvatica*	1738,0±477,0	0,391	3,124
	Cladonia rangiferina	2152,0±519,0	0,484	3,869
	Calluna vulgaris	170,5±77,6	0,038	0,307
	Pteridium aquilinum	1809,0±250,0	1,363	10,906
Сосняк с дубом, Злынковский район, п. Деменка	*Polygonatum multiflorum* (листья)	1278,0±294,0	1,187	9,493
Березняк с сосной разнотравно - лишайниковый, Новозыбковский район, окрестности д. Барки	*Dicranum polysetum*	2141,0±269,0	1,643	13,145
	Pleurozium schreberi	1411,0±185,0	1,083	8,663
Сосняк пушицево-сфагновый, Клинцовский район, окрестности с. Якубовка	*Pleurozium schreberi*	1623,0±114,7	1,892	15,672
	Sphagnum girgensohnii	93,3±118,8	1,266	10,128
	Eriophorum angustifolium	15,9±53,3	0,216	1,726

Окончание таблицы

Место отбора проб, растительное сообщество	Проба	Удельная активность (УА) ^{137}Cs в пробе, Бк/кг	Коэф-фициент накопле-ния (Кн)	Коэф-фициент перехода. $\frac{м^2}{кг*10^{-3}}$ (Кп)
Сосняк малиновый, Клинцовский район, в 3 км. западнее от с. Смотрова Буда	*Sorbus aucuparia* (плоды)	20,1±8,65	0,016	0,128
Березняк с сосной разнотравно-лишайниковый, Клинцовский район, окрестности с. Смотрова Буда	*Urtica dioica*	25,2±8,1	0,052	0,412

Среди травянистых растений наиболее высокая удельная активность и накопительная способность по отношению к ^{137}Cs была отмечена у *Pteridium aquilinum*. Высокая интенсивность накопления ^{137}Cs характерная также для листьев *Polygonatum multiflorum*, *Vaccinium vitis-idea.* По результатам исследований, проведенных А.Д, Булоховым с соавторами в 2010 г. максимальным Кп ^{137}Cs обладает *Dicranum polysetum* – 176.67 $м^2кг^{-1}10^{-3}$. Для мхов способность накапливать ^{137}Cs убывает в ряду – *Pleurozium schreberi* → *Dicranum polysetum* → *Sphagnum girgensohnii*. Накопительные свойства мхов и растений определяются их видовой принадлежностью и в значительной степени зависят от условий их произрастания, в первую очередь, от степени увлажнения биотопа. Как правило, максимальное накопление радионуклида отмечается в лесных экосистемах, характеризующихся более высокой степенью увлажнения. Среди исследуемых лесных экосистем наиболее высокая биологическая подвижность ^{137}Cs отмечается в сосняке зеленомошнике у с. Туросна Клинцовского района. В исследованных образцах зафиксировано значительное превышение современных ДУ СанПиН 2.3.2.1078-01 по ^{137}Cs в грибах и лекарственных растениях.

Список литературы

1. Бурякова А. А., Павлова Н. Н., Крышев И. И. Динамика и современное состояние радиологической обстановки на территории аварийного чернобыльского следа в Брянской области // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2021. – Т. 61. – № 3. – С. 277-285. EDN PKZSBR
2. Обзор основных тенденций и динамики загрязнения воздуха и почв в регионах Российской Федерации в период 1993-2023 годов / И. А. Федоркина и др. // Проблемы региональной экологии. – 2025. – № 1. – С. 17-21. – DOI 10.24412/1728-323X-2025-1-17-21. – EDN WZHRFT.
3. Савостин С. Д., Ерофеева В. В., Федоркина И. А. Радиоэкологическое моделирование остаточного риска в лесных экосистемах юго-западных районов Брянской области // Экология урбанизированных территорий. – 2025. – № 4. – С. 30-37. EDN BFIGHT.

Зоология и экология

УДК 595.799 (477.62)

ФАУНА И ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ОБИЛИЕ ШМЕЛЕЙ (HYMENOPTERA: APIDAE) ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Амолин А.В., ORCID 0009-0006-7672-8999
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
amolin.a@mail.ru

Донецко-Макеевская городская агломерация представляет интенсивно освоенный человеком промышленный регион, расположенный на юго-западе Донецкой возвышенности в центральной части Донецкой Народной Республики и включающий граничащие друг с другом городские образования – Донецк, Макеевка, Авдеевка, Ясиноватая, Харцызск.

Сохранение биоразнообразия в условиях антропогенных ландшафтов Донбасса представляет актуальную задачу, от решения которой зависит устойчивость и дальнейшее существование многих видов животных.

Шмели являются неотъемлемым компонентом антропогенных ландшафтов, выступая в роли опылителей целого ряда видов цветковых растений, включая культивируемые человеком энтомофильные сельскохозяйственные культуры. Фауна и экология шмелей Донецко-Макеевской городской агломерации изучается автором на протяжении последних 30 лет в рамках изучения всего комплекса жалоносных перепончатокрылых Донбасса [1, 2].

Основной целью данного сообщения было представить результаты анализа данных по фауне и относительному обилию шмелей в Донецко-Макеевской городской агломерации за период с 1972 по 2026 годы.

Материалом для настоящего сообщения послужила коллекция шмелей кафедры зоологии и экологии Донецкого государственного университета, основанная на ежегодных сборах студентов-биологов на летней полевой практике (в период с 1972 по 2018 годы). Кроме того, были использованы материалы, собранные автором в период с 1996 по 2026 гг. Всего было изучено 812 экз. шмелей. При оценке относительного обилия использовали пятибалльную логарифмическую шкалу Ю. А. Песенко [3]. Название видов и классификация шмелей приведены в соответствие с Аннотированным каталогом перепончатокрылых насекомых России [5]. Определение материала проводили по таблицам И. Б. Попова [4].

В результате исследований на изучаемой территории установлено обитание 12 видов шмелей (табл.). Следует отметить, что кроме видов, отмеченных в таблице, с 2016 года на исследуемой территории регулярно

отмечен инвазивный вид *Bombus haematurus* Kriechbaumer, 1870 который в настоящее время широко распространен на территории Донбасса и увеличивает свою численность. Таким образом, в пределах Донецко-Макеевской агломерации обитает не менее 13 видов рода *Bombus*, что составляет 70 % от числа всех видов этого рода, отмеченных в Донбассе.

Таблица

Видовой состав и относительное обилие шмелей Донецко-Макеевской городской агломерации

Балл обилия	Словесная характеристика	Число особей (n=812)	Виды шмелей
1	Единичный	1–3	*Bombus barbutellus* (Kirby, 1802), *B. armeniacus* Radoszkowski, 1877
2	Малочисленный	4–14	*Bombus zonatus* Smith, 1854, *B. rupestris* (Fabricius, 1793)
3	Среднечисленный	15–55	*Bombus sylvarum* (Linnaeus, 1761), *B. vestalis* (Fourcroy, 1785), *B. muscorum* (Fabricius, 1775), *B. argillaceus* (Scopoli, 1763)
4	Многочисленный	56–200	*Bombus hypnorum* (Linnaeus, 1758), *B. pascuorum* (Scopoli, 1763)
5	Массовый	>200	*Bombus terrestris* (Linnaeus, 1758), *B. lapidarius* (Linnaeus, 1758)

Из прилагаемой таблицы видно, что к числу многочисленных и массовых видов относится 4 вида, среди которых шмель земляной (*Bombus terrestris*) является самым обильным и широко распространенным видом. Шмели-кукушки (*Bombus barbutellus*, *B. rupestris, B. vestalis*) собственных гнезд не делают, а узурпируют гнезда других видов шмелей, поэтому их численность обычно невысокая (см. табл.). Самым обильным среди них является *Bombus vestalis*, самки которого паразитируют в гнездах шмеля земляного, а самым редким – *Bombus barbutellus*, хозяино-паразитные связи которого на исследуемой территории не известны. Такие степные виды шмелей как *B. argillaceus* и *Bombus zonatus* являются средне- и малочисленными, а лугово-степной *B. muscorum* в последние годы существенно сократил свою численность в связи с регулярным выжиганием сухой растительности в поймах рек. Этот шмель устраивает свои гнезда наземно, среди куртин различных травянистых растений и очень уязвим к весенним палам. Вид *Bombus armeniacus* Radoszkowski, 1877 был отмечен единично [2] и в настоящее время нами не регистрировался.

В последние годы численность и видовое разнообразие шмелей на изучаемой территории существенно сократились. Некоторые виды, ранее систематически отмечавшиеся в исследуемом регионе, за последние пять лет здесь не отмечены (*B. muscorum*, *B. rupestris*). Существенно сократилась

численность лугово-степного вида *Bombus sylvarum*, который ранее был достаточно обычным на исследуемой территории. В 2026 году при весенних и летних учетах шмелей в Донецком ботаническом саду нами было отмечено пять видов (*Bombus pascuorum*, *B. terrestris*, *B. lapidarius*, *B. sylvarum* и *B. haematurus*). При этом последний вид, вместе с *B. terrestris*, был самым многочисленным, а численность каменного шмеля (*B. lapidarius*) была минимальной за все годы наблюдений. Причины снижения численности и видового разнообразия шмелей требуют всестороннего изучения, а также разработки и принятия мер по сохранению их популяций.

К числу важных мер по сохранению популяций шмелей на изучаемой территории следует отнести:

- запрет выжигания сухой растительности в поймах рек;
- создание энтомологических микрозаказников в местах обитания редких видов шмелей;
- культивирование мелитофильных растений в городских лесопарках, на школьных приусадебных участках (детских ботанических садах) в течение всего вегетационного периода;
- проведение мониторинговых исследований по изучению видового разнообразия и относительного обилия шмелей;
- искусственное разведение отдельных видов шмелей.

Работа выполнена в соответствии с инициативной темой НИР кафедры зоологии и экологии ДонГУ «Биологическое разнообразие беспозвоночных и позвоночных животных Донбасса и проблемы его сохранения» (номер государственного учета 0122D000035).

Список литературы

1. Амолин, А. В. О фауне и биотопическом распределении шмелей (Hymenoptera, Apoidea) в окрестностях г. Донецка / А. В. Амолин // Тез. доп. V з'їзду Укр. ентомол. тов-ва (Харків, 7–11 вересня 1998 р.). – Київ: УЕТ, 1998. – С. 5-6.
2. Амолин, А. В. Материалы к изучению экологии некоторых видов шмелей (Hymenoptera, Apidae, Bombini) г. Донецка и его окрестностей / А. В. Амолин // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 3–4. – С. 32-41.
3. Песенко, Ю. А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях / Ю. А. Песенко. – М.: Наука, 1982. – 287 с.
4. Попов, И. Б. Определитель шмелей Северо-Западного Кавказа / И. Б. Попов / Определитель насекомых юга России: учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Изд-во «Foundation», 2016. – С. 915-922.
5. Levchenko, T. V. Family Apidae / T. V. Levchenko, A. M. Byvaltsev, M. Yu. Proshchalykin / Annotated Catalogue of the Hymenoptera of Russia. Vol. I. Symphita and Apocrita: Aculeata / Edit. by S. A. Belokobylskij and A. S. Lelej. – Saint-Peterburg, 2017. – Suppl. № 6. – P. 309-332.

УДК 595.774 : 591.52 (477.6)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПАРАЗИТОЗОВ СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ ГОРОДА ДОНЕЦКА ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Давыдова А.В. [1], ***Балиоз Р.В.*** [1], ***Рожкова Т.Н.*** [1],
Маслодудова Е.Н. [2], канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-8321-7767
[1]ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Донецкой Народной Республике», г. Донецк, РФ
[2]ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
e.n.maslodudova@mail.ru

Изучение проблемы распространения паразитов среди населения остается такой же актуальной в организации здравоохранения, как и вопросы постоянного медицинского обследования, состояния жизнеобеспечения и создания высокого уровня условий проживания народонаселения на территории Донбасса.

В структуре общей инфекционной и паразитарной заболеваемости без учета ОРВИ, пневмоний и COVID-19 в 2024 г. на паразитарные заболевания приходится 8,84 %. В структуре паразитозов гельминтозы составляют 89,7 %, протозоозы – 10,3 %. Среди гельминтозов наибольшее количество приходится на контактные инвазии, в частности, энтеробиоз, удельный вес которого составил 75,5 % в общей сумме паразитарных заболеваний. Наиболее эпидемиологически значимой нозологической единицей в структуре паразитарной заболеваемости в ДНР остается энтеробиоз. В основном болеют дети (97,7 % от общего числа заболевших), возрастная группа риска – дети от 0 до 14 лет – 94,5 % в сумме заболевших детей. Контингентами риска являются учащиеся младших классов школ, воспитанники детских дошкольных учреждений, неорганизованные дети дошкольного возраста. Показатели заболеваемости энтеробиозом находятся в прямой зависимости от уровня охвата лабораторным обследованием, методом перианального соскоба.

В период с сентября по декабрь, ежегодно, проводятся плановые обследования учащихся школ, школ-интернатов и детей дошкольных детских коллективов на гельминтозы. В г. Донецке зарегистрирован случай группового энтеробиоза среди учащихся начальных классов ГБОУ «Школа № 119 г.о. Донецк» (13 заболевших).

Отрицательная динамика заболеваемости энтеробиозом наблюдается в течение ряда лет и связана с крайне низким выявлением инвазии с высокой степенью контагиозности и контактно-бытовым путем передачи в условиях отсутствия норм водопотребления.

Мониторинговые исследования на зараженность населения паразитами выполнено в лаборатории паразитологических исследований ФБУЗ ЦГиЭ в ДНР в период с 2019 по 2024 гг. (табл.).

Таблица

Паразитозы в ДНР в период 2019–2024 гг.

Геогельминтозы												
Инвазии	2019		2020		2021		2022		2023		2024	
	Абс.	На 100 тыс. нас.	Абс.	На 100 тыс. нас.	Абс.	На 100 тыс. нас.	Абс.	На 100 тыс. нас.	Абс.	На 100 тыс. нас.	Абс.	На 100 тыс. нас.
Аскаридоз	*343*	*14,96*	*281*	*12,36*	*289*	*12,65*	*209*	*7,26*	*184*	*6,40*	*159*	*6,00*
Трихоцефалез	0		1		0		0		1	0,03	0	0
Токсокароз	0		14		3	0,13	3		20	0,70	14	0,53
Контактные гельминтозы												
Энтеробиоз	*3947*	*172,6*	*3290*	*144,7*	*2884*	*127,9*	*1236*	*42,9*	*1374*	*47,76*	*988*	*37,3*
Гименолепидоз	1		0		0		0		0		0	0
Биогельминтозы												
Трихинеллез	0		0		0		0		0		1	0,04
Дифиллобот-риоз	0		0		0		0		0		0	0
Описторхоз	0		0		0		0		0		0	0
Тениидозы	0		0		0		0		0		0	0
Эхинококкоз	0		4	0,15	4	0,16	1	0,03	1	0,03	5	0,19
Дирофиляриоз	0		3	0,12	4	0,16	3	0,09	4	0,14	5	0,19
Простейшие												
Лямблиоз	*556*	*22,2*	*298*	*13,1*	*325*	*14,1*	*152*	*5,28*	*212*	*7,37*	*130*	*4,91*
Токсоплазмоз	0		0		0		0		2	0,07	0	0
Амебиаз	0		1	0,04	1	0,04	2	0,06	1	0,03	2	0,08

Реализация контактно-бытового пути передачи энтеробиоза в детских учреждениях подтверждается результатами лабораторного санитарно-паразитологического контроля состояния загрязненности внешней среды яйцами остриц. Стабильный уровень отклонений по наличию яиц остриц в смывах в течение ряда лет отмечался в общеобразовательных школах и дошкольных учреждениях от 1,5 до 2,5 % в разные годы, а также в закрытых детских учреждениях – от 1,5 до 2,0 %. Основными факторами передачи инвазии являлись загрязненные парты, полки книжных шкафов, спортинвентарь, причиной – несоблюдение режима влажной уборки в условиях недостаточного водоснабжения этих объектов.

За последние 5 лет в ДНР было выявлено 1122 инвазированных аскаридами. Основной возрастной группой риска являлись дети до 17 лет – 74,2 % от числа заболевших. Характерным для эпидемиологической ситуации явилось наличие микроочагов с единичными случаями заболевания и отсутствие территориальной очаговости аскаридоза в широком смысле в пределах одного населенного пункта. Удельный вес городского населения среди заболевших аскаридозом в 2024 г. составил 93 %, что, по-видимому, связано с основным путем распространения привозной овощной продукцией с рынков и дачных участков.

Фактором эпиднеблагополучия по аскаридозу остается высокий уровень загрязненности объектов окружающей среды по санитарно-паразитологическим показателям.

Поддержанию эпидемиологического процесса при аскаридозе на территории республики способствуют как природно-климатические условия, позволяющие созревать возбудителям в почве до инвазионной стадии, так и недостаточный уровень санитарного благоустройства городов и районов, наличие неканализованных населенных пунктов. Лабораторный мониторинг состояния загрязнения почвы селитебной зоны в жилых массивах, парках и в приусадебных участках остается стабильным на уровне от 2,0 до 2,5 %, что создает предпосылки для эпидемиологического неблагополучия по геогельминтозам.

Таким образом, анализ заболеваемости населения свидетельствует о значительном распространении гельминтов с преобладанием в видовом составе двух видов – *Enterobius vermicularis*, *Ascaris lumbricoides*.

Выявленные возбудители протозойных заболеваний представлены тремя видами, среди которых наибольшее распространение имеет *Lamblia intestinalis*. Цистная форма распространяется через воду.

Мониторинг изменения уровня паразитарного загрязнения окружающей среды необходим для прогнозирования изменений паразитологической обстановки, появления новых видов паразитов, ранее не регистрируемых на территории Донбасса или девастированных.

Учет современной ситуации местных особенностей эпидемиологии отдельных паразитозов, ранее регистрируемых на территории Донбасса, как, например, анкилостомоз (возбудитель – *Ancylostoma duodenale*), или регистрируемая в последнее время в некоторых странах акантамеба, вызывающая тяжелую форму амебиаза, позволят предотвратить распространение особо опасных заболеваний человека [1].

Список литературы

1. Сонин, М. Д. Паразитарные системы в условиях антропопрессии (проблемы паразитарного загрязнения) / М. Д. Сонин, С. А. Беэр, В. А. Ройтман // Паразитология. – 1997. – № 31(5). – С. 452-457.

УДК 630*4

ВРЕДИТЕЛИ ЛИПЫ МЕЛКОЛИСТНОЙ В НАСАЖДЕНИЯХ Г. ДОНЕЦКА

Джантимирова А.А., ORCID 0009-0003-1279-2498,
Прокопенко Е.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-1859-3241
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
a.djantimirova@mail.ru, helen_procop@mail.ru

Род *Tilia* Linnaeus, 1753 на территории Донбасса представлен только одним аборигенным видом – *T. cordata*, липа мелколистная, естественный ареал которого в регионе ограничен пойменными лесами реки Северский Донец и байрачными лесами Донецкого Кряжа [6].

T. cordata относится к видам, проявляющим высокую устойчивость к агрессивным факторам городской среды и активно используемым в разных климатических зонах России для озеленения городов, в том числе, промышленных. *T. cordata* широко распространена в городских насаждениях и парковых зонах, где встречается в одиночных и аллейных посадках [3–5].

По сравнению с прочими видами деревьев, *T. cordata* относительно устойчива к широкому спектру агрессивных факторов городской среды и редко подвержена болезням и вредителям, но часто страдает от засухи в сочетании с интенсивными антропогенными нагрузками, что может приводить к преждевременной дефолиации [3]. По данным литературы, на разных видах лип, произрастающих на территории Восточно-Европейской равнины, встречается более 200 видов насекомых и растительноядных клещей, большая часть которых имеет локальное географическое распространение [1, 2].

Цель работы – изучить видовой состав членистоногих-вредителей, повреждающих листовой аппарат липы мелколистной, и оценить степень поражения ими древостоев *T. cordata* в г. Донецке.

Материал был собран в полевой сезон 2025–2026 гг. на следующих мониторинговых участках: 1) ул. Университетская – однорядное насаждение вдоль автомагистрали, там же, групповая посадка в палисаднике; 2) пр. Ильича – однорядное насаждение вдоль автомагистрали; 3) пр. Ватутина – однорядное насаждение вдоль автомагистрали; 4) пр. Гурова – однорядное насаждение вдоль автомагистрали, там же, групповая посадка в палисаднике; 5) бул. Пушкина – однорядное насаждение вдоль автомагистрали, там же, групповая посадка в парковой зоне; 6) бул. Шевченко – однорядное насаждение вдоль автомагистрали; 7) ЦПКиО им. А.С. Щербакова – групповая посадка в парковой зоне; 8) сквер «Сокол» – групповая посадка в парковой зоне; 9) Городской сад (горсад) – групповая посадка в парковой зоне;

10) дендрарий Донецкого ботанического сада (далее – ДБС) – групповая посадка. Всего было обследовано 485 деревьев.

На исследованных территориях было отмечено 5 видов дендрофильных насекомых и 2 вида клещей, угнетающих развитие листового аппарата липы мелколистной (табл. 1). Клещи были представлены 2 видами отряда Eriophyidae (Trombidiformes): *Eriophyes tiliae* (Nalepa, 1890) и *Eriophyes leiosoma* (Nalepa, 1892). Насекомые-филлофаги были представлены 5 видами из 4 отрядов: *Eucallipterus tiliae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera, Aphididae), *Stephanitis pyri* (Fabricius, 1775) (Hemiptera, Tingidae), *Parna tenella* (Klug, 1816) (Hymenoptera, Tenthredinidae), *Dasineura tiliae* (Schrank, 1803) (Diptera, Cecidomyiidae), *Archips xylosteana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera, Tortricidae).

Таблица

Видовой состав вредителей липы мелколистной и доля пораженных деревьев (%) в г. Донецке

Вид	Пункты сбора материала										Ср.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Класс Arachnida											
Eriophyes tiliae (Nalepa, 1890)	7	0	0	0	8	2	0	8	0	22	4,7
Eriophyes leiosoma (Nalepa, 1892)	26	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3,0
Класс Insecta											
Eucallipterus tiliae (Linnaeus, 1758)	0	0	43	13	0	12	4	0	0	0	7,2
Stephanitis pyri (Fabricius, 1775)	0	26	0	17	0	0	0	0	33	0	7,6
Parna tenella (Klug, 1816)	7	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1,3
Dasineura tiliae (Schrank, 1803)	7	0	0	0	3	0	6	3	0	17	3,6
Archips xylosteana (Linnaeus, 1758)	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0,2

Примечания. Ср. – среднее значение доли пораженных вредителем деревьев; пункты сбора материала: 1 – ул. Университетская,

2 – пр. Ильича,

3 – пр. Ватутина,

4 – пр. Гурова,

5 – бул. Пушкина,

6 – бул. Шевченко,

7 – ЦПКиО им. А.С. Щербакова,

8 – сквер «Сокол»,

9 – Городской сад, 1

10 – ДБС.

В среднем доля деревьев, поврежденных членистоногими-вредителями, на обследованных участках составила 22,6 %**.** Наиболее часто отмечались повреждения, наносимые липовым галловым клещом (поврежденные листья отмечены на 26 % деревьев, инфестированных членистоногими-филлофагами) и липовой краевой галлицей (19 % деревьев, пораженных филлофагами). Максимальная степень повреждения липы мелколистной была связана с *S. pyri*: этот вид встречался на почти 8 % от общей выборки деревьев и на 32 % от числа деревьев, где присутствовали членистоногие-вредители (104 дерева). При этом инвазивная липовая моль-пестрянка *Phyllonorycter issikii* (Kumata, 1963), впервые обнаруженная в Донецке в 2017 г. [6], на обследованных территориях не была найдена.

Работа выполнена в рамках государственного задания Донецкого государственного университета «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (FRRE-2024-0018).

Список литературы

1. Гниненко, Ю. И. Грушевая кружевница *Stephanitis pyri* Fabricius, 1775 (Hemiptera–Heteroptera, Tingidae) – вспышка массового размножения / Ю. И. Гниненко, В. П. Налепин // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 3. – С. 77-84. – DOI 10.24419/lhi.2304-3083.2023.3.05.
2. Джантимирова, А. А. *Oxycarenus lavaterae* (Fabricius, 1787) (Hemiptera: Heteroptera: Lygaeidae) – новый инвазивный вид в фауне г. Донецка: распространение, численность, морфометрическая характеристика / А. А. Джантимирова, Е. В. Прокопенко, А. О. Шкиренко, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2026. – Т. 15, № 1. – С. 16-22. – DOI 10.55355/snv2026151102. – EDN IKRLEE.
3. Корниенко, В. О. Механическая устойчивость древесных пород и рекомендации по предотвращению их аварийности в городских насаждениях: монография / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев / Под ред. С. А. Приходько. – Воронеж: Роза ветров, 2018. – 92 с.
4. Корниенко, В. О. Оценка устойчивости деревьев *Tilia cordata* Mill. в условиях урбанизированной среды г. Донецка / В. О. Корниенко, А. А. Джантимирова, А. С. Яицкий // Самарский научный вестник. – 2026. – Т. 15, № 2. – С. 66-74. – DOI 10.55355/snv2026152108. – EDN IJTRHC.
5. Корниенко, В. О. Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) / В. О. Корниенко, А. С. Яицкий // Естественные и технические науки. – 2022. – № 12 (175). – С. 166-170.
6. Мартынов, В. В. Новые инвазивные виды молей-пестрянок (Lepidoptera, Gracillariidae) на территории Донбасса / В. В. Мартынов, Т. В. Никулина // Биологический вид в структурно-функциональной иерархии Биосферы: Сборник материалов XV Международной научно-практической экологической конференции (Белгород, 08–12 октября 2018 г.). – Белгород: Издательский дом «Белгород», 2018. – С. 133-136. – EDN ZHCTCH.

УДК 595.782

КАШТАНОВАЯ МИНИРУЮЩАЯ МОЛЬ *CAMERARIA OHRIDELLA* DESCHKA & DIMIC, 1986 (LEPIDOPTERA, GRACILLARIIDAE) В УРБОЦЕНОЗАХ Г. ДОНЕЦКА

Джантимирова А.А., ORCID 0009-0003-1279-2498,
Прокопенко Е.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-1859-3241
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
a.djantimirova@mail.ru, helen_procop@mail.ru

Среди ключевых декоративных видов древесных растений в озеленении Донбасса особое место занимает каштан конский (*Aesculus hippocastanum* L., 1753), существование которого в урбанизированной среде поставлено под угрозу инвазивным вредителем – каштановой минирующей молью (*Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986) [4]. В условиях промышленного города изучение особенностей ее распространения и динамики численности переходит из разряда академического интереса в категорию острой практической необходимости [2].

Цель работы – изучить распространение *C. ohridella* в древесных насаждениях г. Донецка и степень поражения листьев минами вредителя на протяжении вегетационного периода.

Листья были собраны в 20 мониторинговых точках, расположенных как в центре города по обочинам крупных автодорог, так и на его окраинах, в одноэтажной застройке и на удаленном от жилых кварталов кладбище «Донецкое море». Кроме того, материал был собран в Центральном парке культуры и отдыха им. А.С. Щербакова и Парке кованых фигур. Обследовались как одиночные деревья, так и групповые посадки. Встречаемость минирующей моли в городских древесных насаждениях определяли как долю деревьев, на которых были найдены мины вредителя, к общему количеству обследованных деревьев. Встречаемость минирующей моли в кроне каждого дерева определяли как долю листьев с минами к общему количеству собранных листьев. С каждого дерева в нижней части кроны в случайном порядке отбирались по 10 сложных листьев. Листья были собраны в периоды с 31 мая по 9 июня, с 4 по 15 июля, с 11 по 20 августа и с 2 по 16 сентября 2025 г. Площадь листовой пластинки и площадь мин *C. ohridella* определяли в программе AxioVision Rel. 4.8.

В начале вегетационного периода (май – июнь) повреждение листьев каштана охридским минером было незначительным (в среднем площадь мин составляла 5,1 %).

Наименьший процент повреждения был зарегистрирован на участках вдоль ул. Артема (0,9 %) и на кладбище (0,6 %).

В условиях одноэтажной застройки процент повреждения варьировал в широких пределах от 1,5 % (ул. Радостная) до 10,9 % (ул. Шелгунова). Средний показатель повреждения листовых пластин в ЦПКиО им. А.С. Щербакова составил 1,3 % на территории веревочного парка и 0,7 % вдоль центральной аллеи. Максимальный процент повреждения в начале вегетационного периода был отмечен на территории Парка кованых фигур, где его среднее значение достигало 23,1 %, что значительно превышало показатели на других участках.

К концу вегетационного периода (август – сентябрь) встречаемость вредителя и заселенность листьев составили 100 %. Площадь мин значительно увеличилась на всех исследуемых участках и варьировала от 31,8 % (ул. Щорса) до 94,4 % (ул. Садоводческая). Среднее значение этого показателя составило 56,8 %.

Значительное повреждение листьев в августе привело к их усыханию и преждевременному опаданию. Нарушение нормальных физиологических и фенологических процессов, вызванное поражением листьев каштановой минирующей молью, подтверждается появлением молодой листвы и вторичным цветением каштанов в сентябре, наблюдавшееся в ряде мониторинговых точек.

Вдоль автомагистралей в центре города во второй половине вегетационного периода на листьях появились ржаво-коричневые пятна, окаймленные четкой желтой полосой, что является симптомом пятнистости листьев каштана конского, грибкового заболевания, вызываемого *Guignardia aesculi* (Peck) V.B. Stewart (Botryosphaeriales: Botryosphaeriaceae). Хотя взаимодействие между вредителем и грибком еще до конца не изучено, *G. aesculi* может конкурировать с *C. ohridella*, снижая ее численность [6].

Степень поражения листьев каштана *C. ohridella* определяется комплексом взаимодействующих факторов. Основные факторы, влияющие на степень поражения, согласно литературным источникам, следующие.

Условия освещения (степень инсоляции): в наибольшей степени поражаются листья в затененных участках кроны. В затенении выше плотность мин и больше гусениц старших возрастов [5].

Генетические и биохимические особенности растения: разные виды и гибриды *Aesculus* обладают неодинаковой устойчивостью. Выявлена отрицательная корреляция между содержанием фенольных соединений и степенью поражения, а также между соотношением хлорогеновой и кофейной кислот и уровнем повреждений. Устойчивые виды имеют более эффективную фотохимическую активность и защитные системы [2].

Погодно-климатические условия: поражение листьев возрастает при сочетании высоких температур и засушливых условий, особенно в жаркие и сухие годы, когда деревья уже ослаблены. При этом высокие температуры и иссушение могут повышать смертность личинок моли [3].

Агротехнические мероприятия: осенняя уборка листового опада снижает численность зимующих куколок и заселенность деревьев в следующем сезоне [4].

Кроме того, значение может иметь групповое или одиночное расположение деревьев и положение дерева в городском градиенте (центр города, его окраины, близость к автомагистралям).

По результатам наших исследований тип насаждения (одиночное дерево или групповая посадка) значимо не влиял на степень поражения деревьев охридским минером. Не удалось также установить зависимость степени поражения листьев от расположения дерева в городском градиенте от центра города до его окраин.

Работа выполнена в рамках государственного задания Донецкого государственного университета «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (FRRE-2024-0018).

Список литературы

1. Корниенко, В. О. Анализ уязвимости древесных растений, произрастающих в условиях урбоэкосистем (на примере города Донецка) / В. О. Корниенко, А. О. Шкиренко, В. В. Реуцкая, А. С. Яицкий, А. А. Джатимирова // Самарский научный вестник. – 2025. – Т. 14, № 2. – С. 19-29. – DOI 10.55355/snv2025142103. – EDN MUFKAZ.
2. Каштанова, О. А. Устойчивость таксонов конского каштана *Aesculus* к каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* / О. А. Каштанова, О. Б. Ткаченко, В. В. Кондратьева, Л. С. Олехнович, Т. В. Воронкова // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2021. – № 79. – С. 153-163.
3. Кузьминская, Т. П. Особенности развития каштановой минирующей моли *Cameraria ohridella* Deschk & Dimic в условиях Донецкой Степи // Вестник Донского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2 (20.1). – С. 53-59.
4. Прокопенко, Е. В. Об эффективности уборки листового опада в борьбе с каштановой минирующей молью *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 в г. Донецке / Е. В. Прокопенко, А. А. Джантимирова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2025. – № 4. – С. 70-76. – DOI 10.5281/zenodo.18063789. – EDN UYSEIK.
5. Bogoutdinova, L. R. Effect of Sun exposure of the horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) on the occurrence and number of *Cameraria ohridella* (Lepidoptera: Gracillariidae) / L. R. Bogoutdinova, E. V. Tkacheva, L. N. Konovalova, O. B. Tkachenko, L. S. Olekhnovich, A. A. Gulevich, E. N. Baranova, O.V. Shelepova // Forests. – 2023. – Vol. 14, No 6. – P. 1079. – DOI 10.3390/f14061079.
6. Kopačka, M. Seasonal changes and the interaction between the horse chestnut leaf miner *Cameraria ohridella* and horse chestnut leaf blotch disease caused by *Guignardia aesculi* / M. Kopačka, G. Nachman, R. Zemek // Forests. – 2021. – Vol. 12. – P. 952. – DOI 10.3390/f12070952.

УДК 574.2

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ОРНИТОФАУНЫ В БРЯНСКЕ КАК БАЗА БИОМОНИТОРИНГА

Ларина Т.А.,
Анищенко Л.Н., д-р с.-х. наук, проф., ORCID 0000-0003-4842-5174
ФГБОУ ВО «Брянский государственный университет имени академика И.Г. Петровского», г. Брянск, РФ
eco_egf@mail.ru

Представители орнитофауны, выполняя средообразующую роль, выступают в качестве компонентов в квазинативных, искусственных экосистемах городов, являясь, в том числе, и ключевыми индикаторами состояния местообитаний [3]. Отечественными исследователями неоднократно проводилась аналогия между особенностями мира орнитофауны городов (городской орнитофауны) и широкомасштабных изменений биогеоценозов в урбоэкосистемах, в том числе и сокращения зеленых насаждений [1, 2]. Актуальность исследования динамических процессов, связанных с фауной птиц в крупном городе Нечерноземья РФ, – один из важных аспектов как биоиндикации, так и созологических аспектов, в том числе и динамики численности, появления новых видов, осваивающих местообитания. В связи с вышеизложенным данные работы объединяются целью – представление данных о систематическом составе птиц, характерных для значительного антропогенного преобразования территорий урбоэкосистем.

Для получения биомониторинговых данных о разнообразии авифауны использованы метод трансект, маршрутный и визуальный методы, а также фотографический. Исследования охватывали все фоновые местообитания птиц в разные сезоны за 2023–2026 гг.

Сезонная динамика авифауны г. Брянска характеризуется значительными изменениями видового состава в течение года. Осенняя фауна отличается большим количеством перелетных видов и малым числом птиц, встречающихся на зимних кочевках.

За зимний период выявлено 48 видов птиц, относящихся к 6 отрядам и 18 семействам. Наиболее разнообразными были воробьинообразные (27 видов), дятлообразные (8) и совообразные (5). Среди семейств преобладали Дятловые (8 видов), Вьюрковые (7) и Синицевые (6). Зимний аспект характеризуется завершением пролета основной массы птиц и переходом фауны к зимней стабилизации, при которой виды представлены преимущественно оседлыми и кочующими птицами. Низкая температура и недостаток кормов обусловливают использование птицами свалок, мусорных контейнеров и кормушек как мест кормления.

За весенний период наблюдений выявлено 120 видов птиц. В первой половине периода преобладают представители зимней авифауны, во второй – летней. Выделяются два весенних аспекта: весенне-зимний, для которого характерны зимние доминанты и большое количество видов на зимних кочевках, и весенний аспект, связанный с прилетом основной массы воробьиных и ржанкообразных. Число видов воробьинобразных возрастало до 62, ржанкообразных – до 12, дятлообразных – до 9. Гусеобразные представлены большим количеством видов в осеннем аспекте, что связано с наличием озера Орлик (Бежицкий район Брянска), где на осеннем пролете останавливаются водоплавающие птицы.

Летняя фауна включала 109 видов птиц, относящихся к 14 отрядам и 36 семействам. За весь период наблюдений отмечены представители 17 отрядов и 48 семейств. Наиболее разнообразными были воробьинобразные (62 вида), ржанкообразные (13) и дятлообразные (8). Среди семейств преобладали Мухоловковые (16 видов), Славковые (13), Дятловые (8) и Синицевые (7). Летний аспект является гнездовым: большинство летующих видов приступает к насиживанию или постройке гнезд, а до начала послегнездовых кочевок отдельные птицы начинают отлет (табл. 1).

Таблица 1

Число видов птиц в сезонных аспектах авифауны г. Брянска

Сезон	Число выявленных видов
Осенний	124
Зимний	48
Весенний	120
Летний	109

Сравнение сезонных авифаун по синантропности показало, что летняя фауна более разнообразна, тогда как зимняя наиболее синантропна и характеризуется меньшим количеством видов, среди которых значительную роль играют оседлые птицы-урбанисты. Большинство видов с низкой синантропностью населяет городские парки, леса и водно-болотные стации и относится к перелетным. Осенняя и весенняя фауны занимают промежуточное положение. Позднеосенняя фауна отличается более низкой синантропностью по сравнению с ранневесенней вследствие присутствия пролетных видов, не встречающихся в зимне-весеннем аспекте.

Таким образом, сезонные изменения численности и видового состава птиц г. Брянска связаны с чередованием перелетных, зимующих и летующих видов, а также с особенностями различных биотопов. Полученные материалы позволяют характеризовать сезонные аспекты авифауны и степень ее синантропности.

Особенности биоразнообразия птиц по местообитаниям отражены в таблице 2.

Таблица 2

Индексы биоразнообразия орнитокомплексов функциональных зон г. Брянска

Функциональная зона	Индекс Маргалефа	Индекс Шеннона	Индекс Пиелу	Индекс Симпсона
Лесопарковая	9,2	3,7	0,84	0,07
Парковая	7,6	3,3	0,79	0,11
Селитебная средней этажности	6,1	2,9	0,72	0,16
Селитебная многоэтажная	4,3	2,5	0,64	0,24
Центральная	2,9	2,2	0,53	0,33
Промышленная	1,8	1,8	0,48	0,46

Осенний период характеризуется сменой состава птиц в связи с осенним пролетом. В зимний период видовое разнообразие снижается, а среди птиц преобладают оседлые и кочующие виды. Недостаток кормов и сокращение светового дня повышают значение мест дополнительного питания. Весной наблюдается обратная смена аспектов: в первой половине периода сохраняются представители зимней авифауны, затем возрастает количество прилетающих видов. Летний аспект связан с завершением прилета летующих птиц, началом гнездования и последующими послегнездовыми кочевками. В этот период особенно заметно различие видового состава птиц между лесными, парковыми, водными и застроенными местообитаниями.

Сравнение сезонных аспектов показывает, что летняя фауна отличается большим видовым разнообразием, тогда как зимняя фауна характеризуется более выраженной синантропностью. Большая часть урбанизированных видов представлена оседлыми птицами. Виды с низкой синантропностью чаще встречаются в городских парках, лесах и водно-болотных местообитаниях и в основном относятся к перелетным. Осенний и весенний аспекты занимают промежуточное положение.

Список литературы

1. Морковнин, А. А. Тренды изменений численности обычных видов птиц по данным многолетнего мониторинга в Калининградской и Московской областях / А. А. Морковнин, О. В. Волщит, Г. В. Гришанов, М. В. Калякин // Фауна и население птиц Европейской части России. Ежегодник программы «Птицы Москвы и Подмосковья». – 2026. – Вып. 16. – https://birdsmoscow.net.ru/monitoring-moscow/
2. Невлютов, М. Р. Птицы в городе – сегодня прилетают, завтра остаются / М. Р. Невлютов // Городские исследования и практики. – 2026. – № 11(2). – С. 14-22. – DOI 10.17323/usp112202614-22.
3. McCloy, M. W. D. Promoting urban ecological resilience through the lens of avian biodiversity // M. W. D. McCloy, R. K. Andringa, T. J. Maness [et al.] // Front. Ecol. Evol. – 2024. – Vol. 12. – 1302002. – DOI 10.3389/fevo.2024.1302002.

УДК 598.2 : 591.9

СТРУКТУРА ДОМИНИРОВАНИЯ ОРНИТОКОМПЛЕКСОВ ВОРОБЬИНООБРАЗНЫХ (PASSERIFORMES) КИЕВСКОГО И ВОРОШИЛОВСКОГО РАЙОНОВ Г. ДОНЕЦКА

Маевская Ю.Е., ORCID 0000-0002-9421-9008,
Радковская М.С.,
Штирц А.Д., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-2617-2056
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
mayevskaya_y@mail.ru, mariared09@mail.ru, eco-1999@mail.ru

Воробьинообразные (Passeriformes) составляют наиболее многочисленную и экологически пластичную группу орнитофауны урбанизированных территорий, что определяет их значимость как объекта мониторинга состояния городской среды [1, 3–5].

Структура доминирования орнитокомплекса – один из ключевых показателей его устойчивости: преобладание ограниченного числа синантропных видов свидетельствует об упрощении структуры сообщества под действием антропогенной нагрузки, тогда как более равномерное распределение численности указывает на сохранение экологической емкости биотопа.

Целью данной работы являлся сравнительный анализ структуры доминирования Воробьинообразных птиц в биотопах Киевского и Ворошиловского районов г. Донецка, различающихся уровнем антропогенной трансформации, в летний и зимний периоды.

Материал собран в 2025–2026 гг. на маршрутах, заложенных в различных биотопах Киевского и Ворошиловского районов г. Донецка, различающихся уровнем антропогенной нагрузки: в парковой зоне, на территориях многоэтажной и малоэтажной жилой застройки. Численность птиц определялась маршрутным методом Ю.С. Равкина [2].

Всего за период наблюдений зарегистрировано 30 видов птиц отряда Воробьинообразные, относящихся к 14 семействам.

При анализе структуры доминирования применялись градации: доминанты – виды, доля которых составляет от 10 до 100 % общей численности учтенных особей, субдоминанты – от 1 до 10 %; второстепенные виды – менее 1 %.

Для каждого района и сезона года рассчитывалась доля участия каждого вида в общей структуре населения птиц отряда Воробьинообразных.

В летний период структура доминирования орнитокомплексов двух районов демонстрирует значительное сходство.

В Киевском районе доминантами являются полевой воробей *Passer montanus* (19,37 %) и грач *Corvus frugilegus* (11,26 %); к субдоминантам отнесены 15 видов, в том числе

– скворец *Sturnus vulgaris* (6,74 %),

– домовой воробей *Passer domesticus* (6,31 %),

– горихвостка-чернушка *Phoenicurus ochruros* (5,47 %),

– сорока *Pica pica* (7,57%) и синица большая *Parus major* (7,57 %).

Второстепенные виды (сверчок обыкновенный, сойка, зяблик, хохлатый жаворонок, просянка) в сумме составляют менее 3 % численности. В Ворошиловском районе доминанты – полевой воробей (18,24 %), грач (24,05 %), галка *Corvus monedula* (12,83 %), при этом субдоминантный комплекс отличается более высокой долей горихвостки-чернушки (6,61 %) при сниженном участии сороки (6,21 %). Второстепенные виды представлены единично (городская ласточка, зеленушка, черноголовый щегол, овсянка) с долей не более 0,8 % каждый.

В зимний период доминирующее положение полевого воробья и грача усиливается в обоих районах, а структура сообщества становится более концентрированной.

В Киевском районе доминируют полевой воробей (32,31 %) и грач (19,51 %); субдоминантами выступают

– синица (9,15 %),

– домовой воробей (9,45 %) и

– галка (7,31 %), а также

– дрозд рябинник *Turdus pilaris* (8,23 %) и

– серая ворона *Corvus cornix* (3,66 %);

второстепенные виды:

– белобровый дрозд *Turdus iliacus* и

– дрозд-деряба *Turdus viscivorus* – составляют менее 1 % каждый.

Зимняя структура доминирования птиц в Ворошиловском районе:

– к доминантам, помимо полевого воробья (25,37 %) и грача (30,27 %), присоединяется галка (14,37 %);

– единственный второстепенный вид – дрозд деряба (0,31 %);

– субдоминанты – синица большая (6,42 %), домовой воробей (4,28 %), сорока (7,65 %), дрозд-рябинник (6,42 %).

Таким образом, во всех исследованных биотопах и сезонах доминируют полевой воробей и грач, что указывает на их высокую степень синантропизации и устойчивую адаптацию к условиям городской среды. Включение галки в состав доминантов зимнего орнитокомплекса Ворошиловского района, вероятно, связано с сезонной концентрацией этого вида у источников корма и мест ночевки в биотопах с более высоким уровнем антропогенной нагрузки [4].

Суммарная доля основных доминантов в летний период составляет 30,63 % в Киевском и 55,12 % в Ворошиловском районах, тогда как зимой

этот показатель возрастает до 51,82 и 55,64 % соответственно, что свидетельствует об упрощении структуры орнитокомплексов в холодный период года.

Распределение доминантов по биотопам также демонстрирует закономерность: наибольшая плотность полевого воробья отмечена в биотопах малоэтажной жилой застройки, что связано с доступностью антропогенных кормовых ресурсов и мест для гнездования, тогда как грач и галка тяготеют к открытым участкам и местам скопления бытовых отходов, обеспечивающим стабильную кормовую базу на протяжении всего годового цикла. Такое биотопическое распределение доминантов подтверждает выраженную связь структуры доминирования с характером антропогенной трансформации среды.

Сравнительный анализ структуры доминирования орнитокомплексов Воробьинообразных птиц Киевского и Ворошиловского районов г. Донецка показал устойчивое преобладание синантропных видов – полевого воробья и грача – во все исследуемые сезоны и во всех биотопах.

Полученные данные подтверждают высокую степень синантропизации орнитофауны отряда Воробьинообразных в условиях урбанизированной среды. Для снижения доли синантропных доминантов и поддержания видового разнообразия орнитокомплексов целесообразно сохранение и расширение участков древесно-кустарниковой растительности в биотопах с высоким уровнем антропогенной нагрузки, а также ограничение доступности источников антропогенного корма.

Список литературы

1. Остроух, К. И. Домовой и полевой воробьи (Aves, Passeriformes) в Ворошиловском и Будённовском районах г. Донецка / К. И. Остроух // Донецкие чтения 2023: материалы VIII Междунар. науч. конф. – Донецк: ДонГУ, 2023. – С. 148-150.
2. Равкин, Ю. С. К методике учета птиц в лесных ландшафтах / Ю. С. Равкин // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. – Новосибирск, 1967. – С. 66-75.
3. Радковская, М. С. Численность и видовой состав воробьинообразных птиц на территории г. Донецка / М. С. Радковская, Ю. Е. Маевская // Донецкие чтения 2024: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: матер. IX Междунар. науч. конф. – Донецк: ДонГУ, 2024. – Т. 3. – С. 126-128.
4. Радковская, М. С. Сравнительная характеристика состава зимующих и гнездящихся птиц г. Донецка / М. С. Радковская, Ю. Е. Маевская // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. матер. Всерос. науч. конф. (с междунар. участием) аспирантов и обучающихся. – Донецк: ФГБОУ ВО «ДонНТУ», 2025. – С. 260-262.
5. Сидорович, А. А. Характеристика населения птиц окрестностей города Макеевка (ДНР) / А. А. Сидорович, М. А. Чайка // Донецкие чтения 2024: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: матер. IX Междунар. науч. конф. – Донецк: ДонГУ, 2024. – Т. 3. – С. 135-136.

УДК 595.797 : 591.9

SCELIPHRON CAEMENTARIUM (DRURY, 1773) – НОВЫЙ ВИД РОЮЩИХ ОС (HYMENOPTERA: SPHECIDAE) В ФАУНЕ ДОНБАССА

Оголь И.Н., ORCID 0009-0004-9003-3283
ylyaogol@mail.ru

До недавнего времени с территории Донбасса были известны 2 вида роющих ос рода *Sceliphron* Klug, 1801: аборигенный *S. destillatorium* (Illiger, 1807) и *S. curvatum* (F. Smith, 1870) – недавно натурализовавшийся инвазивный вид, происходящий из Южной и Центральной Азии (А.В. Амолин, личное сообщение). В прошлом году в г. Донецке впервые отмечен третий вид, *S. madraspatanum* (Fabricius, 1781), конкретно подвид *S. madraspatanum tubifex* (Latreille, 1809), имеющий средиземноморское происхождение [1]. Наконец, в нынешнем году, также в г. Донецке, сделана находка четвертого вида, *S. caementarium* (Drury, 1773), которому посвящена настоящая работа.

21 июля 2025 г. самец *S. caementarium*, питавшийся нектаром цветков *Daucus carota* L., отмечен автором на северном берегу водохранилища Донецкое море в точке с приблизительными координатами 47°55'57" с. ш., 37°47'28" в. д. (рис.). На данный момент эта встреча остается единственной.



Рис. – Самец *Sceliphron caementarium* на соцветиях *Daucus carota*

S. caementarium принадлежит номинативному подроду, чьи представители имеют двуцветную черно-желтую окраску. Этим он легко отличается от *S. curvatum*, принадлежащего к подроду Hensenia Pagliano et Scaramozzino, 1990, который имеет также коричневые зоны на ногах и по апикальному краю тергумов и стернумов матасомы. Важным диагностическим признаком *S. caementarium* в пределах подрода является, как правило, черный стебелек брюшка. На последующем 2-м тергуме метасомы иногда имеется желтый участок с размытыми границами.

Существует и другая цветовая форма: с частично или полностью желтым брюшным стебельком, но в этом случае желтый участок на 2-м тергуме имеется обязательно; на данный момент она не отмечена в Европе. У *S. destillatorium* и *S. madraspatanum tubifex* стебелек полностью, реже частично, желтый, а последующие тергумы всегда полностью черные [1, 2].

Первичный ареал *S. caementarium* находится в Северной Америке, откуда он завезен во многие регионы мира [2]. В настоящий момент вид натурализовался на большей части территории Европы и демонстрирует тенденцию к расширению вторичного ареала [3]. В 2007 г. он найден в Крыму [4], в 2024 г. – в Ростове-на-Дону [3], что является ближайшей к Донецку точкой встречи, лежащей примерно в 170 км к юго-востоку. ДНР расположена на северо-восточной границе известного ареала вида в Европе. Его появление здесь было ожидаемо [1].

Таким образом, в настоящее время фауна ДНР насчитывает 4 вида рода *Sceliphron*. Все они – крупные хорошо заметные и различимые осы, в связи с чем маловероятно, что 2 вида, обнаруженные автором в последние годы, могли быть пропущены предыдущими исследователями. В частности, они отсутствуют в коллекции музея ДонГУ (А. В. Амолин, личное сообщение). По-видимому, это новые компоненты фауны Донбасса. Вселение в столь короткий срок сразу 2 видов с совершенно различным происхождением иллюстрирует высокую динамичность ареалов представителей данного рода в условиях усиливающегося антропогенного воздействия. В частности, синантропность при выборе мест гнездования благоприятствует распространению с перевозимыми грузами. Автор считает вполне вероятными в будущем появление здесь еще 2 видов: *S. spirifex* (Linnaeus, 1758) и *S. deforme* (F. Smith, 1856).

Список литературы

1. Оголь, И. Н. Первая находка осы *Sceliphron madraspatanum* (Fabricius, 1781) (Hymenoptera: Sphecidae) на территории Донбасса / И. Н. Оголь // Донецкие чтения 2025: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: матер. X Междунар. научн. конф. (Донецк, 5–7 октября 2026 г.). – Т. 3. – Донецк: ДонГУ, 2025. – С. 148-150. – EDN FBLPTK.
2. Schmid-Egger, C. *Sceliphron curvatum* (F. Smith 1870) in Europa mit einem Bestimmungsschlüssel für die europäischen und mediterranen Sceliphron-Arten (Hymenoptera, Sphecidae) / C. Schmid-Egger // Bembix. – 2005. – B. 19. – S. 7-28.
3. GBIF Occurrence Download. 2026. – URL: https://www.gbif.org/occurrence/download/0006767-260921141020460 (дата обращения: 24.09.2026). – DOI 10.15468/dl.9hsed4.
4. Fateryga, A. V. Nesting ecology of the wasp *Sceliphron destillatorium* (Illiger, 1807) (Hymenoptera, Sphecidae) in the Crimea / A. V. Fateryga, M. M. Kovblyuk // Entomological Review. – 2014. – Vol. 94, № 3. – P. 330-336. – DOI 10.1134/S001387381403004X. – EDN XNGPCP.

УДК 595.789 : 591.9

НЕОЖИДАННАЯ НАХОДКА БАБОЧКИ *DANAUS CHRYSIPPUS* LINNAEUS, 1758 (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Оголь И.Н., ORCID 0009-0004-9003-3283
ylyaogol@mail.ru

Danaus chrysippus Linnaeus, 1758 – широко распространенный вид дневных бабочек с тропическим и субтропическим ареалом в Австралии, Африке, Азии и Средиземноморье, очень активный мигрант [1]. До настоящего момента на территории России были известны всего четыре точки находок: по одной в Крыму (1996 г.) и в Северной Осетии (2020 г.), и две в Дагестане (2020 и 2023 гг.) [1–4]. Лишь в одном из этих случаев было отмечено сразу 5 особей, в остальных – только по одной, что с высокой вероятностью свидетельствует о случайных залетах во время миграций.

2 ноября 2026 около полудня в ветренную и преимущественно солнечную погоду при температуре воздуха около 15 ℃ в Кировском районе г. Донецка рядом с автобусной остановкой «ул. Максима Козырева» в точке с приблизительными координатами 47°56'18" с. ш., 37°46'8 в. д. на давно заброшенном огороде автором случайно была встречена 1 особь бабочки, после детального осмотра с разных ракурсов, определенной на месте как *D. chrysippus*. Прилетев с юго-восточного направления, со стороны балки Широкая, она посетила соцветие *Carduus acanthoides* L., через 1,5–2 мин взлетела с него (вероятно, испугавшись приближения человека) и села в стороне на землю, а затем, снова вспугнутая, продолжила полет на северо-запад, скрывшись в стороне квартала многоэтажной застройки. К сожалению, отсутствие оборудования не позволило отловить или сфотографировать данное насекомое. Однако *D. chrysippus* имеет весьма характерную внешность, разительно отличающую его от всех видов местной фауны. Существует бабочка, чьи самки очень похожи на вышеназванную данаиду вследствие бейтсовской мимикрии, – *Hypolimnas misippus* (Linnaeus, 1764), – но в Европе она встречается гораздо реже, чем имитируемая модель (единичные завозы) и не является активным мигрантом [1]. Таким образом, несмотря на отсутствие какой-либо материальной фиксации наблюдения, единственным правдоподобным вариантом определения в настоящем географическом контексте остается *D. chrysippus*. Следует упомянуть, что этот вид культивируется и используется в так называемых «салютах бабочек», которые могут быть источником заносов особей в весьма отдаленные от ареала регионы. Однако на территории ДНР такая практика отсутствует. Кроме того, выращенные в неволе и травмированные при «запуске салюта» бабочки обычно ведут себя

вяло и неестественно, в то время как наблюдавшаяся автором была весьма активна и осторожна (не подпускала человека ближе 1 м), легко и уверенно нашла нектароносное растение, посетив которое, продолжила полет в первоначальном направлении, то есть демонстрировала все составляющие поведения, типичного для здоровых диких особей. В связи с этим, а также в виду широко известной репутации *D. chrysippus* как одного из самых активных мигрантов среди булавоусых чешуекрылых, следует признать естественное происхождение обсуждаемой особи более правдоподобным. Еще одним аргументом в пользу этой гипотезы является дата наблюдения. Все опубликованные находки на территории России были произведены в период с третьей декады сентября по третью декаду октября. Известно, что большинство наблюдений, сделанных в регионах Европы, где вид не образует постоянных популяций, приходится на три осенних месяца [1].

Предпринятые в течение последующих 5 суток попытки автора встретить и собрать в окрестностях точки находки других особей того же вида (или уже увиденную, если по каким-то причинам она вернулась бы), ожидаемо не увенчались успехом. Учитывая исторические сведения, повторные встречи в ближайшем будущем следует признать маловероятными. В связи с этим и в виду значительной научной новизны полученной информации, было принято решение опубликовать сообщение о единичном визуальном наблюдении, не дожидаясь подкрепления коллекционным или фотографическим материалом. Хотя и нельзя исключать возможность того, что со временем такой материал будет получен, полагаться на это не приходится.

Список литературы

1. Morgun, D. V. The first record of *Danaus chrysippus* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Danaidae) in Russia in the context of the contemporary distribution of this species in the Western Palaearctic / D. V. Morgun, E. V. Ilyina // Caucasian Entomological Bulletin. – 2021. – Т. 17, № 1. – С. 115-119. – DOI 10.23885/181433262021171-115119. – EDN AJBOVC.
2. Будашкин, Ю. И. Новые для фауны Украины семейство и вид чешуекрылых (Lepidoptera, Noctuidae, Danaidae) из Карадагского заповедника (Восточный Крым) / Ю. И. Будашкин // Вестник зоологии. – 1997. – Т. 31, №. 5–6. – С. 77. – URL: http://mail.izan.kiev.ua/vz-pdf/1997/N5-6/VZ_T31_N5-6_1997-07-Budashkin.pdf (дата обращения: 04.10.2026). – EDN WPXOMT.
3. Доброносов, В. В. Данаида хризипп (*Danaus chrysippus* Linnaeus, 1758) в предгорьях Северной Осетии / В. В. Доброносов, Ю. Е. Комаров // Труды Ставропольского отделения Русского энтомологического общества. – 2021. – Вып. 17. – С. 52-56. – EDN COSPT.
4. GBIF Occurrence Download. 2026. – URL: https://www.gbif.org/occurrence/download/0010012-260928105237408 (дата обращения: 04.10.2026). – DOI 10.15468/dl.nm9qfm.

УДК 598.115.31 : 502.743

НАХОДКИ МЕДЯНКИ *CORONELLA AUSTRIACA* LAURENTI, 1768 (SERPENTES: COLUBRIDAE) В КИРОВСКОМ РАЙОНЕ ГОРОДА ДОНЕЦКА

Оголь И.Н., ORCID 0009-0004-9003-3283
ylyaogol@mail.ru

Медянка *Coronella austriaca* Laurenti, 1768 является редким видом рептилий, охраняемым во многих регионах России, включая ДНР [1]. Это некрупная неядовитая (по крайней мере, для человека) змея, питающаяся преимущественно ящерицами. Ее отличительными морфологическими признаками является сочетание горизонтальной темной полосы на боковой стороне головы, проходящей через глаз, красной или оранжевой радужки и круглого зрачка. В остальном окраска варьирует. На территории ДНР медянка встречается спорадически, ее популяции известны на севере (в г. Краматорске и его окрестностях, а также в пойме Северского Донца), на западе (в Великоновоселковском районе), на юге (в заповедниках «Каменные могилы» и «Хомутовская степь»), на востоке (в Шахтерском районе) [2–6]. О находках в центральной части республики, включая территорию Донецко-Макеевской агломерации, ранее не сообщалось.

30 июля 2026 г. в 16:10 молодая особь медянки длиной около 25 см случайно встречена автором в балке Бирючья в Кировском районе г. Донецка в точке с приблизительными координатами 47°56'15" с. ш., 37°41'30" в. д., всего в 150 м от квартала многоэтажной жилой застройки. Змея быстро скрылась в норе ящерицы или грызуна, не позволив себя сфотографировать. После этого с целью повторной находки автор трижды посещал прилегающую территорию и 16 августа в 10:23 в 80 м к северо-западу (в точке с примерными координатами 47°56'16" с. ш., 37°41'28" в. д.) обнаружил вторую особь того же размера, заметно отличающуюся деталями окраски, которую удалось поймать рукой (рис.). После фотофиксации на месте она была отпущена. Обе особи найдены на левом склоне балки, имеющем юго-восточную экспозицию, на границе остепененных участков с дубовой лесопосадкой, на узколокальных обнажениях лёсса. Примечательно, что именно эти места регулярно посещаются самками прыткой ящерицы (*Lacerta agilis* Linnaeus, 1758) для яйцекладки, и в течение всего теплого времени года изобилуют их потомством, которое способно составить богатую кормовую базу для молодых медянок. Не исключено, что обе найденные змеи происходят из одного выводка, учитывая близость находок и отсутствие различий в размерах.



Рис. – Особь медянки, найденная 16.08.2026 (А) и место ее находки (Б)

Для оценки состояния популяции потребуются дальнейшие исследования. Однако уже сейчас можно с уверенностью назвать биоразнообразие балки Бирючья (а также соседних балок Мацутина и Широкая), включающее множество охраняемых видов растений и животных, достаточным для создания объекта природно-заповедного фонда на этой территории, что было рекомендовано ранее [7].

Список литературы

1. Список объектов животного и растительного мира, включаемых в Красную книгу Донецкой Народной Республики. – URL: https://gkecopoldnr.ru/red-book (дата обращения: 03.10.2026).
2. Курячий, К. В. Очерк герпетофауны РЛП «Краматорский» / К. В. Курячий, А. И. Тупиков // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2009. – № 1 (9). – С. 102-108.
3. Спинова, Ю. А. Новые степные заказники в Донецкой области / Ю. Спинова, А. Василюк // Степной бюллетень. – 2018–2019. – № 51–52 (осень – зима). – С. 16–18.
4. Бронсков, А. И. Пресмыкающиеся / А. И. Бронсков, Г. Н. Молодан // Ландшафты, растительный покров и животный мир регионального ландшафтного парка «Меотида» (24–26 августа 2016 г.). – Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2010. – С. 108-109.
5. Тараненко, Л. И. Скелевая балка как возможный объект заповедания / Л. И. Тараненко // Охрана, восстановление и изучение степных экосистем в XXI веке: матер. Междунар. научн.-практ. конф., посвященной 90-летию со дня основания заповедника «Хомутовская степь», (Донецк, 24–26 августа 2016 г.). – Донецк: Изд-во «Ноулидж», 2016. – С. 60-64.
6. GBIF Occurrence Download. 2026. – URL: https://www.gbif.org/occurrence/download/0006849-260921141020460 (дата обращения: 24.09.2026). – DOI doi.org/10.15468/dl.xzbgmr.
7. Оголь, И. Н. Перспективная для включения в природно-заповедный фонд территория на юго-западной окраине г. Донецка / И. Н. Оголь // Биоразнообразие беспозвоночных и позвоночных животных особо охраняемых природных территорий Донбасса. – Донецк: Цифровая типография, 2021. – Вып. 1. – С. 24-44.

УДК 595.771

ЭВРИБИОНТНЫЕ И СТЕНОБИОНТНЫЕ ВИДЫ МОШЕК (DIPTERA, SIMULIIDAE) ДОНБАССА

Рева М.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-4206-2279,
Климова Е.В., ORCID 0009-0009-4962-2197,
Феклина Т.Ю.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
mvreva@mail.ru, elizaveta.klimova005@mail.ru

Мошки (Simuliidae) представляют собой важную группу кровососущих двукрылых насекомых, входящих в состав комплекса гнуса. По экологической пластичности среди них выделяют эврибионтные (широко распространенные) и стенобионтные (узкоспециализированные) виды. Их изучение позволяет оценить состояние водных экосистем Донбасса и выявить индикаторные виды.

Целью настоящего исследования является анализ видового состава, биологических особенностей преимагинальных и взрослых фаз эврибионтных и стенобионтных видов мошек Донбасса.

Сбор материала проводили в различных водотоках Донбасса (малые и средние реки, ручьи, каналы). Преимагинальные фазы (личинки и куколки) собирали с различных субстратов (водная растительность, камни, ветви деревьев). Сбор имаго осуществляли энтомологическим сачком в прибрежной зоне. Фиксацию проб осуществляли в 70 %-м этиловом спирте. Морфологическое изучение проводили с использованием микроскопа и определительных ключей. Анализировали диагностические признаки преимагинальных и взрослых фаз.

В ходе проведенных исследований в водоемах Донбасса установлено 9 массовых эврибионтных видов мошек: род *Wilhelmia* Enderlein, 1921: *W. balcanica* (End.), *W. mediterranea* (Puri), *W. salopiensis* (Edw.); род *Nevermannia* Enderlein, 1921: *N. angustitarsis* (Lundstrom.), *N. latigonia* (Rubz.); род *Eusimulium* Roubaud, 1906: *E. aureum* (Fries.), (Rubz.); род *Boophthora* Enderlein, 1921: *B. erythrocephala* (De Geer.); род *Odagmia* Enderlein, 1921: *O. ornata* (Mg.); род *Argentisimulium* Rubzov et Yankovsky, 1982: *A. noelleri* (Fried). Данные виды заселяют практически все типы водотоков со скоростью течения от 0,2 до 0,8 м/с, имеют от 3 до 5 генераций в год. Самки большинства из них являются активными кровососами человека и животных [1–4].

Стенобионтные (узкоспециализированные и редкие) виды: *E. securiforme* и *Simulium behningi* (Enderlein, 1924). Виды приурочены к малым рекам и ручьям с умеренным течением, отличаются локальным распространением и низкой численностью. Личинки развиваются

исключительно на чистой водной растительности и крайне чувствительны к изменению качества воды.

Стенобионтные виды зимуют в фазе яйца (*E. securiforme*), а также либо в фазе яйца, либо в фазе личинки (*S. behningi*), тогда как у большинства эврибионтных видов зимовка проходит на личиночной фазе [1-4].

На территории Донбасса выявлены эврибионтные (*W. balcanica*, *W. mediterranea*, *W. salopiensis*, *N. angustitarsis*, *N. latigonia*, *E. aureum*, *B. erythrocephala, O. ornata, A. noelleri*) и стенобионтные (*E. securiforme*, *S. behningi*) виды мошек, различающиеся по экологии и характеру распространения. Биология развития мошек тесно связана с гидрологическими особенностями водоемов Донбасса, личинки и куколки, как правило, концентрируются на участках с быстрым течением. Субстратом для преимагинальных фаз служат водная и прибрежная растительность, омываемая водой, а также любые предметы, попавшие в воду.

Эврибионтные виды обладают высокой экологической пластичностью, развиваются в 3–5 генерациях и играют важную роль в биоценозах, а также имеют медико-ветеринарное значение.

Стенобионтные виды, благодаря высокой чувствительности к гидрохимическим изменениям и загрязнению, являются надежными биоиндикаторами чистых и слабозагрязненных водных экосистем Донбасса.

Список литературы

1. Маслодудова, Е. Н. Влияние антропогенных факторов на формирование биотопов преимагинальных фаз кровососущих двукрылых (Diptera: Culicidae, Simuliidae, Ceratopogonidae, Tabanidae) в условиях г. Донецка и окрестностей / Е. Н. Маслодудова, А. Е. Рязанцева // Донецкие чтения 2016: образование, наука и вызовы современности: матер. I Междунар. науч. конф. (Донецк, 16–18 мая 2016 г.). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. – Т. 2. – С. 159-162.
2. Рева, М. В. Мошки как биоиндикаторы загрязненности водоемов Донецкой области / М. В. Рева, М. С. Криволап // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. докл. X Междунар. науч. конф. асп. и студ. (Донецк, 13–14 апреля 2016 г.). – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2016. – С. 283-285.
3. Рева, М. В. Мошки (Diptera, Simuliidae) как биоиндикаторы чистоты водоемов юго-востока Украины / М. В. Рева, З. В. Усова, Р. Д. Семушин // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2011. – № 1 (11). – С. 188-202. – EDN YMCRZZ.
4. Рештаненко, Е. Д. Стенобионтные виды мошек (Diptera, Simuliidae) Донбасса / Е. Д. Рештаненко, Е. В. Климова, М. В. Рева // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. докл. X Междунар. науч. конф. асп. и студ. (Донецк, 15–16 апреля 2026 г.). – Донецк: Изд-во ФГБОУ ВО «ДонНТУ», 2026. – С. 213-214.

УДК 595.771

ХИЩНИКИ И ПАРАЗИТЫ МОШЕК РОДА *WILHELMIA* END. НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА

Рева М.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-4206-2279,
Литвинова С.А., ***Диденко М.С***.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
mvreva@mail.ru

Мошки семейства Simuliidae из отряда двукрылых включают около 2000 видов. Самки большинства видов (Simuliidae) являются массовыми кровососами, наносящими значительный ущерб животноводству и здоровью человека. В фауне Донбасса род *Wilhelmia* End. представлен 10 видами, доминирующими в весенне-летний период. Изучение естественных врагов и паразитов имеет ключевое значение для разработки биологических методов контроля численности популяций без использования химических средств борьбы [1, 3].

Цель работы – выявить видовой состав хищников и паразитов мошек рода *Wilhelmia* как регуляторов численности симулиид в водоемах Донбасса.

В результате наших исследований и по данным литературных источников установлено, что на территории Донбасса встречается 10 видов мошек рода *Wilhelmia*:

– *W. equine* (Linnaeus, 1746),
– *W. tertia* Baranov, 1926,
– *W. mediterranea* (Puri, 1925),
– *W. veltistshevi* (Rubzov, 1940),
– *W. lineate* (Meigen, 1804),
– *W. salopiensis* (Edwards, 1927),
– *W. balcanica* Enderlein, 1924,
– *W. turgaica* (Rubzov, 1940),
– *W. angustifurca* Rubzov, 1956,
– *W. secunda* Baranov, 1926 [1].

В результате наших исследований были обнаружены следующие виды хищников различных фаз развития мошек:

– личинки ручейников (отр. Trichoptera) – одни из наиболее активных потребителей преимагинальных фаз мошек. Они поедают яйца, личинок и куколок. Хитиновые элементы личинок *W. mediterranea* были обнаружены в кишечнике нескольких видов ручейников. Эти хищники зафиксированы в реках Красная, Мокрые Ялы, Нижняя Крынка, Деркул, что свидетельствует о широком распространении данного типа хищничества в водотмах Донбасса;

– личинки стрекоз (отр. Odonata) также являются хищниками, в кишечнике которых найдены остатки личинок *W. mediterranea*. Они активно охотятся в прибрежной зоне, особенно в зарослях осоки и тростника, где концентрируются личинки мошек. Эти хищники зафиксированы в реках Кальмиус, Нижняя Крынка, Волчья;

– личинки водных жуков (отр. Coleoptera, сем. Dytiscidae, сем. Hydrophilidae) уничтожают куколок и личинок, закрепленных на субстратах. Их хищническая активность особенно заметна в местах с медленным течением, где куколки мошек прикрепляются к растительности и камням. Эти хищники зафиксированы в реках Кальмиус, Грузской Еланчик, Мокрая Волноваха, Сухая Волноваха, Волчья;

– личинки вислокрылок (отр. Megaloptera, сем. Sialidae) отмечены в р. Северский Донец, где образуют массовые скопления в местах высокой плотности личинок мошек. Эти хищники способны существенно снижать численность популяции мошек на локальных участках;

– пауки (отр. Araneae) являются хищниками взрослых мошек в местах укрытий. Мошки, отдыхающие на растительности вблизи водоемов, становятся жертвами пауков, что снижает численность имаго и, соответственно, репродуктивный потенциал популяции;

– птицы различных семейств охотятся на взрослых особей:

семейства Ласточковые (Hirundinidae) в период массового вылета имаго мошек активно питаются ими в воздухе. Ласточки охотятся стаями, что позволяет им эффективно снижать численность взрослых мошек.

отряд Apodiformes – черный стриж *Apus apus* (L.) и козодой обыкновенный *Caprimulgus europaeus* (L.) из семейства настоящих козодоев (Caprimulgidae) также уничтожают взрослых мошек во время массового выплода симулиид. Эти птицы охотятся в сумерках, когда мошки наиболее активны.

Белая трясогузка (*Motacilla alba* L.) и желтая трясогузка (*Motacilla flava* L.) из семейства Motacillidae кормятся личинками мошек, снятыми с субстратов во время отлива воды. Это дополнительный фактор смертности для личинок, обитающих на прибрежных камнях и растительности.

Паразитами мошек зарегистрированы разные видов грибов и микроспоридии:

– сапролегниомицеты (отдел сапролегниевые грибы Saprolegniomycota) – поражают личинок и куколок *W. balcanica*, *W. Mediterranea*, причем куколки, пораженные этим грибом, встречаются чаще, чем личинки.

Coelomycidium simuli порядка Chytridiales – гриб, отмеченный у всех массовых видов личинок мошек. Зараженность этим патогеном носит широкий характер и может существенно влиять на выживаемость личинок в популяциях.

В условиях влажной весны на куколках *W. balcanica* отмечены энтомофторовые грибы (Entomophthorales), вызывающие гибель куколок. Это свидетельствует о значительной роли грибов в регуляции численности мошек в периоды повышенной влажности. Споры грибов зачастую заражают кладки яиц, куколки и личинки, что приводит к гибели на ранних стадиях развития.

Мошки также поражаются микроспоридиями – внутриклеточными паразитами, которые разрушают ткани хозяина, что приводит к гибели личинок или имаго, снижению плодовитости и общей жизнеспособности популяции [2, 4].

Нашими исследованиями зарегистрирована зараженность личинок *W. mediterranea*, *W. balcanica*, *W. salopiensis* 6 видами микроспоридий: *Thelohania fibrata* Stricl., *Th. bracteata* Stricl., *Th. varians* Leger., *Plistophora simulii* Lutz et Splender, *P. debausiexi* Jurovel. Дополнительно в личинках *W. salopiensis* и *W. lineata* обнаружены микроспоридии рода *Nosema* (*N. simulii*). Инвазия проявляется в виде белесых пятен на жировом теле.

В результате наших исследований в Донбассе выявлено 10 видов мошек рода *Wilhelmia*. Были выявлены естественные ограничители численности мошек в природе. К ним относятся хищники и паразиты различных фаз развития мошек. Хищниками мошек являются личинки ручейников (отр. Trichoptera), личинки стрекоз (отр. Odonata) личинки водных жуков (отр. Coleoptera, сем. Dytiscidae, сем. Hydrophilidae), личинки вислокрылок (отр. Megaloptera, сем. Sialidae), а также пауки (отр. Araneae) и птицы различных семейств.

Паразитами мошек зарегистрированы разные видов грибов: сапролегниомицеты, *Coelomycidium simuli,* энтомофторовые грибы (Entomophthorales) и микроспоридии: *Thelohania fibrata*, *Th. bracteata*, *Th. varians, Plistophora simulii, P. debausiexi*, *Nosema simulii*.

Полученные данные важны для биологического контроля численности кровососущих двукрылых без химических инсектицидов, что актуально для здоровья человека и животноводства в регионе.

Список литературы

1. Рубцов, И. А. Фауна СССР. Насекомые двукрылые. Мошки сем. Simuliidae / И. А. Рубцов. – М.: Изд-во АН СССР, 1940. – Вып. 6. – 533 с.
2. Семушин, Р. Д. О кровососущих двукрылых из окрестности г. Макеевки, их врагах и паразитах / Р. Д. Семушин, З. В. Усова // Тез. докл. I Всесоюз. съезда паразитоценологов. – Киев, 1978. – Ч. 2. – С. 80.
3. Усова, З. В. Кровососущие двукрылые насекомые Донецкой области / З. В. Усова // Проблемы паразитологии: Тр. 5-й науч. конф. паразитологов УССР. – Киев, 1967. – С. 425-426.
4. Фролков, В. М. К фауне микроспоридий (Protozoa, Microsporidia) – паразитов мошек / В. М. Фролков // Проблемы паразитологии: Тр. 8-й науч. конф. паразитологов УССР. – Киев, 1975. – Ч. 2. – С. 233-234.

УДК 595.771

БИОЛОГИЯ ПРЕИМАГИНАЛЬНЫХ ФАЗ МОШЕК ДОНБАССА

Рева М.В., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-4206-2279,
Ясинский В.Е., ***Чиркун Ю.Н.***
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
mvreva@mail.ru

Мошки (компонент гнуса) – кровососущие двукрылые насекомые, являются неотъемлемой частью фауны нашего региона, служат пищей для многих животных [1, 2, 4]. Преимагинальные фазы размножаются исключительно в текучих водоемах. Особенно много взрослых мошек встречается в лиственных лесах с высокой влажностью и возле водоемов – мест выплода.

Цель работы состоит в исследовании биологии преимагинальных фаз мошек семейства Simuliidae в Донбассе.

Проведенное исследование способствует совершенствованию методов экологического мониторинга, охраны природных водных объектов и поддержанию экологического баланса в регионе.

В результате исследований обнаружено 6 видов мошек, относящихся к 5 родам:

– *Wilhelmia equina* (Linnaeus, 1758),
– *Nevermannia angustitarsis* (Lundstrom, 1911),
– *Eusimulium aureum* (Fries, 1824),
– *Eusimulium angustipes* (Edwards, 1915),
– *Boophthora erythorocephala* (De Geer, 1776),
– *Argentisimulium noelleri* (Fried., 1920).

Личинки мошек развиваются в непосредственной близости от мест выплода, прикрепляясь к листьям, камням и погруженным в воду веткам. Ключевыми факторами являются скорость течения и распределение субстрата. Оптимальная скорость течения начинается от 0,2–0,5 м/сек, для некоторых видов – 0,8 м/сек (*W. equina, A. noelleri*). Личинки предпочитают места, где быстрое течение граничит с завихрениями [1].

Основным субстратом для личинок являются узколистные водные растения. Высокая численность личинок в некоторых водоемах связана с интенсивным зарастанием водной растительностью, которая обеспечивает не только место прикрепления, но и богатое питание в виде водорослей, бактерий, простейших и других организмов. Чем гуще растительность, тем более равномерно распределены личинки. Например, плотность личинок и куколок мошек может варьировать от 180–300 шт./дм² у вида *W. equina* до 700–900 шт./дм² у вида *N. angustitarsis*. Также важно отметить, что личинки и яйца мошек могут служить биоиндикаторами качества воды.

Температурный режим является одним из ключевых факторов развития личинок, при этом требования к нему различны для каждого вида. Большинство видов мошек являются стенотермными. Однако встречаются и эвритермные виды, такие как *A. noelleri*.

Наибольшее видовое разнообразие отмечено в небольших и средних водоемах с устойчивым водным режимом и температурой воды, которая составляет в среднем 10–15 °С в течение года. Водоемы со значительными колебаниями и повышенной температурой воды (20–30 °С) характеризуются меньшим видовым богатством мошек.

Другим необходимым условием является достаточно высокое содержание кислорода в воде. В стоячей воде личинки быстро погибают. Дыхание осуществляется не только через трахейную систему, но и всей поверхностью тела. Личинки также чувствительны к содержанию органических веществ в воде: чем выше показатели окисления, тем менее благоприятен водоем для их развития. К колебаниям pH и солевого режима личинки мошек достаточно толерантны [3].

Знание мест и особенностей зимовки крайне важно для прогнозирования численности видов и разработки методов борьбы с ними [4]. По характеру зимовки выделяют 3 группы видов: зимующие в стадии яйца, зимующие в стадии личинки, и зимующие в стадиях яйца и личинки.

В районе наших исследований в фазе яйца зимуют 2 вида (*E. aureum, A. noelleri*). Вылупление личинок начинается в марте и продолжается до апреля–мая при температуре воды от 2–6 до 14 °С. В фазе личинки зимуют 3 вида (*N. angustitarsis, E. angustipes, B erythorocephala*). Личинки вылупляются из яиц во второй половине сентября – ноября при температуре 3–12 °С, повторно – в декабре–январе при 2–5 °С, на глубине 20 см – 1,5 м. В фазе яйца и личинки зимует один вид (*W. equina*). Вылупление личинок этого вида зависит от погодных условий: при холодных зимах, когда водотоки покрыты льдом и снегом, он зимует в стадии яйца и вылупляется после освобождения водотоков ото льда (февраль–март). В теплые короткие зимы вид зимует в стадии личинки.

Таким образом, основными факторами, определяющими различия во времени вылупления зимующих личинок и яиц, являются: температура воды и длительность периода замерзания водотока.

Активная миграция личинок осуществляется посредством использования грудных ног и паутинных нитей. В процессе поиска оптимальных условий для развития личинки способны осуществлять перемещения как по течению, так и против него. Личинки родов *Wilhelmia* и *Eusimulium*, развивающиеся в условиях малых рек и ручьев, демонстрируют интенсивную миграционную активность в периоды их пересыхания. В этот период личинки концентрируются в участках с повышенной скоростью течения, таких как перекаты, пороги и узкие

участки русла, что способствует их перемещению и избеганию неблагоприятных условий.

Наиболее выражена миграционная активность у личинок младших и средних возрастных групп, что характерно для летних генераций *A. noelleri* и *E. aureum*.

Дальность миграции определяется размером водотока, скоростью течения, а также силой и продолжительностью воздействия факторов, инициирующих миграцию. В условиях весеннего паводка личинки *A. noelleri* способны перемещаться на расстояние от 3 до 8 км.

Пассивное перемещение личинок в мелких ручьях может достигать длины до 8 км [1, 3].

В результате наших исследований на территории Донбасса обнаружено 6 видов мошек, относящихся к 5 родам:

– *Wilhelmia equina* (Linnaeus, 1758),
– *Nevermannia angustitarsis* (Lundstrom, 1911),
– *Eusimulium aureum* (Fries, 1824),
– *Eusimulium angustipes* (Edwards, 1915),
– *Boophthora erythorocephala* (De Geer, 1776),
– *Argentisimulium noelleri* (Fried., 1920).

Изучены некоторые вопросы биологии преимагинальных фаз мошек в водотоках Донбасса:

– скорость течения,
– характер субстрата,
– температура воды,
– зимовка и
– миграция личинок.

Список литературы

1. Алешина, Д. Н. Эколого-фаунистический комплекс мошек Донбасса / Д. Н. Алешина, М. В. Рева // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов: сб. матер. XVII Междунар. конф. асп. и обуч. – Донецк: ФГБОУ ВО «ДОННТУ», 2023. – С. 3-5.
2. Рева, М. В. Фауна и биология имаго мошек (Diptera, Simuliidae) рода *Odagmia* End., 1921 Донбасса / М. В. Рева, З. В. Усова, Р. Д. Семушин // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2013. – № 1 (13). – С. 134-153.
3. Рева, М. В. Сезонная динамика и особенности экологии мошек города Донецка / М. В. Рева, А. Э. Бакланова, Е. С. Щелкова // Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Матер. IV Междунар. науч. конф. Т. 2: Хим.-биол. науки. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2020. – С. 278-279.
4. Маслодудова, Е. Н. Распространение мошек и их заражение микроспоридиями в водотоках Донецкой области / Е. Н. Маслодудова, А. С. Фальфушинская // Вопросы экологии и фауны Донбасса. – 1977. – С. 54-57.

УДК 595.423 : 574.34

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ ПАРКА ИМ. Н.А. ВОЗНЕСЕНСКОГО Г. ЕНАКИЕВО

Штирц А.Д., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0006-2617-2056,
Полянина Л.Д., ***Заикин Д.Ю.***
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
eco-1999@mail.ru

В 1932 г. был создан первый в Енакиево ведомственный Парк Горняков, к этому времени относятся его первые насаждения. В 1969 г. парку было присвоено имя выдающегося экономиста Н.А. Вознесенского и произведена реконструкция: высажены ели, сосны, акации, каштаны и другие декоративные породы [4].

Цель исследования – установление видового состава и анализ экологической структуры сообществ панцирных клещей на территории МБУ «Городской парк культуры и отдыха имени Н.А. Вознесенского» г. Енакиево. В задачи исследования входила оценка состояния окружающей среды по интегральному показателю структуры сообществ орибатид.

Сбор материала проводился в середине марта 2026 г., в ходе исследования собрано и обработано 225 экз. имаго панцирных клещей, относящихся к 22 видам. Сбор и обработка материала проводились по общепринятой методике Е.М. Булановой-Захваткиной [1] поэтапно: взятие проб объемом 250 $см^3$, выгонка клещей с помощью термоэклекторов, изготовление микропрепаратов, определение видового состава, математическая обработка и анализ материала. Для анализа структуры доминирования сообществ применялись градации доминирования по шкале Г. Энгельманна [6] для микроартропод. Анализ распределения жизненных форм проведен в соответствии с Д.А. Криволуцким [3].

Для оценки экологического разнообразия сообществ панцирных клещей применялся индекс Шеннона и индекс Пиелу [2], для анализа пространственного распределения сообществ орибатид – индекс агрегированности Лексиса. Оценка состояния окружающей среды по интегральному показателю структуры сообществ панцирных клещей проведена по методике [5].

Средняя плотность населения орибатид в целом для территории парка составила 9000 экз./$м^2$, обнаружено 22 вида.

Анализируя показатели экологического разнообразия, следует отметить, что индекс Шеннона был довольно высоким и составил 2,36 нат, индекс Пиелу – 0,76. Следует также отметить высокий индекс агрегированности Лексиса, значительно превышающий 1, что

свидетельствует об агрегированном характере распределения орибатид (λ = 8,88).

Анализ структуры доминирования сообществ панцирных клещей показывает, что основу населения орибатид исследуемых участков парка составляют доминанты

– *Medioppia obsoleta* (Paoli, 1908) (25,33 %),

– *Tectocepheus velatus* (Michael, 1880) и

– *Protoribates capucinus* (Berlese, 1908) (по 16,44 %).

К субдоминантам относится 3 вида (на их долю приходится 20,00 %). К редким отнесены 8 видов рецедентов (16,89 %) и 8 видов субрецедентов (4,89 %).

Исследуемые сообщества панцирных клещей представлены всеми основными жизненными формами. Основу населения составляют

– обитатели мелких почвенных скважин (39,56 %) и

– вторично неспециализированные формы (32,88 %).

Доля глубокопочвенных форм – 10,22 %, обитатели толщи подстилки составили 9,33 %, обитатели поверхности почвы – 7,11 %.

Первично неспециализированные формы вносят небольшой вклад в соотношение жизненных форм орибатид.

Оценка состояния окружающей среды проведена по интегральному показателю сообществ панцирных клещей [5].

В результате проведенного анализа экологическое состояние на территории парка оценено как *условно нормальное* (I уровень – 21 балл), что, по-видимому, связано с невысокой рекреационной нагрузкой в ранневесенний период.

Список литературы

1. Буланова-Захваткина, Е. М. Панцирные клещи – орибатиды / Е. М. Буланова-Захваткина. – М.: Высш. шк., 1967. – 254 с.
2. Мэгарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение: пер. с англ. / Э. Мэгарран. – М.: Мир, 1992. – 184 с.
3. Панцирные клещи: морфология, развитие, филогения, экология, методы, исследования, характеристика модельного вида *Nothrus palustris* C. L. Koch, 1839 / Д. А. Криволуцкий, Ф. Лебрен, М. Кунст и др. / Под ред. Д. А. Криволуцкого. – М.: Наука, 1995. – 224 с.
4. Парк Н. А. Вознесенского в Енакиево. [Электронный ресурс]. https://interesnoe.me/source-32205256/post-1413683 (дата обращения: 22.06.2026).
5. Штирц, А. Д. Оценка влияния антропогенной нагрузки на экосистемы с использованием интегрального показателя сообществ панцирных клещей / А. Д. Штирц // Acta Biologica Sibirica. – 2015. – № 1 (1–2). – С. 51–66. – DOI 10.14258/abs.v1i1-2.782. – EDN VZLPGB.
6. Engelmann, H.-D. Zur Dominanzklassifizierung von Bodenarthropoden / H.-D. Engelmann // Pedobiologia. – 1978. – Bd. 18, Hf. 5/6. – S. 378–380.

Физиология растений и грибов, микробиология, биотехнология

УДК 664.8.037.3: 577.15

ГИДРОЛИЗ ЯБЛОЧНОГО ПЕКТИНА ФЕРМЕНТНЫМ ПРЕПАРАТОМ ПЕКТИНАЗ ГРИБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Загнитко Ю.П., ORCID 0009-0002-7487-0108
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
upzagnitko@mail.ru

Переработка яблочных выжимок для получения пектина – важная задача современной биотехнологии, однако традиционная кислотная экстракция экологически небезопасна и энергозатратна. Ферментативный гидролиз с применением грибных пектиназ выступает «зеленой» альтернативой, обеспечивая мягкие условия и высокую специфичность процесса. Это позволяет целенаправленно модифицировать структуру пектина, получая ценные низкомолекулярные фракции, а также повышает эффективность сокового производства. Исследование данного гидролиза актуально для создания ресурсосберегающих биотехнологий и получения функциональных ингредиентов из агроотходов [2]. На сегодняшний день наиболее полно описаны свойства внеклеточных ферментов пектиназного комплекса грибов рода *Aspergillus* [3]. Поэтому изучение свойств комплекса пектиназ высших съедобных грибов является весьма актуальным.

Цель работы – провести сравнительный анализ гидролитической способности ферментного препарата экзополигалактуроназы (Экзо-ПгС) культуры гриба *Lentinula edodes* 480 и коммерческого препарата пектиназ при гидролизе яблочного пектина.

Для обработки сока использовали 0,1; 0,5 и 1 %-ный раствор ферментного препарата Экзо-ПгС из культуры гриба *L. edodes* 480 в ацетатном буфере при значении pH 4,8. Результатом такой ферментной обработки будет распад молекул пектиновых веществ до галактуроновой кислоты, которая не осаждается. Для сравнительной оценки эффективности использования полученного ферментного препарата Экзо-ПгС брали раствор коммерческого ферментного препарата «Пектиназа (полигалактуроназа)» (ООО «Биопрепарат», Россия) (КФП) в тех же концентрациях. В качестве контроля использовали 0,1; 0,5 и 1%-ный рабочий раствор яблочного пектина (ЯП), не содержащий ферментный препарат. Кинематическую вязкость продуктов гидролиза яблочного пектина определяли по ГОСТу 33–2016 [1]. Выбранное для расчета активности время реакции (30 мин) и температура (20 °С) примерно соответствует среднему времени и температуре, которые реально

используются при таких измерениях. Экспериментальные данные по определению кинематической вязкости ферментного препарата Экзо-ПгС из культуры гриба *L. edodes* 480 представлены на рисунке.

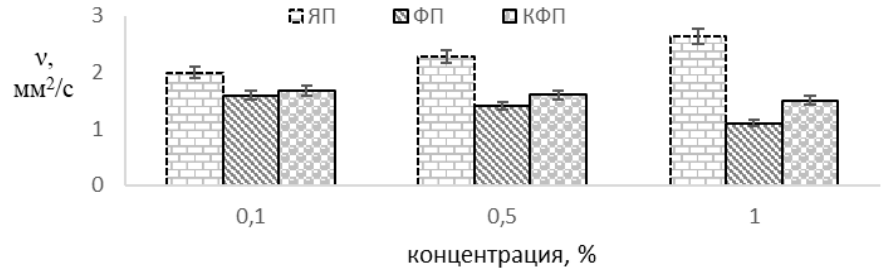


Рис. – Кинематическая вязкость продуктов гидролиза яблочного пектина ферментными препаратами разных концентраций

Результаты изучения кинематической вязкости показали, что при 0,5- и 1 %-ной концентрации ферментного препарата степень гидролиза яблочного пектина была достоверно выше при действии полученного препарата Экзо-ПгС культуры гриба *L. edodes* 480, чем при действии коммерческого препарата «Пектиназа». Но следует отметить, что гидролитическая способность 1%-ного раствора ферментного препарата Экзо-ПгС культуры гриба *L. edodes* 480 при гидролизе яблочного пектина в 1,5 раза выше по сравнению с коммерческим препаратом такой же концентрации. При 0,1 %-ной концентрации ферментных препаратов достоверных отличий в кинематической вязкости яблочного пектина, обработанного как полученным, так и коммерческим ферментными препаратами пектиназ, не выявлено.

Вискозиметрически определенная активность главным образом отражала деполимеризующее действие пектиназ гидролитического типа действия. Таким образом, можно утверждать о возможности использования культуры гриба *L. edodes* 480 в качестве промышленного продуцента пектолитических ферментов, которые могут быть использованы в переработке отходов плодово-ягодного сырья. Очищенные пектолитические ферменты данного продуцента могут стать технологическим вспомогательным средством с высокой эффективностью осветляющим соки и сокосодержащие продукты, увеличивающим скорость фильтрации.

Список литературы

1. ГОСТ 33-2016. Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости. М.: Стандартинформ, 2017. – 45 с.
2. Кондратенко В.В. Развитие научных основ получения пектина и пектиносодержащих продуктов: автореф. дис. … д. тех. наук: 4.3.5 Биотехнология продуктов питания и биологически активных веществ, 4.3.3 Пищевые системы. – М., 2024. – 52 с.
3. Сулейменова Ж. Б. Биосинтез пектинрасщепляющих ферментов микромицетами рода *Aspergillus* / Ж. Б. Сулейменова, Ж. К. Рахметова, А. Е. Нурлыбаева // Биотехнология. – Теория и практика. – 2012. – № 3. – С. 72–76.

УДК 502.572: 504.05

ИНДЕКС ТОЛЕРАНТНОСТИ ЛЮЦЕРНЫ (*MEDICAGO SATIVA* L.) ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ СВИНЦОМ И ЦИНКОМ

Иванова Е.А.,
Фрунзе О.В., канд. тех. наук, доц., ORCID 0000-0003-1082-7012
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
lizaivanova2138666@mail.ru

Из числа поллютантов, негативно влияющих на живые системы, тяжёлые металлы заслуживают отдельного внимания из-за своей высокой токсичности и способности накапливаться в окружающей среде. Свинец и цинк – одни из опасных представителей этой группы. Их поступление в почву связано с выбросами промышленных предприятий, обработкой полей пестицидами, другими видами антропогенной нагрузки, а в Донецкой Народной Республике проблема усугубилась в последние годы в связи с интенсивными боевыми действиями. Проникая в растение через корневую систему, эти элементы разносятся по тканям и органам, включая листья, стебли и генеративные органы. Такое накопление нарушает нормальный ход физиологических реакций, что в итоге отражается на росте и развитии растительного организма [1, 2].

В экологических и агрономических исследованиях для количественной оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям применяют индекс толерантности. Он позволяет судить о том, насколько успешно растение справляется с такими стрессорами, как засуха, засоление, экстремальные температуры или загрязнение почвы тяжёлыми металлами. Особое место среди подобных метрик занимает индекс Уилкинсона, который характеризует адаптивный потенциал вида в стрессовой среде. С его помощью можно определить, способно ли конкретное растение выживать и нормально развиваться при действии неблагоприятных факторов [3, 4].

Целью работы было изучение изменения индекса толерантности Люцерны (*Medicago sativa* L.) в условиях загрязнения почвы ионами свинца и цинка.

В качестве объекта исследования нами была выбрана Люцерна (*Medicago sativa* L.).

В качестве загрязнителей использовались сульфат свинца и сульфат цинка по стехиометрическому отношению. Концентрации свинца составляли 0-1ПДК-2ПДК, цинка 0-1ПДК-2ПДК. Выращивание велось на протяжении тридцати дней, продолжительности светового дня 14 часов, при температуре 20-22 °С и влажности почвы около 70% полной влажности. В каждый сосуд вносилось по 350 г почвы, просеянной через почвенное сито

с диаметром отверстий 3 мм, в которую предварительно вносились сульфат свинца и сульфат цинка согласно схеме эксперимента.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что присутствие ионов тяжёлых металлов в почве подавляет индекс толерантности у *Medicago sativa* L. Так, при добавлении свинца в концентрации 1 ПДК изучаемый показатель оказался на 21% ниже контроля (вариант 2). Интересно, что при увеличении дозы до 2 ПДК снижение составило уже 10% (вариант 3), что может говорить о нелинейном характере токсического эффекта. При внесении 1 ПДК цинка индекс толерантности, по сравнению с контролем, вырос на 2% (вариант 4). При совместном внесении свинца и цинка по 1 ПДК индекс толерантности уменьшался на 42% (вариант 5), также при совместном внесении 2 ПДК свинца и 1 ПДК цинка индекс толерантности уменьшался на 42% (вариант 6). При отдельном внесении 2 ПДК цинка индекс толерантности уменьшался на 57%, а при добавлении в этот вариант ещё 1 ПДК свинца (вариант 8) индекс толерантности уменьшался на 63%. При совместном внесении свинца и цинка по 2 ПДК индекс толерантности был меньше контрольного варианта всего на 79% (вариант 9).

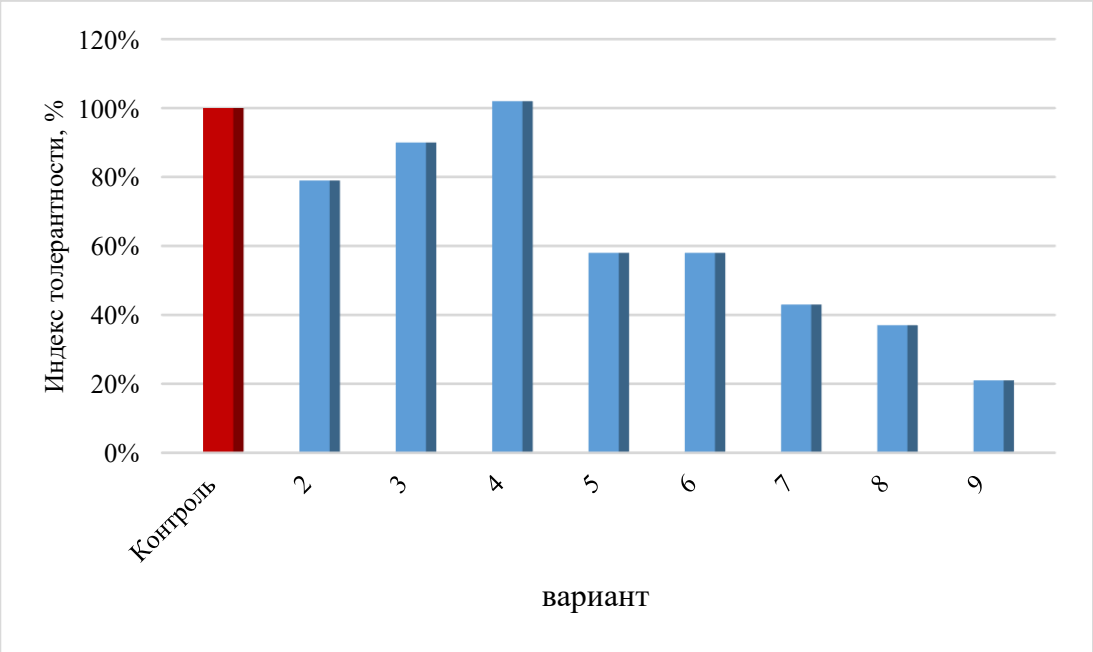


Рис. – Индекс толерантности проростков Люцерны (*Medicago sativa* L.) при загрязнении почвы свинцом и цинком

Исходя из этого можно сделать вывод, что ионы тяжёлых металлов оказывают угнетающее влияние на индекс толерантности *Medicago sativa* L. При внесении 1 ПДК цинка индекс толерантности незначительно вырос (на 2%), что может указывать на нейтральное или слабостимулирующее действие цинка в малых дозах. Однако при повышении дозы цинка до 2 ПДК индекс толерантности снизился на 57%, что свидетельствует о токсическом

действии высоких концентраций. Свинец оказывал угнетающее влияние уже при 1 ПДК (снижение на 21%), а при 2 ПДК - на 10%. Совместное внесение свинца и цинка приводило к более выраженному снижению индекса толерантности по сравнению с их отдельным применением, что указывает на синергетический токсический эффект. Наибольшее снижение индекса толерантности (на 79%) наблюдалось при совместном внесении свинца и цинка по 2 ПДК.

Исходя из полученных данных можно сказать, что индекс толерантности Люцерны (*Medicago sativa* L.) указывает на чувствительность данного вида к ионам свинца и цинка. Цинк в избыточных дозах может становится токсичным. Свинец оказывает угнетающее влияние на индекс толерантности при всех концентрациях. Совместное внесение свинца и цинка оказывает синергетический токсический эффект. Проростки *Medicago sativa* L. можно рекомендовать для использования в качестве тест-культуры для диагностики и биомониторинга почв, загрязненных ионами тяжелых металлов.

Исследование представляет собой интерес для решения региональных задач по экологическому мониторингу [5–7].

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Иванищев В.В. Цинк в природе и его значение для растений // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2022. – № 2. – С. 35-49.
2. Гафаров А.Д., Убедаев Г.Г. Влияние ионов свинца и цинка на содержание пигментов и активность ферментов хлоропластов растений // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2014. – № 2. – С. 64-69.
3. Макарова Е.А., Солдатов С.А. Действие тяжёлых металлов на рост и развитие растений люцерны // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2019. – № 29. – С. 62-68.
4. Фрунзе О.В. Фитореабилитация близлежащих к автомобильным трассам территорий // Вестник Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета. – 2019. – Вып. № 2(29). – С. 59-65.
5. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
6. Неспирный, В. Н. Опыт использования математической статистики в программах по экологическому фитомониторингу // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. – Донецк. 2025. – С. 196-197. – EDN WSXNTP.
7. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.

УДК 635.9

СОРТИМЕНТ ЦВЕТОЧНЫХ КУЛЬТУР В ООО «КАЛУЖСКИЙ ЦВЕТОЧНЫЙ ХОЛДИНГ»

Кравец В.Е.,
Гончаров А.В., д-р с.-х. наук, проф., ORCID 0000-0002-8363-3844
ФГБОУ ВО МСХ РФ «Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского», г. Балашиха, РФ
arbeiten79@mail.ru

В настоящее время цветоводство в России и мире приобретает все большую популярность и перспективы развития. В нашей стране цветочная отрасль увеличивает объемы производства, расширяет сортимент этих культур, интенсивными темпами развивается питомниководство [1-6]. ООО «Калужский цветочный холдинг» начал свою «вторую жизнь» в 2021 году после выкупа инвесторами обанкротившихся теплиц бывшего агропредприятия ООО «Розовый сад» Калужской области (рис. 1).



Рис. 1. – План агропредприятия ООО «Калужский цветочный холдинг»

На сегодняшний день у комбината ООО «Калужский цветочный холдинг» в работе находится 27 га теплиц проекта Venlo (стеклянная многопролетная теплица с управляемым микроклиматом). Специализация производства предприятия опирается на круглогодичное выращивание розы на срезку. Розой в настоящее время занято 19 га (70 % от общей площади), 3 га под срезочной кустовой хризантемой, 5 га под сезонными цветами (горшечные растения, тюльпаны) (рис. 2).

Розу в хозяйстве выращивают как одноголовые сорта, так и кустовые. В производстве сортимент составляет около 50 сортов розы. Сорта одноголовой розы: Ель Торо, Ред Наоми, Аваланч разных колеров, Космик, Абигейл, Джумилия, Ноэлия и др.



Рис. 2. – Сорта розы

Наиболее распространены в хозяйстве сорта кустовой розы: Баблс (разных колеров), Марун, Каталина (разные колеры), Одилия и др. При выращивании розы применяются биологические методы защиты: выселение хищных видов клещей: амблисеус свирский, фитосейулис персимилис [3, 7].

Вода для полива используется со скважины, но наряду с этим на территории есть накопительные емкости для сбора дождевой воды. Объем одной емкости 1800 м³, объем сбора дождевой воды более 20000 м³. Для полива идет смешивание скважинной и дождевой воды в пропорции 1:1 при поливе. Стабилизация по уровню pH, добавление питательного раствора удобрений под нужный показатель Ec питания.

Роза досвечивается круглогодично и для генерации электроэнергии применяются газогенераторы. Подача магистрального газа идет как на обогрев теплом, так и на выработку электричества из расчета потребности на 1 га 1 мегаватт.

Хризантема срезочная (3 га) выращивается в хозяйстве только кустовой формы. Выход продукции в неделю составляет около 80-100 тыс. шт. цветоносных побегов.

В ассортименте следующие сорта хризантемы: Фрозен, Илонка, Пастелла. По цвету около 80-90 % выращиваются белые сорта хризантемы. В годовом графике хозяйства увеличения выхода продукции планируется на несколько праздников: 8 марта, «Последний звонок», 1 сентября, «День матери».

В хозяйстве участок «Сезонные растения» составляет 5га, на котором выращиваются горшечные комнатные растения: цикламен, бегония эллатиор, пеларгония зональная, калла, альстромерия (рис. 3).

В месяц в хозяйстве готовой продукции отгружается до 30-40 тыс. шт. В весенний период хозяйство выращивает рассаду однолетних растений, большей частью для сетевых магазинов, в объеме 700-1200 тыс. шт растений. В зимний период к «8 марта» выращиваются тюльпаны на срезку в объеме 6-8млн шт. Из опыта прошлых лет половина отгружается крупным оптовикам, половина в сетевые магазины.



Рис. 3. – Разнообразные сорта бегонии, каллы, цикламена

В ООО «Калужский цветочный холдинг» в перспективе развития планируется расширение ассортименты выращивания цветочных культур внедрение новых технологий, применение регуляторов роста и удобрений, средств защиты растений, тем самым повышая рентабельность производства, создание благоприятных условий для потребителя в виде цветочной продукции, используемой в озеленении и букетах.

Список литературы

1. Гончаров, А.В., Перспективы развития овощеводства и цветоводства в России / А.В. Гончаров, Л.Л. Носова // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. - 2009. - № 7 (12). - С. 44. - EDN OIOITV.
2. Клопов, М.И. Гормоны, регуляторы роста и их использование в селекции и технологии выращивания сельскохозяйственных растений и животных: учебное пособие / М.И. Клопов, А.В. Гончаров, В.И. Максимов. - Санкт-Петербург: Лань. - 2016. – 376 с. - ISBN: 978-5-8114-1940-1. - EDN VLRHVR.
3. Кравец, В.Е. Биоразнообразие пуансеттии в тепличной культуре / В.Е. Кравец, А.В. Гончаров // В сб.: Экологическая морфология растений: матер. XI Всеросс. конф. с междунар участием, посвящ. памяти И.Г. и Т.И. Серебряковых. - Москва: МПГУ. - 2024. - С. 234-238. - EDN IRISYY.
4. Соколова, Г.Ф. Аптекарский огород Петра I / Г.Ф. Соколова, А.С. Соколов, А.В. Гончаров, И.М. Херсонский // В сб.: Актуальные вопросы агрономической науки в современных условиях: матер. научно-практ конф. студ., асп., молодых ученых агрономического факультета. - Балашиха: РГАЗУ. - 2017. - С. 120-123. - EDN JYTXWZ.
5. Старых, Г.А. Размножение декоративных и овощных растений: учебное пособие / Г.А. Старых, А.В. Гончаров, В.А. Крючкова. Москва: РГАЗУ. - 2014. - 88 с. - EDN WLRUZT.
6. Старых, Г.А. Особенности проведения практических занятий по дисциплинам "Овощеводство" и "Цветоводство" на филиалах кафедры плодоовощеводства им. М.В. Алексеевой / Г.А. Старых, Л.Л. Носова, А.В. Гончаров // В сб.: Актуальные вопросы развития аграрного образования и науки: матер. Междунар. научно-практ. конф. - Балашиха: РГАЗУ. - 2010. - С. 62-65. - EDN VVURIH.
7. https://florentika.ru/all-year-flowers/roses_one_headed/.

УДК 635.82

ВЛИЯНИЕ МИКРОПЕРФОРИРОВАННОЙ ПЛЕНКИ СУБСТРАТНЫХ БЛОКОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ШТАММА *PLEUROTUS OSTREATUS* ЭТНА

Левищева А.И.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
alevischeva@mail.ru

Вешенка обыкновенная (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm.) – съедобный гриб, который отличается быстрым ростом и высокой урожайностью, обладает хорошими пищевыми качествами, содержит большое количество сбалансированного по аминокислотному составу белка, полиненасыщенные жирные кислоты, свободные и связанные углеводы, практически весь комплекс витаминов группы В, эргостерин, витамин Е и аскорбиновую кислоту. Плодовые тела *P. ostreatus* богаты минеральными веществами, необходимыми для нормального функционирования организма человека [1]. По объему производства плодовых тел этот гриб занимает второе место в РФ.

Согласно литературным данным [2], одним из способов повышения эффективности выращивания вешенки обыкновенной является использование микроперфорированной пленки при формировании субстратных блоков. Микроперфорации улучшают условия для развития мицелия и формирования плодовых тел.

Цель представленной работы – изучить влияние микроперфорированной пленки субстратных блоков на продуктивность быстрорастущего штамма *P. ostreatus* Этна в промышленных условиях.

Опыты были проведены на базе грибоводческого предприятия ООО «ЭкоГурман» (Ленинградская область). В эксперименте использовали комплексный субстрат следующего состава (%, мас.): солома пшеничная – 65, лузга семян подсолнечника – 25, сено люцерны – 10. Термообработку субстрата осуществляли методом пастеризации-ферментации. Приготовленный субстрат с влажностью 69% и pH 8,6 инокулировали зерновым посевным мицелием штамма *P. ostreatus* Этна (фирма Sylvan). Посевной мицелий вносили в количестве 1,5% от массы субстрата. Субстратные блоки формировали на автоматизированной линии производства субстратных брикетов с использованием черной полиэтиленовой пленки толщиной 60 мкм. Сформированные брикеты имели массу 13,5 кг, габаритный размер 22×28×70 см, плотность 0,31 кг/литр. В контрольных образцах субстратных блоков использовали неперфорированную пленку, в опытных образцах пленка содержала равноудалённые микроперфорации в шахматном порядке, нанесенные

производителем пленки (ООО «Пакетный двор», г. Санкт-Петербург) методом холодной иглы в количестве 400 штук на дециметр квадратный, диаметр микропор составил 500 мкм. В культивационных камерах на пленку каждого контрольного и экспериментального блока с двух противоположных больших сторон наносили прорези равносторонним треугольным набойником в количестве 10 штук с высотой 6 см. По предварительным расчетам площадь открытой поверхности брикетов в контроле составила 2,5%, в эксперименте – 3,3% от площади поверхности блока.

Гриб *P. ostreatus* Этна культивировали по однозональной системе в культивационной камере площадью 200 м^2 с ранее оптимизированным контролируемым микроклиматом для исследованного штамма вешенки.

В ходе эксперимента нами обнаружено, что в экспериментальных образцах субстратных блоков первые примордии вешенки обыкновенной появились на 3-е суток позже, чем в контроле. Однако морфогенез плодовых тел протекал с одинаковой скоростью. Увеличение продолжительности вегетативной фазы развития гриба при использовании микроперфорированной пленки, по-видимому, связано с уменьшением физиологической активности мицелия в период инкубации из-за уменьшения влажности субстрата. Иссушение субстрата происходило в результате интенсивного испарения воды в экспериментальных образцах субстратных блоков. На 11-е сутки инкубации масса субстратных блоков уменьшилась в 3,9 раза больше, чем в контроле. В условиях пониженной влажности субстрата мицелий не смог нормально поглощать питательные вещества, и общая урожайность плодовых тел существенно снизилась. В первую волну плодоношения она составила 6,59±0,84% от массы сырого субстрата, что в 3,3 раза было меньше, чем в контроле.

Таким образом, исследованная суммарная площадь микроперфораций пленки субстратных блоков способствовала интенсивному испарению воды из растительного субстрата, что привело к существенному снижению урожайности вешенки обыкновенной. Завязывание примордиев в микроперфорациях свидетельствовало об их избыточном диаметре. Следовательно, исследованные параметры микроперфораций полиэтиленовой пленки, использованной для формирования субстратных блоков, не пригодны для получения плодовых тел *P. ostreatus* Этна товарного качества в макроперфорациях.

Список литературы

1. Гарибова Л. В. Выращивание грибов / Л. В. Гарибова. – М.: Вече, 2005. – 95 с. – ISBN 978-5-9533-0729-1.
2. Ухарцева И. Ю. Полимерные упаковочные материалы для пищевой промышленности: классификация, функции и требования (обзор) / И. Ю. Ухарцева, Е. А. Цветкова, В. А. Гольдаде // Пластические массы. – 2019. – №9-10. – С. 56–64.

УДК 635.82

ИЗУЧЕНИЕ РОСТА МИЦЕЛИЯ ГРИБА *LENTINULA EDODES* (ШИИТАКЕ) НА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ

Мягкова А.С., ORCID 0009-0002-7690-2281,
Песцов Г.В., д-р с.-х. наук, проф., ORCID 0000-0002-3877-0102
ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого», г. Тула, РФ
info@tolstovsky.ru

Гриб *Lentinula edodes* (Berk.) Pegler (шиитаке) является одним из наиболее ценных представителей съедобных и лекарственных грибов, широко применяемых в пищевой промышленности, медицине и биотехнологии. Высокая питательная ценность, наличие биологически активных соединений делают данный вид перспективным объектом для промышленного культивирования. Шиитаке является сапротрофом, чаще всего растет на мертвой древесине лиственных пород деревьев. В основном его выращивают в Китае, Корее и многих других азиатских странах [1, 2].

Для выращивания шиитаке и других высших базидиомицетов используют питательные среды различного состава. При этом используют стандартные питательные среды, такие как картофельно-сахарозный агар, сусло-агар, среда Чапека-Докса и среды с добавлением экстрактов сельскохозяйственных отходов – пшеничной соломы, кукурузной ботвы, створок гречихи, рисовой муки, древесных опилок и др. Помимо упомянутых питательных сред можно использовать в качестве питательных компонентов растительные жмыхи которые образуются в результате переработки сельскохозяйственной продукции [4, 3].

Яблочный жмых является побочным продуктом производства яблочного сока. В химический состав яблочного жмыха входит целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, простые сахара представлены глюкозой, фруктозой галактозой. Минеральный состав включает фосфор, кальций, магний и железо. [5]. Свекловичный жом представляет собой побочный продукт сахарной промышленности. В свекловичном жоме, как и в яблочном жмыхе содержится целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, а также пектиновые вещества и белок. Кроме того, свекловичный жом содержит витамины B_1, B_2, B_3 и B_5 и минеральные элементы. Данные вторичные продукты могут использоваться как перспективный компонент для приготовления питательных сред для выращивания чистой культуры мицелия вида *Lentinula edodes* [6].

Цель данной работы – изучить рост мицелия шиитаке на питательных средах с добавлением свекловичного жома и яблочного жмыха и определить их концентрации в питательных средах.

Для изучения роста мицелия гриба *L. edodes* были подобраны питательные среды с добавлением водного экстракта свекловичного жома и яблочного жмыха в разных концентрациях - 25%, 50%, 75% и 100%, которые стерилизовали в автоклаве при 1,2 атм. в течение 90 минут, в качестве контроля использовали картофельно-сахарозный агар. Стерильные питательные среды разливали в чашки Петри и проводили инокуляцию мицелием гриба шиитаке в асептических условиях. Чашки Петри помещали в термостат на 7 суток при температуре 24°С, замеры диаметра колонии проводили на 3, 5, и 7 сутки. Плотность колонии мицелия оценивали по шкале: 1 – редкая; 2 – средняя; 3 – плотная.

Ростовой коэффициент (РК) высчитывали по формуле [7]:

$$РК = \frac{d \times h \times g}{t}$$

где РК – ростовой коэффициент; d – диаметр колонии; h – высота колонии; t – возраст колонии; g – плотность колонии, балл. Замеры проводили на 3, 5 и 7 сутки. Повторность опыта 8-ми кратная. Результаты исследования представлены в таблице.

Таблица

Изучение роста и развития мицелия гриба *L. edodes* на питательных средах свекловичный жом и яблочный жмых разных концентраций

№	Питательные среды	Диаметр колонии, мм			% к контролю	Плотность колонии, балл	Ростовой коэффициент
		3 сутки	5 сутки	7 сутки			
1	Контроль – картофельно-сахарозный агар	28,3±2,26	42,4±3,47	59,2±5,46	100	3	50,7
2	Яблочный жмых 25%	17,2±1,65	29,3±2,75	45,2±4,21	76	2	12,9
3	Яблочный жмых 50%	16,3±1,52	26,7±2,42	40,3±3,88	68	2	11,5
4	Яблочный жмых 75%	13,1±1,04	21,4±2,08	29,3±2,75	49	1	4,2
5	Яблочный жмых 100%	10,1±0,79	14,3±1,29	20,0±1,92	34	1	2,8
6	Свекловичный жом 25%	14,2±1,24	22,3±1,87	30,1±2,99	51	2	17,2
7	Свекловичный жом 50%	23,0±2,08	36,1±3,25	50,3±4,79	85	3	43,1
8	Свекловичный жом 75%	28,2±2,75	52,4±5,17	75,1±7,18	126	3	64,4
9	Свекловичный жом 100%	11,1±0,72	15,2±1,24	25,1±2,34	42	2	7,2

Анализируя данные таблицы, удалось установить, что на питательной среде с добавлением свекловичного жома 75% наблюдали наилучший рост

и развитие мицелия гриба шиитаке, где на 7-е сутки радиальный рост был 75,1 мм, а плотность оценивали в 3 балла, ростовой коэффициент был выше, чем в контроле. Несколько хуже мицелий развивался на питательной среде добавлением экстракта свекловичного жом 50%, где на 7-е сутки радиальный рост достиг 50,3 мм, но плотность была высокой. При повышении (100%) и понижении (25%) концентрации свекловичного жома наблюдали значительное ухудшение роста и развития мицелия шиитаке.

На питательной среде яблочный жмых всех концентраций наблюдали медленный рост и развитие мицелия *L. edodes*. Максимальное значение радиального роста зафиксировали на питательной среде яблочный жмых 25%, где на 7-е сутки достиг значения 45,2 мм, плотность оценивали в 2 балла, а значение ростового коэффициента достигло 12,9. При повышении концентрации рост мицелия значительно ухудшался. Это может быть связано с наличием в составе яблочного жмыха полифенолов, которые могут ингибировать рост мицелия грибов при концентрации более 25%.

Таким образом, при изучении роста мицелия гриба *Lentinula edodes* на питательных средах с добавлением свекловичного жома и яблочного жмыха разных концентраций, было установлено, что на среде с добавлением свекловичного жома 50% и 75% наблюдали хороший рост мицелия, что в дальнейшем можем служить основой для выращивания шиитаке на субстратах с добавление данного отхода. На питательной среде с добавлением яблочного жмыха наблюдали медленный рост на концентрациях выше 25%, что свидетельствует о дальнейшем изучении данных питательных сред в концентрациях менее 25%.

Список литературы

1. Гарибова, Л.В. Выращивание грибов. Москва: «Вече», 2005. – 95 с.
2. Морозов, А. И. Вешенка. Шампиньон. Сиитаке. Выращивание, переработка, применение. Донецк: ООО «Агентство Мульти-пресс», 2011. – 288 с.
3. Кислухина, О.В. Биотехнологические основы переработки растительного сырья. – Каунас, 1997. – 182с.
4. Worrall, J. J. Shiitake and Oyster Mushroom Production on Apple Pomace and Sawdust / J. J.Worrall, C. S. Yang // HortScience, 2019. – Vol.27. – No.10. – pp. 1131-1133.
5. Park, Y.-J. Overproduction of Laccase by the White-Rot Fungus Pleurotus ostreatus Using Apple Pomace as Inducer / Y.-J. Park, D.-E. Yoon, O-C. Kwon, Y.-B. Yoo, W.-S. Kong, L. C. Soo // Mycobiology. – 2014. – Vol.42. – No.2. – pp. 193-197
6. Палюшок, О.А. Новое сырье для культивирования Laetiporus sulphureus / Палюшок О.А., Чуднивец А.Н., Дзыгун Л.П. // Scientific research and their practical application. Modern state and ways of development. – 2013. – С. 1-6.
7. Бухало, А. С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре / Киев: Наукова думка, 1988. – 143 с.

УДК 663.91

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОРЕХОВОГО СЫРЬЯ В РЕЦЕПТУРЕ КОРПУСА ШОКОЛАДНЫХ КОНФЕТ

Неустроев А.П., ORCID 0009-0008-1480-0603
Тимакова Р.Т., д-р. техн. наук, проф., ORCID 0000-0002-4777-1465
ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет»,
г. Екатеринбург, РФ
anton_neustroev@bk.ru, timakrt@usue.ru

Кондитерская отрасль находится в условиях нарастающего сырьевого дефицита: начиная с конца 2024 мировые цены на какао –бобы устойчиво росли и в конце 2025 г превысили отметку в 12 тыс. долларов за тонну. В этих условиях возрастает интерес к вовлечению в рецептуру конфет вторичных ресурсов и нетрадиционного растительного сырья [1].

Наиболее масштабный побочный продукт шоколадного производства – какаовэлла (оболочка какао-бобов), составляющая 10-15% массы боба. Ключевое технологическое ограничение – высокая твердость и абразивность какаовэллы [2].

Мякоть (пульпа), окружающая семена в плоде какао, составляет 5-10% массы плода, из тонны можно получить 100-150 л сока. Разработана технология, согласно которой из кожистой оболочки и полученного сока получают пектиновый послащивающий гель [3].

Кэроб рассматривается как заменитель какао-порошка и частично сахара в составе шоколада и конфет без потери вкуса и цвета. Для технологии корпусов значимы 2 момента: кэроб придает массе вязкость и блеск за счет природной камеди (загустителя) и позволяет сократить закладку сахара [4].

Введение перетертых орехов в помадные массы влияет на изменение консистенции от мелкокристаллической до пластичной в зависимости от количества их внесения [5].

Виноградные косточки – типичный вторичный ресурс виноделия. Для корпусов конфет значение имеет ограниченность дозировок: частицы косточки имеют прочную структуру, при помоле 50-60 мкм ощущается хруст при разжевывании, что ограничивает ввод тонкодисперсного порошка [6].

В связи с этим целью данной работы является частичная замена какао-масла на тертый кедровый орех как отечественного сырья для импортозамещения.

Добавление тертого кедрового ореха частично заменяющего какао-масло обусловлено получением шоколадного корпуса с введением отечественного сырья, влияющим на органолептические показатели.

Органолептические показатели определяли по ГОСТ 4570-2014.

Фото контрольного и опытного образца с дозировкой 5% представлено на рисунке.

Таблица

Рецептура шоколадного корпуса с заменой какао тёртого на тертый кедровый орех

Наименование сырья	Контрольный образец	Опытные образцы		
		№1	№2	№3
Сахарная пудра	35,20	35,20	35,20	35,20
Какао-масло	23,60	22,42	21,24	20,06
Молоко цельное сухое	15,87	15,87	15,87	15,87
Тертое какао	15,7	15,7	15,7	15,7
Тертый кедровый орех	-	1,18	2,36	3,54
Вода	9,63	9,63	9,63	9,63
Выход	100,0	100,0	100,0	100,0

По результатам органолептической оценки вкус и запах контрольного и опытного образца свойственен основному составу, без посторонних нот.

Форма контрольного и опытного образцов выполнена в виде полусферы.



а



б

Рис. – Контрольный и опытные образцы шоколадного корпуса с частичной заменой какао тертого на тертый кедровый орех

а – контрольный образец, б – опытный образец № 1 с частичной заменой воды на тертый кедровый орех дозировкой 5%

Внешний вид контрольного и опытного образцов представлен виде наружной и внутренней стороны. Наружная сторона контрольного и опытного образцов с глянцевой поверхностью без следов поседения, внутренняя сторона с равномерным распределением основных компонентов и вводимого тертого кедрового ореха.

По результатам органолептической оценки вкус и запах контрольного и опытного образца свойственен основному составу, без посторонних нот.

Форма контрольного и опытного образцов выполнена в виде полусферы.

Внешний вид контрольного и опытного образцов представлен виде наружной и внутренней стороны. Наружная сторона контрольного и опытного образцов с глянцевой поверхностью без следов поседения, внутренняя сторона с равномерным распределением основных компонентов и вводимого тертого кедрового ореха.

Таким образом, установлена возможность частичной замены тертого кедрового ореха без изменения органолептических показателей в политике импортозамещения дорогостоящего продовольственного сырья.

Список литературы

1. Магомедов Г.О., Магомедов М.Г., Плотникова И.В., Шевякова Т.А., Плотников В.Е. Разработка технологии функциональных помадных конфет пребиотического действия с использованием порошка из жома топинамбура // Вестник ВГУИТ. – 2024. – Т. 86. №№ 3. – С. 73-82.
2. Sánchez M., Laca A., Laca A., Díaz M. Cocoa Bean Shell: A By-Product with High Potential for Nutritional and Biotechnological Applications. Antioxidants (Basel). – 2023 – 12(5):1028. DOI 10.3390/antiox12051028.
3. Mishra K, Green A, Burkard J, Gubler I., Borradori R., Kohler L, Meuli J., Krähenmann U., Bergfreund J, Siegrist A, Schnyder M, Mathys A, Fischer P, Windhab EJ. Valorization of cocoa pod side streams improves nutritional and sustainability aspects of chocolate. Nat. Food. – 2024 May;5(5):423-432. DOI 10.1038/s43016-024-00967-2.
4. Fidan, H., Stankov, S., Petkova, N. *et al.* Evaluation of chemical composition, antioxidant potential and functional properties of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds. *J. Food Sci. Technol*. 57, 2404–2413 (2020). DOI 10.1007/s13197-020-04274-z.
5. Тимакова Р.Т. Технологические риски при производстве кондитерских изделий / Р. Т. Тимакова, А. П. Неустроев, Ю. В. Ильюхина, Е. В. Пастушкова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2026. – Т. 15, № 2(74). – С. 180-187. – EDN KXTTUB.
6. Габдукаева, Л. З. (2024). Разработка технологии мучных кондитерских изделий, обогащенных эссенциальными нутриентами. Хранение и переработка сельхозсырья, 32(2), 116-132. DOI 10.36107/spfp.2024.2.457

УДК 635.82

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГРИБА *CYCLOCYBE CYLINDRACEA* (DC.) VIZZINI & ANGELINI

Павлова А.М.,
Демченко С.И., канд. биол. наук, доц., ORCID 0009-0002-4868-5988
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
sdemch5@mail.ru

В настоящее время для расширения ассортимента культивируемых грибов российские производители грибной продукции стали уделять большое внимание экзотическим видам базидиомицетов, которые обладают не только высокой питательной ценностью, но и лечебно-профилактическими свойствами. К такой группе макромицетов относится гриб *Cyclocybe cylindracea* (DC.) Vizzini & Angelini (опенок тополиный) [1]. Крупнейшими производителями этого гриба являются Китай и Италия [2].

В Российской Федерации опенок тополиный выращивают в небольшом объеме [3], т.к. ещё не разработана оптимальная технология приготовления субстратов из местного растительного сырья для производства плодовых тел этого базидиомицета.

Цель представленной работы – совершенствование приемов искусственного выращивания гриба *C. cylindracea* на основе применения органических добавок с целью повышения его продуктивности.

В качестве объекта исследования использовали штамм *C. cylindracea* 4022, выделенный в чистую мицелиальную культуру из коммерческого посевного мицелия фирмы Sylvan China (Китай). Чистые культуры гриба хранятся в коллекции базидиальных грибов кафедры физиологии растений ДонГУ при температуре +4 ºС на картофельно-глюкозном агаре и пересеваются с проверкой на чистоту один раз в год.

Для оценки плодообразовательной активности и урожайности нового промышленного штамма *C. cylindracea* 4022 нами были использованы стерильный однокомпонентный субстрат из лузги семян подсолнечника (контроль) и комплексные субстраты из лузги семян подсолнечника, обогащенной пшеничными отрубями (СК1), кукурузной мукой (СК2), соевой мукой (СК3), травяной мукой из топинамбура (СК4) и травяной мукой из люцерны (СК5). Органические добавки вносили в количестве 10 % от массы сухого субстрата.

В ходе наших исследований обнаружено, что на всех исследованных стерильных субстратах наблюдалась 100%-я приживаемость мицелия твердофазной культуры штамма *C. cylindracea* 4022. При этом полное обрастание мицелием всех комплексных субстратов происходило на 1-3 суток раньше, чем в контроле. Быстрее всего мицелий опенка тополиного

колонизировал субстраты из подсолнечной лузги, обогащенной травяной мукой из топинамбура и кукурузной мукой. В этих вариантах опыта обрастание стерильных субстратов мицелием завершилось на 11-е сутки культивирования, что на 3-е суток быстрее, чем в контроле.

У твердофазной культуры штамма *C. cylindracea* 4022 в лабораторных условиях наблюдалась способность к плодообразованию на всех исследованных стерильных субстратах из растительного сырья. Однако наибольшее количество примордиев (зачатков плодовых тел) появилось в стеклобанках с подсолнечной лузгой, обогащенной соевой мукой – около 25 штук. На остальных субстратах примордиев было в 1,5–2,0 раза меньше. Спустя 3 суток после их появления часть примордиев деформировались и уменьшались в размерах. В дальнейшем в каждой стеклобанке развивались и росли по 5–14 плодовых тел.

Все исследованные субстратные композиции обеспечивали более раннее начало плодоношения гриба *C. cylindracea* 4022, чем в контроле. Наиболее короткий срок образования примордиев (32 сут.) зафиксирован при выращивании гриба на субстратах СК1, СК2, СК3 и СК5, а наиболее длительный (35 сут.) – на субстрате СК4. Благодаря одинаковой продолжительности морфогенеза плодовых тел (10 суток), самый короткий технологический цикл культивирования опенка тополиного также был обнаружен при использовании СК1, СК2, СК3 и СК5 (около 42 суток), что на 7 суток короче, чем в контроле.

Промышленный штамм *C. cylindracea* 4022 на всех исследованных субстратах образовывал одинаковые по окраске и форме плодовые тела. Молодые плодовые тела имели выпукло-колокольчатую форму шляпок с умеренно подвёрнутым краем. У старых экземпляров форма шляпок приобретала вогнуто-распростертую форму. Окраска шляпок в молодом возрасте была темно-коричневой, чаще однотонной. С увеличением возраста плодовых тел она становилась светло-коричневой, иногда более светлой к краю. Поверхность шляпок была шелковистой, голой, у взрослых экземпляров в центре появлялась характерная для этого вида сеточка трещинок.

Ножка плодовых тел была цилиндрической, плотной, слегка чешуйчатой, кремовой, с коричневатым оттенком, с высоко расположенным стойким белым кольцом. В плотных группах плодовых тел ножка была достаточно тонкой и длинной, иногда изогнутой или искривленной, часто сплющенная у основания. У грибов, растущих небольшой группой, ножка была более толстой, иногда короткой, но чаще длинной.

Размеры плодовых тел опенка тополиного существенно варьировали в зависимости от состава субстратов. При одинаковой толщине шляпки, которая составила 10 ± 1 мм во всех вариантах опыта, в общей высоте плодовых тел ключевым фактором являлась длина ножки. Наибольший этот биометрический показатель обнаружен у плодовых тел, выросших на СК2

(68,9 ± 1,6 мм). На остальных комбинированных субстратах были получены плодовые тела, длина ножек которых достоверно не отличалась от контроля.

Наибольший диаметр ножки (11,0 ± 0,2 мм) имели базидиомы, произрастающие на СК1. У плодовых тел опенка тополиного, полученных на субстратах СК2 и СК5, диаметр ножки также был в 1,1-1,2 раза больше, чем в контроле. Однако они уступали по данному биометрическому показателю плодовым телам, выросшим на СК1. Наименьший диаметр ножки (5,4 ± 0,2 мм) обнаружен у плодовых тел, собранных на СК3, причем ножка была тоньше в 1,3 раза, чем в контроле. В этом варианте опыта диаметр шляпки (20,5 ± 0,4 мм) и вес плодового тела (2,7 ± 0,4 г) также были меньше в 1,2 раза, чем в контроле. Это, по-видимому, связано с тем, что на растительном субстрате, обогащенном соевой мукой, образуется большое количество плодовых тел, которые конкурируют за субстрат питания. Рецептура субстратов СК1 и СК2 обеспечивала наибольшую среднюю массу плодовых тел (5,1-5,9 г) и диаметр шляпки (33,4-34,8 мм). Эти биометрические показатели были в 1,4 и 1,8 раза соответственно больше, чем в контроле.

Наибольшая урожайность плодовых тел промышленного штамма *C. cylindracea* 4022 в первую волну плодоношения наблюдалась при твердофазном культивировании гриба на стерильном субстрате из лузги семян подсолнечника, обогащенной кукурузной мукой (СК2), и составила 12,5%, что в 1,9 раза больше, чем в контроле. Несмотря на ранние сроки плодоношения на субстратах из лузги семян подсолнечника, обогащенной пшеничными отрубями (СК1), соевой мукой (СК3) и травяной мукой из люцерны (СК5), опенок тополиный на этих субстратных композициях образовывал биомассу плодовых тел в 1,3 раза меньше, чем на СК2, но в 1,4 раза больше в сравнении с контролем.

На основании проведенных исследований для культивирования штамма *C. cylindracea* 4022 по стерильной технологии рекомендована субстратная композиция из лузги семян подсолнечника, обогащенной кукурузной мукой, на которой плодовые тела товарного качества появились на 42-е сутки после инокуляции, урожайность составила 12,5% от массы субстрата.

Список литературы

1. Иванов А. И. Круглоголовка цилиндрическая (*Cyclocybe cylindracea*) – вид, перспективный для российского грибоводства / А. И. Иванов, А. С. Растова, С. А. Сашенкова, Ю. В. Корягин // Нива Поволжья. – 2018. – № 3 (48). – С. 20–25.
2. Хренов А. В. Грибоводство за рубежом. Новые вызовы крупнейшей грибной индустрии мира / А. В. Хренов // Школа грибоводства. – 2023. – № 6 (144). – С. 18–35.
3. Чернявская О. В. Культивирование тополиного опенка на стерильном лузговом субстрате / О. В. Чернявская, А. Д. Тищенков // Школа грибоводства. – 2024. – № 1 (145). – С. 80–85.

УДК 637.1

БИОРЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ

Подсекалова Н.В., ORCID 0000-0001-5809-1396
ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Туган-Барановского», г. Донецк, РФ
nadya.efr10@mail.ru

Федеральный закон от 12.06.2008 № 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» включает определение: «вторичное молочное сырьё — это побочный продукт переработки молока, молочный продукт с частично утраченными идентификационными признаками или потребительскими свойствами (в том числе отозванный в пределах срока годности, но при этом соответствующий требованиям безопасности к продовольственному сырью), который предназначен для использования после переработки». Следовательно, закон признаёт сыворотку таким сырьём, задаёт требования к её безопасности и дальнейшей переработке.

Цель – рассмотреть современное состояние вопроса изучения молочной сыворотки (МС). Привести свойства МС, химический состав, классификацию, подчеркнуть целесообразность использования содержащихся ценных компонентов сухого вещества и необходимость разработки новейших технологий.

Молочная сыворотка представляет собой побочное сырье (вторичный молочный продукт) при производстве сыров, творога, казеина и ультрафильтратов с высоким содержанием органических и минеральных веществ, имеющее высокую питательную ценность. Зачастую сыворотку сливали или использовали лишь для откорма животных, поскольку считали её отходом. Однако данный продукт является источником сывороточных белков для пищевого, биологического применения в качестве функциональных продуктов, имеет в своём составе лактозу, минеральные вещества, витамины. Поскольку МС является вторичным сырьём с высокой пищевой ценностью, вырабатываемым в больших объёмах при производстве различных молочных продуктов, используется в пищевой и перерабатывающей промышленности. При производстве сыра около 50% молочной сыворотки используется в переработке в различные продукты питания и кормовые добавки. Половина этого объёма используется в жидкой форме, 30% в виде сывороточного порошка, 15% в виде лактозы, остальное вырабатывается в виде белковых концентратов. В таблице представлен анализ различных видов сыворотки с указанием пищевой ценности [1, 2].

Минеральный состав МС имеет широкий спектр макро- и микро - элементов, которые с биологической точки зрения разнообразны, в

частности: калий, натрий, кальций, магний. Минеральные компоненты представлены диссоциирующими веществами: $Ca_3(PO_4)_2$, $CaCl_2$ Na_2CO_3, K_2CO_3 $K(H_2PO_4)$, $K_3(C_6H_5O_7)$, $MgHPO_4$.

Микроэлементы представлены следующими веществами, мкг/кг:

– железо – 674;

– цинк – 3108;

– медь – 7,6;

– кобальт – 6,08 [3, 4, 5].

Таблица

Сравнительный состав различных видов сыворотки [1, 2]

Состав	МС нативная	МС соленая	МС сладкая	МС кислая
Молочная кислота, %	0,001±0,0001	0,07±0,001	0,1±0,03	0,2±0,02
K (мг 100·г$^{-1}$)	30±1	50±6	100±20	10±0,0
Mg (мг 100·г$^{-1}$)	20±1	10±6	10±1	10±1
Na (мг 100·г$^{-1}$)	10±4	1100±50	400±20	30±10
Ca (мг 100·г$^{-1}$)	40±1	80±1	20±3	140±10
Неорганический фосфор (мг 100·г$^{-1}$)	10±6	10±3	10±3	3±1
Общее содержание фосфора (мг 100 г·$^{-1}$)	20±2	20±1	30±6	10±3
Лактоза, %	0,1±0,02	2,4±0,3	2,9±0,03	0,7±0,02
pH	6,5±0,03	5,5±0,01	6,4±0,02	4,2±0,02
Небелковый азот, %	0,005±0,001	0,01±0,0	0,01±0,0	0,006±0,001
Содержание белков, %	2,2±0,01	1,0±0,1	10,8±0.4	1,73±0,1
Зола, %	0,2±0,003	1,7±0,11	0,7±0,08	0,21±0,01
Сухие вещества, %	2,5±0,01	8,9±0,01	16,8±0,01	2,86±0,07

Водорастворимые витамины присутствуют в МС (их содержание в сладкой сыворотке выше, чем в кислой). Степень перехода витаминов из цельного молока в сыворотку следующая, холин – 102%: Тиамин (B1) – 81, рибофлавин (B2) – 91, пиридоксин (B6) – 88, кобаламин (B12) – 58, токоферол (E) – 32. аскорбиновая кислота (C) – 78, никотиновая кислота (ПП) – 54, ретинол (A) – 11, биотин – 902 [5, 6, 7].

Белковый состав молочной сыворотки составляет 20% от общего содержания белков в молоке. Они содержат четыре основные белковые фракции: β-лактоглобулин (β-Lg) – 62% от содержания белков молочной сыворотки; α-лактальбумин – 25%, (Ig) – 6–10% от содержания белков МС.

Методы переработки молочной сыворотки (МС) часто связаны со сбросом в сточные воды [3]. Рациональное использование ценных компонентов сухого вещества МС целесообразно на основе разработки новейших технологий. Задача новейших технологий – научиться извлекать и отдельно использовать все эти компоненты с помощью мембранных технологий, микрофильтрации, ультрафильтрации, нанофильтрации,

ферментативного гидролиза, криоконцентрирования (разделительного вымораживания), электродиализа, очистки с помощью систем обратного осмоса [5, 6]. Экономический эффект состоит в том, что из сыворотки производятся белковые концентраты для спортивного и детского питания, создаются функциональные продукты, производные лактозы (лактулоза, галактоолигосахариды). Новые методы часто нацелены на то, чтобы сделать переработку рентабельной: снизить энергозатраты, минимизировать потери ценных фракций [3]. У современного потребителя пользуются спросом продукты повышенной пищевой ценностью, специализированные (для диетического и спортивного питания). Новые технологии дают возможность целенаправленно менять состав сыворотки: выделять отдельные белки, проводить гидролиз лактозы, получать биоактивные пептиды [3].

С точки зрения экологии сброс сыворотки в сточные воды наносит вред окружающей среде, поскольку при разложении выделяются токсичные вещества, она потребляет много кислорода, из-за чего гибнут водные обитатели, к тому же может закислять водоёмы и нарушать работу очистных сооружений.

Разработка безотходных технологий, помогает снизить количество органических загрязнений в стоках и почве.

Дальнейшие исследования будут нацелены на более глубокое изучение вышеназванных современных методов переработки сыворотки, использование которых позволит эффективно выделить ценные пищевые ингредиенты из вторичного сырья.

Список литературы

1. Паладий И. В. Молочная сыворотка: обзор работ. Часть 1. Классификация, состав, свойства, производные, применение / И. В. Паладий, Е. Г. Врабие, К. Г. Спринчан, М. К. Болога // Электронная обработка материалов. - 2021. - № 1. - С. 52–69. - DOI 10.5281/zenodo.4456698
2. Храмцов А.Г. Молочная сыворотка: классификация, состав, свойства и производные. Часть 1 / А.Г. Храмцов [и др.] // Электронная обработка материалов. – 2021. — Т. 57, № 1. – С. 52–63.
3. Храмцов А.Г. Молочная сыворотка: процессы и методы обработки. Часть 2 / А.Г. Храмцов [и др.] // Электронная обработка материалов. – 2021. – Т. 57, № 2. – С. 54–65.
4. Храмцов, А.Г., Василисин, С.В., Рябцева, С.А., Воротникова, Т.С., Технология продуктов из вторичного молочного сырья, Санкт-Петербург, ООО Издательство ГИОРД, 2009, с. 424
5. Храмцов, А.Г., Новации молочной сыворотки | Санкт-Петербург: Профессия, 2016.
6. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: учебник. – СПб.: ГИОРД, 2014. – 384 с
7. Соколова Е.Г. Молочное дело: учебник / Е.Г. Соколова, Л.Г. Хромова, А.В. Востроилов. – СПб.: Лань, 2019. – 416 с

УДК 635.8

ХРАНЕНИЕ ПЛОДОВЫХ ТЕЛ ГРИБА *FLAMMULINA VELUTIPES* НА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ МЕТОДОМ IN VITRO

Прокудина О.В., ORCID 0009-0007-0003-1092,
Третьякова А.В., ORCID 0009-0004-6125-1206,
Мягкова А.С., 0009-0002-7690-2281,
Песцов Г.В., д-р с.-х. наук, проф., ORCID 0000-0002-3877-0102
ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого», г. Тула, РФ
info@tolstovsky.ru

На сегодняшний день грибоводство является одним из наиболее перспективных направлений развития сельского хозяйства во всем мире. К наиболее распространенным видам искусственно культивируемых съедобных грибов относятся: *Agaricus bisporus*, *Cyclocybe cylindracea*, *Flammulina velutipes*, *Hericium erinaceus*, *Pleurotus. ostreatus*, *Lentinula edodes*, *Volvariella volvacea* [1].

Для промышленного выращивания съедобных грибов необходимо обеспечение длительного хранения чистой культуры мицелия с сохранением хозяйственно-ценных признаков плодовых тел. При многократном использовании метода многократного пересеивани\ вегетативного мицелия наблюдаются физиологические изменения культуры, а также он является трудозатратным. Для сохранения генетических и физиологических характеристик культуры, мицелий выделяют из плодового тела, но данный метод требует специальных навыков, так как его реализация сопровождается высоким риском контаминации чистой культуры мицелия [2, 3]. Существует метод хранения мицелиальной культуры съедобных грибов в стерильной дистиллированной воде в криопробирках. Данный метод хранения повышает генетическую стабильность культуры и не оказывает существенного влияния на жизнеспособность культур [4]. Также на сегодняшний день одним из перспективных методов длительного хранения чистой культуры мицелия съедобных грибов является лиофилизация, которая предполагает сублимационную сушку изолята в присутствии криопротекторов. Применение данного метода для хранения мицелия высших базидиомицетов недостаточно изучено [5]. Кроме того, в литературных источниках часто упоминается способ хранения мицелия съедобных грибов при пониженных температурах (криоконсервация). Данный способ позволяет хранить изолят на протяжении 10 лет, но после этого требуется время на восстановление физиологических параметров культуры [6].

Одним из перспективных методов хранения чистой культуры мицелия съедобных грибов является получение стерильных плодовых тел методом in vitro. В таких плодовых телах сохраняются хозяйственно-ценные признаки

штамма, а также минимизируется риск контаминации культуры при ее поддержании методом пересеивания.

Целью работы является определение наиболее подходящих питательных сред для получения и хранения стерильных плодовых тел на примере вида *Flammulina velutipes*.

В работе использовали штамм *F. velutipes* F-631. Определение наиболее подходящих питательных сред для хранения стерильных плодовых тел гриба *F. velutipes* проводили на картофельном агаре, сусло агаре на основе квасного сусла, пивного неохмельненного сусла, пивного охмельненного сусла. Полученные питательные среды разливали в пробирки, стерилизовали в автоклаве (121°С, 60 мин). Пробирки инокулировали чистой культурой мицелия штамма *F. velutipes* 631. После полного заращивания мицелием, пробирки устанавливали в холодильник при температуре 8°С для инициации плодоношения. Образовавшиеся стерильные плодовые тела хранили в пробирках на протяжении 240 суток (8 месяцев). В эксперименте фиксировали сутки полного заращивания поверхности питательной среды мицелием гриба *F. velutipes*, сутки образования полноценных плодовых тел. Также учитывали морфометрические параметры плодовых тел *F. velutipes* (диаметр шляпки, длину ножки) и их количество в пробирке. По результатам эксперимента были сформулированы рекомендации по хранению плодовых тел штамма *Flammulina velutipes* 631, полученных методом in vitro (таблица).

Таблица

Хранение стерильных плодовых тел *Flammulina velutipes* F-631 на различных питательных средах

№	Питательная среда	Полное заращивание, сут.	Образование плодовых тел, сут.	Описание плодовых тел		
				Кол-во штук в пробирке	Диаметр шляпки, мм	Длина ножки, мм
1.	Картофельный агар	11	55	3-5	2,5	71,4
2.	Чапека-Докса	12	61	2-4	1,8	65,2
3.	Сусло-агар (квасное сусло)	16	70	1-2	7,0	86,3
4.	Сусло-агар (пивное сусло, неохмельненное)	18	75	1-2	6,3	78,9
5.	Сусло-агар (пивное сусло, охмельненное)	14	85	2-4	1,1	43,4

Анализируя данные табл. удалось установить, что на картофельном агаре наблюдали самую быструю колонизацию питательной среды мицелием штамма *F. velutipes* 631 и составляла 11 суток, образование плодовых тел фиксировали на 55 сутки. На 240 сутки хранения стерильные плодовые тела характеризовались широкими шляпками (2,5 мм) и длинными ножками (71,4 мм). Картофельный агар содержит большое

количество питательных компонентов, которые способствуют активному росту как мицелия, так и плодовых тел гриба *F. velutipes*. На питательных средах, приготовленных на основе квасного и пивного неохмельненного сусла, мицелий *F. velutipes* заращивал поверхность питательной среды дольше (16-18 суток), плодовые тела образовывались на 70-75 сутки. Средняя длина ножки и средний диаметр шляпки на квасном сусле составили 86,3 мм и 7,0 мм соответственно. На пивном неохмельненном сусле средний диаметр шляпки составлял 6,3 мм, а средняя длина ножки – 78,9 мм. Это связано с наличием в данных питательных средах большого количества легкоусвояемых углеводов, которые способствуют активному росту мицелия и плодовых тел вида *F. velutipes*. На питательной среде сусло-агар на основе охмельненного пивного сусла полное заращивание поверхности среды происходило на 14 сутки, а плодоношение начиналось на 85 сутки. На 240 сутки фиксировали средний диаметр шляпки – 1,1 мм, а средняя длина ножки была 43,4 мм. Такие результаты связаны с тем, что охмельненное пивное сусло содержит хмелевые кислоты, которые могут ограничивать как рост мицелия, так и рост стерильных плодовых тел, что является важным аспектом для долгосрочного хранения стерильных плодовых тел гриба *F. velutipes*. На всех исследуемых питательных средах образовывались морфотипичные стерильные плодовые тела *F. velutipes*. Для длительного хранения наиболее подходящей средой является сусло-агар на основе охмельненного пивного сусла.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 26-26-20121, https://rscf.ru/project/26-26-20121/, Тульский регион.

Список литературы

1. Солдатенко, А. В. Промышленное грибоводство как инновационное направление экономической деятельности в сфере АПК РФ / А. В. Солдатенко, А. Ф. Разин, Р. Д. Нурметов, Н. Л. Девочкина, О. А. Разин // Овощи России. – 2018. – № 3. – С. 89-92. – DOI: 10.18619/2072-9146-2018-3-89-92.
2. Homolka, L. Preservation of live cultures of basidiomycetes – recent methods / L. Homolka // Fungal Biology. – 2014. – Vol. 118, no. 2. – P. 107-125. – DOI 10.1016/j.funbio.2013.12.002.
3. Richter, D. L. Revival of saprotrophic and mycorrhizal basidiomycete cultures after 20 years in cold storage in sterile water / D. L. Richter // Canadian Journal of Microbiology. – 2008. – Vol. 54, no. 8. – P. 595-599. – DOI 10.1139/W08-049.
4. Burdsall, H. H. Preserving cultures of wood-decaying Basidiomycotina using sterile distilled water in cryovials / H. H. Burdsall, E. B. Dorworth // Mycologia. – 1994. – Vol. 86, no. 2. – P. 275–280. – DOI 10.1080/00275514.1994.12026408.
5. Комиссаров, Н. С. Методы длительного хранения чистых культур макромицетов / Н. С. Комиссаров, М. Ю. Дьяков, Л. В. Гарибова // Микология и фитопатология. – 2023. – Т. 57, № 3. – С. 155-171. – DOI 10.31857/S0026364823030054.
6. A new method for the preservation of fungus stock cultures by deep-freezing / Y. Kitamoto, A. Suzuki, S. Shimada, K. Yamanaka // Mycoscience. – 2002. – Vol. 43, no. 2. – P. 143-149. – DOI 10.1007/S102670200021

УДК 502.572: 504.05

ВЛИЯНИЕ ИОНОВ ЦИНКА НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРОРОСТКОВ *PETUNIA*×HYBRIDA HORT. EX VILM.

Решетникова И.М.,
Фрунзе О.В., канд. техн. наук, доц., ORCID 0000-0003-1082-7012
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
irina.reshetnikova2001@mail.ru

Донецк, являясь одним из промышленных центров Донецкой Народной Республики, характеризуется высокой концентрацией различных источников загрязнения окружающей среды, что напрямую сказывается на состоянии почвенного покрова [1, 2]. Одним из наиболее значимых элементов в данном контексте является цинк – тяжелый металл, который при оптимальных концентрациях выполняет роль важного микроэлемента для нормального роста и развития растений, но при его избытке превращается в серьезное загрязняющее вещество, негативно влияющее на экосистемы и состояние аграрных угодий [3–6]. Актуальность изучения данного явления обусловлена возобновлением интенсивной деятельности горно-металлургических комплексов города, интенсивными боевыми действиями, продолжительным накоплением цинка в почвах и необходимостью поиска эффективных мер по минимизации его негативного влияния, что имеет большое значение для охраны окружающей среды и устойчивого развития урбанизированных территорий Донбасса.

Цель работы заключается в изучении влияния избытка цинка в почве на ростовые процессы некоторых видов декоративных травянистых растений. Объектом исследования выбрали проростки Петунии садовой (*Petunia ×hybrida* hort. ex Vilm.).

Исследование проводили по схеме полного однофакторного пятиуровневого эксперимента. Загрязнителем служил сульфат цинка ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) в стехиометрическом отношении. Концентрации цинка составили 0,5 ПДК; 1 ПДК; 1,5 ПДК и 2 ПДК. В каждый сосуд вносили 350 г просеянной через сито почвы (отверстия 3 мм). Растения проращивали согласно их биологическим особенностям. На 30-е сутки выращивания измеряли длину корня и стебля проростков.

Исследования показали, что при внесении 0,5 ПДК цинка длина корня и стебля проростков была чуть ниже контроля, данные уменьшения были статистически недостоверными (2 вариант). При увеличении концентрации цинка до 1 ПДК длина корня проростков снизилась на 16%, а при внесении 1,5 ПДК и 2 ПДК данный показатель уменьшился практически в 2 раза, что указывает о высокой чувствительности корневой системы проростков *Petunia ×hybrida* hort. ex Vilm. к загрязнению почвы цинком (рисунок).

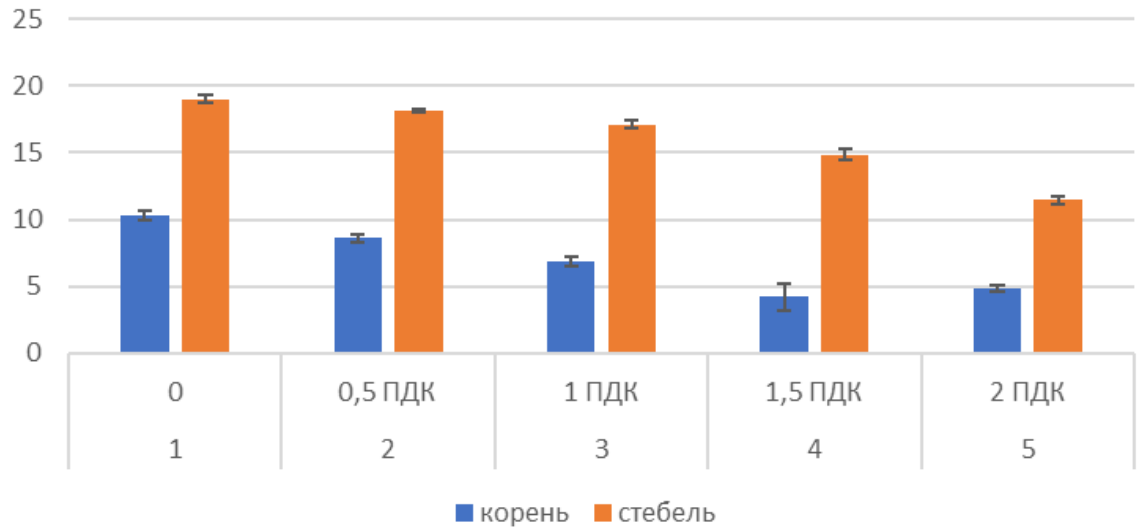


Рис. – Влияние загрязнения почвы ионами цинка на ростовые процессы проростков Петунии крупноцветковой

Длина стебля проростков *Petunia×hybrida* hort. Ex Vilm. снижалась во всех вариантах внесения в почву цинка. Наибольший угнетающий эффект был зафиксирован при внесении 1,5 ПДК и 2 ПДК 0 дли стебля снизилась на 23-46% в сравнении с контрольными данными.

Проростки Петунии садовой проявили высокую восприимчивость даже к незначительным концентрациям ионов цинка в среде произрастания, что позволяет нам их рекомендовать в качестве тест-культуры для фитомониторинга почв городской среды.

Список литературы

1. Белая книга Донбасса и Новороссии: коллективная монография / Р. В. Кишкань, С. Г. Выборов, Н. В. Завальнюк [и др.]. – Москва: ВАШ ФОРМАТ, 2026. – 368 с. – EDN TBZQJN.
2. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
3. Иванищев В.В. Цинк в природе и его значение для растений // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2022. – № 2. – С. 35-49.
4. Гафаров А.Д., Убедаев Г.Г. Влияние ионов свинца и цинка на содержание пигментов и активность ферментов хлоропластов растений // Вестник Пермского университета. Серия: Биология. – 2014. – № 2. – С. 64-69.
5. Макарова Е.А., Солдатов С.А. Действие тяжёлых металлов на рост и развитие растений люцерны // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В.Г. Белинского. – 2019. – № 29. – С. 62-68.
6. Фрунзе О.В. Фитореабилитация близлежащих к автомобильным трассам территорий // Вестник Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета. – 2019. – Вып. № 2 (29). – С. 59-65.

УДК 579.66:604.4:615.076

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОСТОВЫХ СВОЙСТВ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПОНЕНТОВ ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ТРЕБОВАТЕЛЬНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Румянцева Е.И., канд. мед. наук, ORCID 0009-0003-2662-1585
ФГБОУ ВО «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)»,
г. Москва, РФ
rumyanceva.psn@mail.ru

Культивирование требовательных микроорганизмов – одна из наиболее сложных задач практической микробиологии. Стрептококки, пневмококки, отдельные виды анаэробных бактерий и другие микроорганизмы нуждаются в сложных питательных средах, включающих особые питательные и ростовые факторы. Критическое значение имеют состав белково-пептидной основы среды, доступность органического азота, наличие аминокислот, пептидов, витаминов и минеральных веществ [1, 2].

В российской лабораторной практике значительная часть высококачественных компонентов питательных сред длительное время поставлялась зарубежными производителями. Актуальной задачей является разработка отечественных аналогов пептона и сердечно-мозговой вытяжки и оценка их ростовых свойств [3].

Цель работы – сравнительная характеристика ростовых свойств отечественных белково-пептидных компонентов питательных сред для оценки их пригодности при культивировании требовательных микроорганизмов.

Объектами исследования являлись опытные образцы пептона (технологический процесс ТР-02) и сердечно-мозговой вытяжки (ТР-03), разработанные ФГБОУ ВО «РОСБИОТЕХ». Пептон рассматривался как источник органического азота, аминокислот и пептидных фракций; зарубежный аналог — Пептон мясной (Meat Peptone) Laboratorios Conda, S.A., Испания. Сердечно-мозговая вытяжка — как комплексный высокопитательный компонент; зарубежные аналоги — Brain Heart Infusion (Condalab, BD BBL, Gibco).

Для оценки воспроизводимости исследованы три лабораторные серии каждого продукта (2023 г.): пептон – серии 061123, 081123, 131123; сердечно-мозговая вытяжка – серии 091123, 151123, 241123. Дополнительно оценены результаты опытно-промышленной апробации 2024 г. (серия 170224). Контроль качества включал определение аминного азота, общего азота, pH, зольности, микробиологических показателей и показателя прорастания [4, 5]. Статистическую оценку выполняли с расчётом среднего значения, стандартного отклонения и коэффициента вариации (CV).

Результаты и обсуждение. Физико-химические показатели отечественного пептона представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-химические показатели отечественного пептона

Показатель	Серия 061123	Серия 081123	Серия 131123	Среднее	CV, %
Аминный азот, %	4,9	6,0	5,6	5,50	10,13
Общий азот, %	9,3	9,6	9,5	9,47	1,62
pH	6,4	6,7	7,0	6,70	4,48
Зольность, %	8,33	6,38	14,70	9,80	43,27

Наиболее устойчивыми показателями пептона являлись общий азот (CV 1,62 %) и pH (CV 4,48 %). Вариабельность по аминному азоту составила 10,13 %, по зольности — 43,27 %, что связано с неоднородностью исходного белкового сырья. Однако для оценки пригодности пептона принципиальное значение имеет сохранение функциональной активности.

Биологическая активность пептона оценивалась по показателю прорастания (табл. 2).

Таблица 2

Биологическая активность отечественного пептона

Показатель	Серия 061123	Серия 081123	Серия 131123	Среднее	CV, %
Показатель прорастания, %	108,59	112,90	107,32	109,60	2,66

Средний показатель прорастания пептона составил 109,60 % при CV 2,66 %, что свидетельствует о высокой воспроизводимости биологической активности. Несмотря на вариабельность физико-химических характеристик, рост-поддерживающие свойства оставались стабильными.

Физико-химические показатели сердечно-мозговой вытяжки представлены в таблице 3.

По всем параметрам сердечно-мозговой вытяжки CV составил 0 %, что указывает на высокую стабильность технологического режима. Средний показатель прорастания составил 117,99 % при CV 2,07 %, что превышает показатели пептона (109,60 %) и соответствует функциональной роли сердечно-мозговой вытяжки как более сложного и высокопитательного компонента.

Опытно-промышленная апробация (2024 г., серия 170224) показала, что переход к производственному масштабу не сопровождался ухудшением

ключевых показателей. Для пептона отмечено незначительное снижение аминного и общего азота в пределах технологического диапазона. Для сердечно-мозговой вытяжки — повышение содержания азота и снижение зольности, что свидетельствует об оптимизации стадий экстракции и очистки.

Таблица 3

Физико-химические показатели отечественной сердечно-мозговой вытяжки

Показатель	Серия 091123	Серия 151123	Серия 241123	Среднее	CV, %
Аминный азот, %	4,5	4,5	4,5	4,50	0
Общий азот, %	9,4	9,4	9,4	9,40	0
pH	7,0	7,0	7,0	7,00	0
Зольность, %	20,1	20,1	20,1	20,10	0

Оба исследованных компонента обладают выраженной биологической активностью и обеспечивают показатель прорастания выше контрольного уровня. Низкие коэффициенты вариации (2,66 % для пептона, 2,07 % для сердечно-мозговой вытяжки) подтверждают межсерийную воспроизводимость. Опытно-промышленная апробация показала сохранение характеристик при масштабировании. Разработанные компоненты могут быть использованы как основа для создания отечественных питательных сред для требовательных микроорганизмов после проведения расширенной валидации на профильных тест-штаммах [6].

Список литературы

1. ГОСТ Р 70393-2022. Изделия медицинские для диагностики in vitro. Приготовление, производство, хранение и испытания питательных сред. — Москва: Стандартинформ, 2022. – 28 с.
2. МУК 4.2.2316-08. Методы контроля бактериологических питательных сред. – Москва: ФЦГиЭ Роспотребнадзора, 2008. – 38 с.
3. Телишевская Л.Я. Белковые гидролизаты: получение, состав, применение / Л.Я. Телишевская; под ред. А.Н. Панина. – Москва: Аграрная наука, 2000. – 295 с. – ISBN 5-94129-001-2. – EDN: QDRWJR
4. ISO 11133:2014. Microbiology of food, animal feed and water – Preparation, production, storage and performance testing of culture media. – Geneva: ISO, 2014. – 70 p.
5. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV издание. Общие фармакопейные статьи по микробиологическим методам контроля. – Москва, 2023.
6. Adler-Nissen J. Enzymic Hydrolysis of Food Proteins / J. Adler-Nissen. – London: Elsevier Applied Science Publishers, 1986. – 427 p. – ISBN 978-0-85334-386-8.

УДК 635.82

РОСТ МИЦЕЛИЯ ГРИБА *PLEUROTUS DJAMOR* (ВЕШЕНКА РОЗОВАЯ) НА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ НА ОСНОВЕ ЖМЫХОВ МАСЛИЧНЫХ КУЛЬТУР

Серегин В.Д., ORCID 0009-0004-6388-2482,
Третьякова А.В., ORCID 0009-0004-6125-1206
ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого», г. Тула, РФ
info@tolstovsky.ru

Грибы рода *Pleurotus* относятся к числу наиболее широко культивируемых съедобных базидиомицетов. Интерес к их промышленному выращиванию обусловлен высокой пищевой ценностью плодовых тел, сравнительно коротким циклом культивирования, технологичностью производства и способностью мицелия активно колонизировать различные виды растительного сырья, в том числе побочные продукты сельского хозяйства и пищевой промышленности. В промышленном грибоводстве наиболее широко используются виды *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm (вешенка обыкновенная) и *Pleurotus eryngii* (D.C.) Quél (вешенка степная). [1, 2]. Вид *Pleurotus djamor* (Rumph. ex Fr.) Boedijn (вешенка розовая) также является перспективным объектом грибоводства. Вид отличается характерной розовой окраской плодовых тел, высокими темпами развития при повышенных температурах и представляет интерес как продукт с выраженными декоративными и пищевыми свойствами. По сравнению с видом *P. ostreatus* технология культивирования вида *P. djamor* разработана недостаточно. Важным этапом технологии культивирования является получение и поддержание чистой культуры мицелия. Скорость роста и морфологические характеристики мицелия на начальных этапах культивирования во многом определяются составом питательной среды. Для выращивания мицелия грибов рода *Pleurotus* обычно применяют картофельно-декстрозный, сусло-агар и другие питательные среды. Вместе с тем в ряде исследований показана возможность замены стандартных компонентов более доступными растительными экстрактами [3, 4]. Таким образом, поиск новых питательных компонентов представляет интерес не только для получения плодовых тел, но и на стадии поддержания и размножения чистой культуры мицелия. Одним из перспективных видов вторичного сырья для этих целей являются жмыхи масличных культур. Жмых образуется после извлечения масла из семян и сохраняет значительную часть белков, углеводов, минеральных соединений, остаточных липидов и других питательных веществ исходного растительного сырья. Продукты переработки масличных

культур широко исследуются как компоненты субстратов и питательных сред для культивирования высших базидиомицетов рода *Pleurotus*, *Ganoderma*, *Lentinula* и *Grifola* [5, 6]. При этом сведения о применении жмыхов масличных культур для поверхностного культивирования чистой культуры вида *P. djamor* практически отсутствуют.

Целью исследования является изучить влияние концентрации водных экстрактов жмыхов масличных культур на рост чистой культуры мицелия *Pleurotus djamor* на твердых питательных средах.

Для изучения влияния жмыхов масличных культур на рост и развитие чистой культуры мицелия гриба *P. djamor* использовали агаризованные питательные среды с добавлением водных экстрактов льняного, рыжикового, подсолнечного и соевого жмыхов в различных концентрациях. Перед приготовлением концентрированного раствора жмыхи предварительно замачивали в дистиллированной воде. После замачивания для каждого вида жмыха готовили концентрированный раствор по единой методике. В дистиллированную воду вносили жмых в соотношении 1:1. Смесь проваривали в течение 20 минут. Полученный экстракт фильтровали. На основе полученного раствора готовили питательные среды с концентрациями 25%,50%,75%,100%. Во все варианты добавляли агар-агар и сахарозу в количестве 1,5% от объема питательной среды. В качестве контроля использовали картофельный агар. Питательные среды стерилизовали в автоклаве при температуре 121°С в течение 60 минут. После стерилизации среды охлаждали и в асептических условиях разливали в стерильные чашки Петри. После застывания питательных сред в центр каждой чашки Петри помещали инокулюм чистой культуры мицелия гриба *P. djamor*. Инокулированные чашки Петри помещали в термостат и культивировали при температуре 25°С в течение 7 суток. Диаметр колонии измеряли на 3, 5 и 7 сутки. Результаты представлены в таблице.

В результате проведенного исследования удалось установить, что наиболее высокие показатели роста мицелия гриба *P. djamor* на 7-е сутки отмечены на средах с использованием подсолнечного и льняного жмыха. Максимальный диаметр колонии наблюдали на питательной среде с добавлением 25% подсолнечного жмыха (88,6 мм), что превышало контроль на 2%. На средах с добавлением льняного жмыха, лучший результат отмечали при использовании концентрации 25%, диаметр колонии составил 87,5 мм, что превышало контроль на 1%.

При использовании питательных сред с добавлением соевого жмыха наибольший диметр колонии наблюдали при концентрациях 25% и 50%, диаметр колоний составил 86,8 мм и 85,8 мм, что соответствовало показателю контрольного варианта. Питательные среды на основе жмыха рыжика посевного оказались неподходящими для культивирования мицелия гриба *P. djamor*. Диметр колонии был значительно ниже, чем в контроле.

Таблица

Влияние состава питательной среды на рост мицелия гриба *P. djamor*

№	Питательная среда		Диаметр колонии, мм			%, к контролю
			3 сутки	5 сутки	7 сутки	
1	Контроль - Картофельный агар		35,6±2,41	63,4±2,17	86,2±1,93	100
2	Льняной жмых	25%	29,9±2,74	73,1±3,18	87,5±3,60	101
3		50%	28,4±2,63	74,1±3,41	86,3±1,42	100
4		75%	28,5±1,84	73,5±2,51	85,9±1,66	99
5		100%	28,8±1,40	72,1±2,60	85,0±2,26	98
6	Соевый жмых	25%	26,0±2,05	74,0±4,06	86,8±2,82	100
7		50%	29,4±2,72	83,7±6,83	85,8±1,40	99
8		75%	23,6±2,07	62,4±5,58	77,3±5,79	85
9		100%	21,1±1,85	52,9±5,07	73,1±6,72	84
10	Подсолнечный жмых	25%	24,0±1,94	60,1±5,07	88,6±3,10	102
11		50%	24,7±1,25	61,2±2,90	86,2±4,59	100
12		75%	23,0±2,11	62,1±5,76	86,7±3,16	100
13		100%	22,9±2,18	54,7±5,23	82,5±6,06	95
14	Жмых рыжика	25%	19,2±1,81	41,9±2,23	59,4±3,06	68
15		50%	17,4±1,65	39,4±3,31	53,6±3,27	62
16		75%	16,9±1,52	34,9±3,07	48,8±3,85	56
17		100%	17,1±1,13	24,8±2,53	40,8±3,68	47

Таким образом, наиболее перспективными компонентами питательных сред для культивирования чистой культуры мицелия гриба *P. djamor* являлись агаризованные питательны среды с добавлением подсолнечного и льняного жмыха в концентрациях 25%.

Список литературы

1. Петрова, Л. А. Технологии выращивания вешенки культивируемой / Л. А. Петрова // Пищевая промышленность. – 2007. – № 11. – С. 58.
2. Алексеева, К. Л. Биологические особенности вешенки королевской *Pleurotus eryngii* / К. Л. Алексеева // Современная микология в России: материалы междисциплинарной микологической конференции, Москва, 13–15 мая 2026 года. – Москва: Общественная национальная академия микологии, 2026. – Т. 12, вып. 1. – С. 39–49. – EDN CDNXKY.
3. Nguyen, B. T. T. Cotton waste as an optimal substrate for cultivation of the pink oyster mushroom *Pleurotus djamor* / B. T. T. Nguyen, V. V. Le, H. N. Nguyen [et al.] // Journal of Applied Biology & Biotechnology. – 2025. – Vol. 13, № 1. – P. 184–191. – DOI 10.7324/JABB.2024.179930.
4. Aditya. Comprehensive review on oyster mushroom species (Agaricomycetes): Morphology, nutrition, cultivation and future aspects / Aditya, Neeraj, R. S. Jarial [et al.] // Heliyon. – 2024. – Vol. 10, № 5. – Art. e26539. – DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e26539.
5. Ramachandran, S. Oil cakes and their biotechnological applications – A review / S. Ramachandran, S. K. Singh, C. Larroche [et al.] // Bioresource Technology. – 2007. – Vol. 98, № 10. – P. 2000–2009. – DOI 10.1016/j.biortech.2006.08.002.
6. Petraru, A. Oil Press-Cakes and Meals Valorization through Circular Economy Approaches: A Review / A. Petraru, S. Amariei // Applied Sciences. – 2020. – Vol. 10, № 21. – Art. 7432. – DOI 10.3390/app10217432.

УДК 635.8:004.8

МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ МИКРОКЛИМАТА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ШАМПИНЬОНА ДВУСПОРОВОГО (*AGARICUS BISPORUS*) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ АНАЛИЗА ДАННЫХ

Скоблицов А.Ю.,
Гончаров А.В., д-р с.-х. наук, проф., ORCID 0000-0002-8363-3844
ФГБОУ ВО МСХ РФ «Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского», г. Балашиха, РФ
aleks7191@bk.ru

Промышленное выращивание шампиньона двуспорового (*Agaricus bisporus* (J.E. Lange) Imbach) требует согласования температурного режима, влажности воздуха, вентиляции, газового состава среды с физиологическими стадиями развития гриба. Формирование примордиев и последующее развитие плодовых тел зависят от динамики температуры и концентрации диоксида углерода, состояния покровного слоя [1]. В производственной практике разрозненные показания датчиков затрудняют анализ взаимосвязей между условиями выращивания и результатами технологического цикла. Это определяет необходимость комплексного мониторинга с накоплением сопоставимых временных рядов.

Цель работы – разработать методический подход к построению системы непрерывного мониторинга микроклимата камеры выращивания шампиньона, обеспечивающей регистрацию измерений, выявление отклонений технологического режима и формирование информационной основы для последующего интеллектуального анализа урожайности.

Объект исследования – шампиньон двуспоровый, предмет исследования – технологический процесс выращивания в климатически регулируемой камере. В качестве контролируемых переменных выбраны температура воздуха и компоста, относительная влажность воздуха, концентрация CO_2. Дополнительно предусматривается фиксация фенологических фаз развития гриба и технологических процессов: загрузка субстрата, нанесение покровного материала, рыхление, поливы, переход к плодоношению, начала и окончания волн сбора. Сведения о режиме сопоставляются с длительностью фаз развития, датами появления примордиев, массой собранной продукции. Анализ литературных данных свидетельствует о значимости микроклимата, микробных взаимодействий в системе «компост — покровный слой — гриб» [1, 2]. Техническая схема включает измерительные датчики, два варианта контроллеров для апробации способов сбора данных, мини-компьютер для приёма и хранения информации и интерфейс дистанционного наблюдения. На первом этапе

предусматривается информационный контур: система регистрирует показания, выдаёт предупреждения, не изменяя работу климатического оборудования. Для каждого сообщения сохраняются дата, время, идентификатор датчика, измеренная величина и единица измерения; для технологических операций формируется отдельный журнал. Разделение данных по камерам и циклам выращивания расширяет исследование на другие виды промышленных съедобных грибов.

Обработка данных. Предусмотрен последовательный анализ качества поступающих сигналов: проверка диапазона, выявление пропущенных записей, резких скачков; сопоставление показаний датчиков, установленных в различных точках камеры. Затем рассчитываются длительность пребывания параметров вне заданного технологом интервала, скорость изменения температуры и CO_2, амплитуда суточных колебаний, продолжительность переходных режимов. Пороговые значения должны устанавливаться отдельно для каждой фазы выращивания и конкретной технологии. Этот подход позволит отличать предусмотренное технологией изменение микроклимата от нештатного отклонения.

Интеллектуальный анализ. На следующем этапе планируется применять алгоритмы обнаружения аномалий, классификации характерных режимов и построения прогнозов на основе накопленных данных. Входными признаками могут выступать агрегированные температурные и газовые показатели, продолжительность технологических фаз и зарегистрированные операции персонала; целевыми переменными - сроки начала плодоношения, продолжительность волны и урожайность в пересчёте на площадь выращивания. Использование методов анализа данных в сельском хозяйстве согласуется с концепцией биологического и цифрового земледелия [3-7]. Генеративная языковая модель может применяться для объяснения отклонений оператору, но её ответы должны проверяться по исходным измерениям и технологическим правилам.

Организация регистрации. Для сопоставимости измерений предлагается использовать единый временной шаг и фиксировать пропуски данных. Расположение датчиков и глубину измерения температуры компоста необходимо документировать. Перед каждым циклом предусмотрена проверка каналов независимым прибором. Два варианта контроллеров предполагается сравнивать по согласованности показаний, устойчивости передачи и полноте временных рядов, чтобы отделять аппаратные ошибки от изменений биологического процесса.

План экспериментальной проверки. Работоспособность решения предполагается оценивать в повторных циклах выращивания. Для каждого цикла будут фиксироваться полнота регистрации данных, согласованность каналов измерения, количество обоснованных и ложных предупреждений, связь характеристик микроклимата с показателями формирования урожая. Прогнозные модели предполагается обучать на одних циклах и проверять

на последующих, исключая использование будущих значений при построении прогноза. Сравнение планируется проводить с базовым вариантом (оценка состояния камеры по текущим показаниям датчиков, журнал технологических операций).

Научно-практическое значение. Предлагаемый подход объединяет биологические стадии развития шампиньона двуспорового с временной структурой инструментальных измерений, что позволит стандартизировать производственные циклы, обнаруживать отклонения, сформировать основу оценки влияния микроклимата на плодоношение. В перспективе возможно создание рекомендательного контура управления, но решение о воздействии на климатическое оборудование остаётся за технологом.

Предложена структура многофакторного мониторинга микроклимата при выращивании шампиньона двуспорового, основанная на совместном учёте инструментальных измерений, технологических событий, показателей урожая. Основным результатом является обоснование состава наблюдений и алгоритма проверки системы; количественная оценка её влияния потребует производственной проверки.

Список литературы

1. Baars, J. J. P. Critical Factors Involved in Primordia Building in Agaricus bisporus: A Review / J. J. P. Baars, K. Scholtmeijer, A. S. M. Sonnenberg, A. van Peer // Molecules. – 2020. –Vol. 25, № 13. – Art. 2984. – DOI 10.3390/molecules25132984.
2. McGee, C. F. Microbial ecology of the Agaricus bisporus mushroom cropping process / C. F. McGee // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2018. – Vol. 102, № 3. – P. 1075-1083. – DOI 10.1007/s00253-017-8683-9.
3. Wolfert, S. Big Data in Smart Farming – A review / S. Wolfert, L. Ge. C. Verdouw, M.-J. Bogaardt // Agricultural Systems. – 2017. – Vol. 153. – P. 69–80. – DOI 10.1016/j.agsy.2017.01.023.
4. Старых, Г. А. Овощеводство защищенного грунта: учебное пособие / Г. А. Старых, А. В. Гончаров. – Москва: РГАЗУ, 2014. – 116 с. – EDN WLZKXD.
5. Клопов, М. И. Гормоны, регуляторы роста и их использование в селекции и технологии выращивания сельскохозяйственных растений и животных: учебное пособие / М. И. Клопов, А. В. Гончаров, В. И. Максимов. – Санкт-Петербург: Лань, 2016. – 376 с. – ISBN: 978-5-8114-1940-1. – EDN: VLRHVR.
6. Гончаров, А. В. Овощные, лекарственные, плодовые и ароматические растения: словарь-справочник / А. В. Гончаров, В. Д. Стрелец. – Москва: РГАЗУ, 2016. – 44 с.– EDN WKLSPN.
7. Верзилин, В. В. Биологизация как фактор интенсификации и экологизации агроландшафтных систем земледелия / В. В. Верзилин, Е. Н. Закабунина, А. В. Гончаров, Н. А. Хаустова, А. Н. Тимофеев, В. Д. Верзилина // В сб.: Современные достижения селекции растений - производству: матер. Нац. научно-практ. конф. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2021. – С. 60-67. – EDN IUQNTE.

УДК 57.044

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРОДУЦЕНТА *SCENEDESMUS QUADRICAUDA* И КОНСУМЕНТА *PARAMECIUM CAUDATUM* К ЛАНТАНУ, МЕДИ И ИХ КОМБИНАЦИЯМ

Сысолятина М. А., канд. биол. наук, ORCID 0000-0002-7671-3993,
Олькова А. С., д-р биол. наук, доц., ORCID 0000-0002-5798-8211,
Лыткина К. И.
ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, РФ
morgan-abend@mail.ru

Металлическое и полиметаллическое загрязнение сопровождает человека и создаваемую им антропосферу. Среди условных групп металлов (тяжелых, благородных, радиоактивных и других) редкоземельные элементы (РЗЭ) лидируют по темпам разработки месторождений и технологий, где они применяются. Особенно РЗЭ необходимы для современной оптики, приборов связи, электроники [3].

Наша страна входит в тройку лидеров по запасам РЗЭ [6]. Производственная необходимость и стратегические задачи страны всегда идут вперед полного представления об экологических рисках, связанных с появлением новых материалов и их циклов производства, использования, утилизации. В связи с этим, актуальны исследования, направленные на изучение судьбы РЗЭ в окружающей среде и их воздействий на живые организмы.

Целью данной работы было сравнение чувствительности одноклеточных продуцентов и консументов пресноводных экосистем к загрязнению воды солями лантана, меди их комбинациями на примере лабораторных тест-организмов водоросли *Scenedesmus quadricauda* и простейших *Paramecium caudatum*.

Интерес к лантану обусловлен тем, что он является вторым по объёму использования среди РЗЭ после церия и менее изученным. Комбинации лантана с медью в составе загрязнения вод весьма вероятны, поскольку производятся сплавы Cu–La [4]. Тест-организмы выбраны как типичные представители эвтрофных водоемов.

Эксперимент заключался в моделировании загрязнения природной воды одинаковыми количествами (в мольных концентрациях) La^{3+}, Cu^{2+} и их комбинаций 1:1 в расчете на ионы и дальнейшем биотестировании получившихся вод с помощью *Sc. quadricauda* [5] и *P. caudatum* [5]. В качестве добавок использовали химические чистые сульфаты лантана и меди. У *Sc. quadricauda* оценивали численность клеток через 24 часа экспозиции. У *P. caudatum* тест-реакцией был хемотаксис, оцениваемый через 30 минут экспозиции. На рисунке 1 показано сравнение численности клеток *Sc. quadricauda* в тестируемых модельных водах.

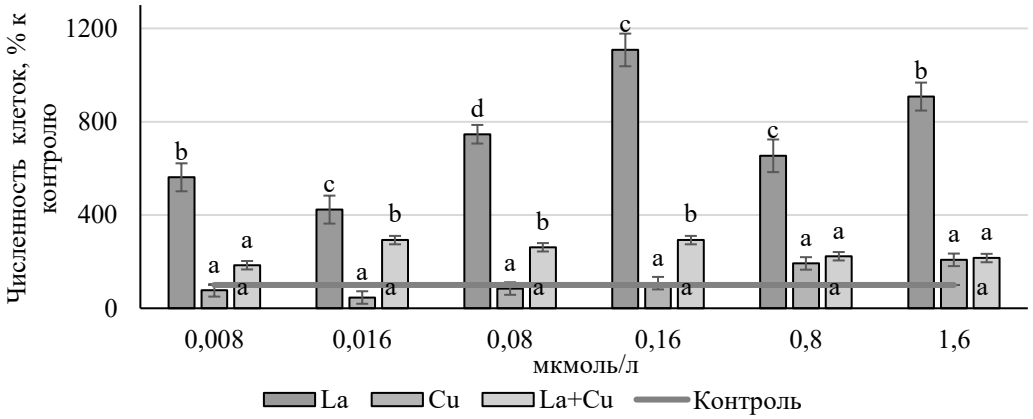


Рис. 1. – Реакция *S. quadricauda* на лантан, медь и их эквимолярные концентрации. Здесь и далее разноименные буквенные индексы указывают на достоверные отличия значений ($p<0,05$). Сравнение велось в рамках одного варианта (концентрации)

Лантан проявил выраженные стимулирующие свойства при воздействии на водоросли: во всех изученных концентрациях он достоверно ускорял рост клеток *S. quadricauda* по сравнению с контролем – водой без добавок. Даже в присутствии меди, комбинация металлов не приводила к токсичности воды и, более того, вызывала статистически значимую стимуляцию роста клеток по сравнению с контролем (0,016–0,16 мкмоль/л, $p<0,05$).

Таким образом, в диапазоне концентраций 0,008-1,6 мкмоль/л лантан как моно-загрязнитель может привести к стимуляции цветения водоема. Несмотря на стимулирующий эффект для самих водорослей, для экосистемы в целом это является крайне нежелательным последствием загрязнения, приводящим при хроническом воздействии к эвтофикации водоёма. Медь, в тестируемом диапазоне, вероятно, действует как эссенциальный микроэлемент, однако, комбинация металлов значительно уменьшает стимулирующую активность меди для водорослей. Отметим, что в литературе на высших растениях показано, что лантан действительно может активировать жизнедеятельность растений [2].

В отличие от водорослей, реакции *P. caudatum* находились в зоне угнетения хемотаксиса тест-организмов (рис. 2).

Растворы с Cu^{2+} вызывали умеренную (0,08 мкмоль/л) и значительную (0,16–1,6 мкмоль/л) токсичность для *P. caudatum*, но низкие концентрации (≤0,016 мкмоль/л) были безопасны. В целом, эффекты растворов солей Cu и ее смеси с La были сопоставимы, однако при концентрациях 0,008 и 0,8 мкмоль/л токсичность комбинации превышала таковую для чистой меди в 1,2–2,8 раза, что говорит о вероятности синергизма действия металлов в водных экосистемах.

Полученные результаты говорят о том, что представители гидробионтов по-разному реагируют на загрязнение водной среды.

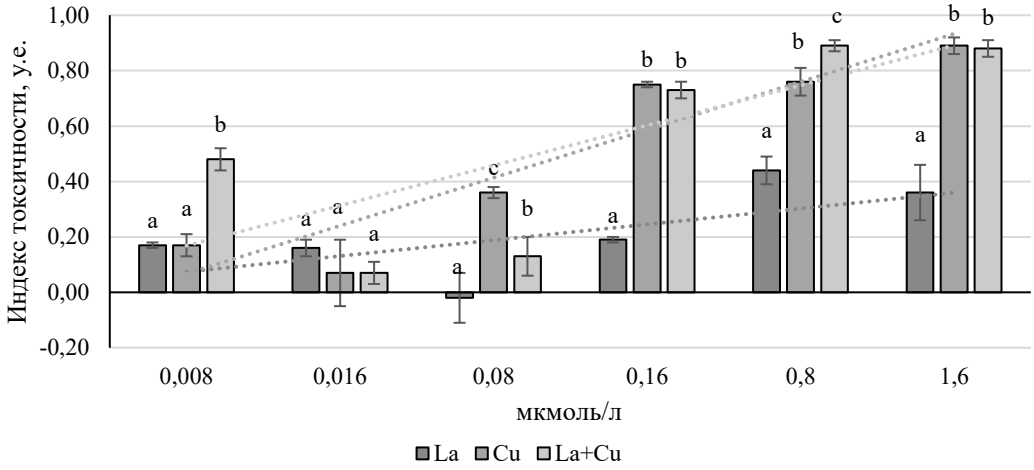


Рис. 2. – Реакции *P. caudatum* на лантан, медь и их эквимолярные концентрации

В случае загрязнения воды лантаном, медью и их комбинациями реакции водоросли *S. quadricauda* кажутся более индифферентными, чем ответы *P. caudatum*. Однако, в окружающей среде такое сочетание ответных реакций приведет к перестройке видового состава сообщества гидробионтов.

Исследование проводилось без дополнительной финансовой поддержки.

Список литературы

1. Методика определения токсичности проб питьевых, хозяйственно-питьевых, хозяйственно-бытовых сточных, очищенных сточных, сточных вод экспресс методом с применением прибора «Биотестер» ПНД Ф Т 14.1:3:4.2-98 (ред. 2010 г.)
2. Wang L., Wang W., Zhou Q., Huang X. Combined effects of lanthanum (III) chloride and acid rain on photosynthetic parameters in rice // Chemosphere. – 2014. – Vol. 112. – P. 355-361. – DOI 10.1016/j.chemosphere.2014.04.069
3. Zhi Y., Zhang C., Hjorth R., Baun A., Duckworth O. W., Call D. F., Grieger K. Emerging lanthanum (III)-containing materials for phosphate removal from water: A review towards future developments // Environment international. – 2020. – Vol. 145. – P. 106115. – DOI 10.1016/j.envint.2020.106115
4. Судавцова В. С., Шевченко М. А., Иванов М. И., Березуцкий В. В., Кудин В. Г. Термодинамические свойства жидких сплавов меди с лантаном // Журнал физической химии. – 2017. – Т. 91. – № 6. – С. 937–944. – DOI 10.7868/S0044453717060279
5. ФР 1.39.2007.03223. Биологические методы контроля. Методика определения токсичности вод, водных вытяжек из почв, осадков сточных вод и отходов по изменению уровня флуоресценции хлорофилла и численности клеток водорослей. Москва: Акварос, 2007. 47 с.
6. Череповицын А. Е., Дорожкина И. П. Состояние и перспективы развития минерально-сырьевой базы редкоземельных металлов России // Известия Уральского государственного горного университета. – 2025. – №. 1 (77). – С. 154-161. – DOI 10.21440/2307-2091-2025-1-154-161

УДК 635.82

ВЛИЯНИЕ ОБЪЕМА СУБСТРАТНОГО БЛОКА НА УРОЖАЙНОСТЬ ПЛОДОВЫХ ТЕЛ ГРИБА *PLEUROTUS OSTREATUS* (ВЕШЕНКА ОБЫКНОВЕННАЯ)

Третьякова А.В., ORCID 0009-0004-6125-1206,
Коваленко Н.С., ORCID 0009-0005-3051-4373
ФГБОУ ВО «Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого», г. Тула, РФ
info@tolstovsky.ru

Вешенка обыкновенная *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm. относится к наиболее распространенным видам культивируемых съедобных грибов. Интерес к данному виду обусловлен высокой скоростью роста мицелия, относительно коротким циклом получения плодовых тел и способностью колонизировать широкий спектр растительного сырья [1–4]. Урожайность гриба *P. ostreatus* определяется взаимодействием биологических особенностей штамма, состава субстрата и условий культивирования [5, 6].

Цель исследования – определить влияние объема субстратного блока на сроки плодоношения и урожайность плодовых тел гриба *P. ostreatus*.

Объектом исследования служил штамм *P. ostreatus* 135. Для выращивания плодовых тел использовали лигноцеллюлозные субстраты из пшеничной соломы, створок гречихи и березовых опилок с добавлением 10% зерновой пивной дробины. Для определения влияния объема субстратного блока на урожайность формировали блоки объемом 1, 2, 3 и 4 л. В качестве контроля использовали блоки объемом 10 л. Инокуляцию субстрата проводили мицелием с двух противоположных сторон блока. Инокулированные блоки помещали в культивационное помещение при температуре 20-23°С до полного зарастания субстрата мицелием, после чего инициировали плодоношение снижением температуры до 15-17 °С. После завершения плодоношения определяли общую массу полученных плодовых тел весовым методом. Результаты представлены в таблице.

Анализ данных таблицы показал, что во всех вариантах субстрата минимальные значения урожайности отмечены при использовании блоков объемом 1 л: 98,7 г/кг на пшеничной соломе, 121,2 г/кг на створках гречихи и 93,7 г/кг на березовых опилках. При увеличении объема блока до 2 л урожайность возрастала, однако оставалась ниже контрольных значений. Максимальная урожайность была получена при объеме субстратного блока 3 л. На субстрате из пшеничной соломы с добавлением 10% пивной дробины она составила 389,6 г/кг, что на 30% выше контроля. На створках гречихи урожайность достигала 332,5 г/кг, что превышало контроль на 24%, а на субстрате из березовых опилок – 355,8 г/кг, на 20% выше контроля. При увеличении объема блока до 4 л урожайность несколько снижалась и

составляла 353,1 г/кг на пшеничной соломе, 310,6 г/кг на створках гречихи и 328,1 г/кг на березовых опилках.

Таблица

Влияние объема субстратного блока на урожайность гриба *P. ostreatus*

№	Субстрат	Объем субстратного блока, л	Урожайность, г/кг	%, к контролю
1	Пшеничная солома+10% пивной дробины	10 - контроль	300,0±18,43	100
2		1	98,7±7,25	33
3		2	234,4±15,61	78
4		3	389,6±24,80	130
5		4	353,1±21,56	118
6	Створки гречихи+10% пивной дробины	10 - контроль	268,8 ± 17,61	100
7		1	121,2 ± 8,42	45
8		2	212,5 ± 14,17	79
9		3	332,5 ± 21,70	124
10		4	310,6 ± 19,85	116
11	Березовые опилки+10% пивной дробины	10 - контроль	296,8 ± 18,94	100
12		1	93,7 ± 6,50	32
13		2	231,9 ± 15,23	78
14		3	355,8 ± 22,67	120
15		4	328,1 ± 20,71	110

Таким образом, независимо от типа лигноцеллюлозной основы наиболее эффективным оказался субстратный блок объемом 3 л. Полученные данные свидетельствуют, что такой объем обеспечивает наиболее благоприятное сочетание достаточного количества питательных веществ и оптимальных условий тепло- и газообмена внутри субстрата.

Список литературы

1. Бисько, Н. А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка / Н. А. Бисько, И. А. Дудка. – Киев: Наукова думка, 1987. – 148 с.
2. Бисько, Н. А. Выращивание съедобных грибов: рекомендации по выращиванию шампиньонов, вешенки / Н. А. Бисько, В. Т. Билай, Н. Ю. Митропольская. – Киев: Знание, 2000. – 42 с.
3. Sánchez, C. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* and other edible mushrooms // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2010. – Vol. 85, no. 5. – P. 1321-1337. – DOI 10.1007/s00253-009-2343-7.
4. Zadrazil, F. Conversion of lignocellulosic wastes into animal feed with white rot fungi / F. Zadrazil // Biotechnology and Bioengineering Symposium. – 1980. – Vol. 10. – P. 197-207.
5. Вишневский, М. В. Лекарственные грибы. Большая энциклопедия / М. В. Вишневский. – Москва: Эксмо, 2014. – 400 с.
6. Soldatenko, A. Efficiency of the newest sterile substrate production technology for oyster cultivation / A. Soldatenko, N. Devochkina, M. Ivanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 395. – Article 012086. – DOI 10.1088/1755-1315/395/1/012086.

УДК 577.151.52:582.284

ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ШТАММОВ *IRPEX LACTEUS* (FR.) FR. – ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОДУЦЕНТОВ ГИДРОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ

Хазай И.А.,
Чемерис О.В., канд. биол. наук, ORCID 0000-0002-2446-4710
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
chemeris07@rambler.ru

Высокая специфичность и эффективность, работа в более мягких условиях и экологичность сделали ферментные препараты ключевым участником многих производств. Использование ферментов позволяет повышать скорость технологических процессов, увеличивать выход готовой продукции, улучшать ее качество, экономить ценное сырье и снижать количество отходов. Ключевыми участниками данных технологических процессов являются гидролитические ферменты [1]. Для удовлетворения высокого спроса на ферментные препараты важно производить энзимы в больших объемах с минимальными затратами [2]. Особая роль в производстве ферментных препаратов принадлежит высокоактивным продуцентам.

Внимание ученых разных стран привлекают базидиомицеты в качестве перспективных объектов биотехнологии. Базидиальные грибы продуцируют широкий спектр внеклеточных ферментов, позволяющих им утилизировать большой круг различных субстратов [3]. Поэтому поиск и отбор новых штаммов базидиомицетов – активных продуцентов энзимов целлюлазного комплекса и протеаз молокосвертывающего действия являются актуальными исследованиями.

Цель работы – исследование физиолого-биохимических особенностей штаммов *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. и их способности к синтезу внеклеточных гидролитических ферментов.

Объектом исследования выступали штаммы базидиального гриба *I. lacteus* 2482, 2483 и 2484. Скорость радиального роста штаммов определяли на картофельно-глюкозном агаре (КГА), сусло-агаре и агаризированной среде Чапека. Исследование целлюлазной активности штаммов *I. lacteus* проводили чашечным методом на плотной питательной среде с использованием Na-КМЦ в качестве единственного источника углерода [4]. Для определения молокосвертывающей активности штаммы *I. lacteus* культивировали на жидкой глюкозо-пептонной питательной среде в течение 25 суток. Молокосвертывающую активность культуральной жидкости (КЖ) штаммов *I. lacteus* определяли каждые 5 суток по методу Kawai, Mukai [5].

Установлено, наибольшая скорость роста мицелия штаммов *I. lacteus* наблюдалась при выращивании их на двух питательных среда – КГА и сусло-агар (табл.). Так для штаммов 2483 и 2484 скорость роста на КГА составляла 15,80 мм/сут. и 13,13 мм/сут. соответственно. Для этих штаммов не был выявлен рост мицелия на минеральной среде Чапека. Для штамма 2482 отмечена низкая скорость роста мицелия на питательной среде Чапека на уровне 3,43 мм/сутки.

Таблица

Скорость радиального роста и коэффициент целлюлазной активности штаммов *Irpex lacteus* (Fr.) Fr.

Штамм *Irpex lacteus*	Скорость радиального роста, мм/сут			коэффициент целлюлазной активности
	КГА	сусло-агар	среда Чапека	
2482	10,88 ± 1,22	12,56 ±2,01	3,43 ± 0,87	8,95 ± 1,29
2483	15,80 ± 2,21	13,01 ± 1,78	не выявлена	7,79 ± 1,58
2484	13,13 ± 1,89	11,82 ± 1,86	не выявлена	1,97 ± 0,54

Высокими коэффициентами целлюлазной активности характеризовались штаммы 2482 и 2483 (табл.), образуя зоны просветления на питательной среде, содержащей Na-КМЦ, достаточно большого диаметра.

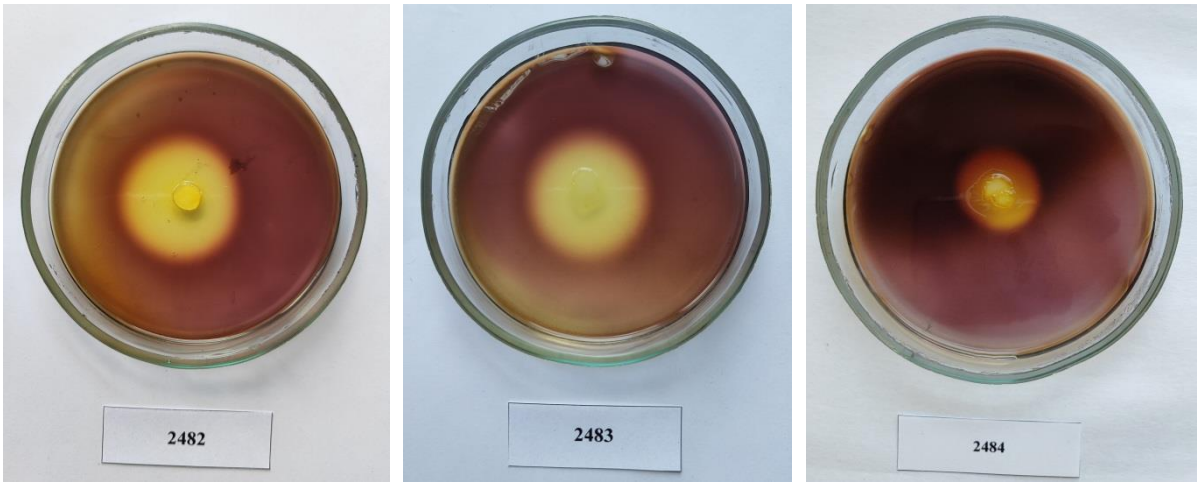


Рис. 1. – Зоны просветления на чашках Петри со средой, содержащей Na-КМЦ, указывающие на целлюлазную активность штаммов *Irpex lacteus* (Fr.) Fr.

На рисунке 2 представлена молокосвертывающая активность штаммов *I. lacteus* 2482, 2483 и 2484. Установлено, что исследованные штаммы способны к синтезу внеклеточных ферментов молокосвертывающего действия уже с 5-х суток культивирования. Однако штаммы проявляли изменчивость по данному показателю, что согласуется с литературными данными [6]. Достоверно высокая активность экзогенных протеаз отмечена для штамма 2483, для штаммов 2482 и 8484 молокосвертывающая активность была на одном уровне.

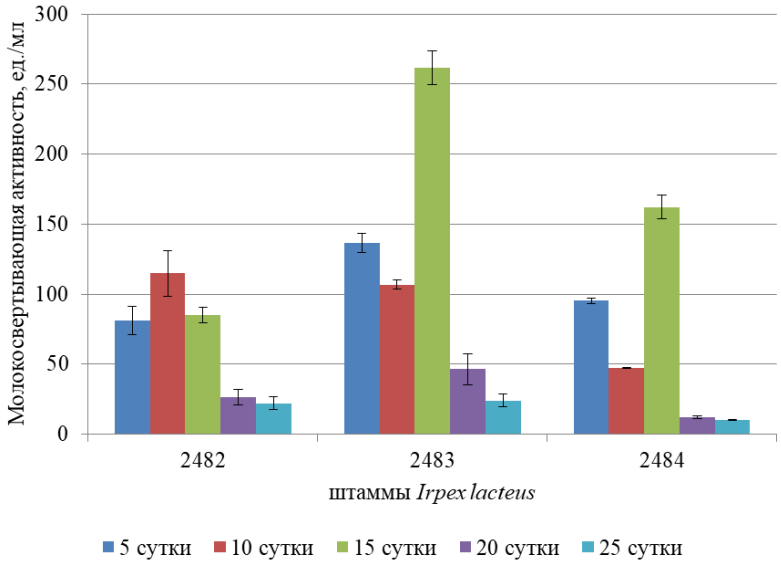


Рис. 2. – Молокосвертывающая активность штаммов *Irpex lacteus* (Fr.) Fr.

Максимальные значения молокосвертывающей активности штаммов выявлены на 10-е сутки культивирования для штамма 2482, на 15-е сутки для штаммов 2483 и 2484. На 20-е и 25-е сутки культивирования штаммов *I. lacteus* отмечено резкое снижение ферментативной активности, что связано с накоплением продуктов метаболизма гриба в питательной среде.

Таким образом, исследованные штаммы *I. lacteus* отличаются по скорости роста мицелия на натуральных и синтетических средах, способны к синтезу внеклеточных гидролитических ферментов – целлюлаз и протеаз молокосвертывающего действия.

Список литературы

1. Синицын А. П. Биоконверсия возобновляемой растительной биомассы на примере биотоплива второго поколения: сырьё, предобработка, ферменты, процессы, экономика / А. П. Синицын, О. А. Синицына // Успехи биологической химии. – 2021. – Т. 61. – С. 347–414.
2. Комплексная переработка отходов растительного происхождения / [Ш. Ш. Нурсеитов, Ж. С. Танирбергенова, А. Азаткали, Н. Бердиулы] // Наука и мир. – 2014. – № 3–1(7). – С. 192–194. – EDN SDLGCT.
3. Bisaria R. Mushrooms: Potential protein source from cellulosic residues / R. Bisaria, M. Madan // Enzyme and Microbial Technology. – 1983. – Vol. 5, No. 4. – P. 251–259.
4. A rapid and easy method for the detection of microbial cellulases on agar plates using gram's iodine / [R. C. Kasana, R. Salwan, H. Dhar, S. Dutt, A. Gulati] // Current Microbiology. – 2008. – Vol. 57. – P. 503–507.
5. Kawai M. Studies on milk clotting enzymes produced by *Basidiomycetes*. I. Screening test of *Basidiomycetes* for the production of milk clotting enzymes / Kawai M., Mukai. N. // Agric. Biol. Chem. – 1970. – V. 34, №.2. – P. 159–163.
6. Штаммовая изменчивость синтеза специфических молокосвёртывающих протеиназ у базидиального гриба *Irpex lacteus* / [О. В. Чемерис, В. В. Рашевский, К. А. Галкова, М. И. Бойко] // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. – 2016. – № 4. – С. 45–49. – EDN WVOTIF.

УДК 579.3:663.1:577.15

СОСТОЯНИЕ ПРООКСИДАНТНО-АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ ШТАММОВ КСИЛОТРОФНЫХ ГРИБОВ ПРИ ГЛУБИННОМ КУЛЬТИВИРОВАНИИ

Чайка А.В., ORCID 0009-0002-4693-088X
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
a.chaika.dongu@mail.ru

В условиях возрастающего интереса к природным источникам биологически активных соединений, грибы рассматриваются как перспективные продуценты вторичных метаболитов, в частности, антиоксидантов, которые находят применение в фармацевтике, пищевой промышленности и косметологии [3].

Состояние прооксидантно-антиоксидантной системы (ПАС) отражает не только уровень антиоксидантной защиты, но и интенсивность прооксидантных процессов, и предоставляет возможность глубже оценить физиологическое состояние продуцента и его способность к биосинтезу вторичных метаболитов [1]. Параллельная оценка ПАС в мицелии и культуральной жидкости позволяет определить локализацию антиоксидантных веществ, что критично для выбора стратегии выделения целевых соединений. В связи с этим, анализ ПАС мицелия и культуральной жидкости приобретает особую значимость в контексте поиска штаммов-продуцентов с высоким биотехнологическим потенциалом.

Цель работы – выявление штамм-специфичных особенностей состояния прооксидантно-антиоксидантной системы мицелия и культуральной жидкости ксилотрофных грибов при глубинном культивировании.

В исследовании были использованы следующие штаммы: *Schizophyllum commune* Sc-13, *Pleurotus ostreatus* – Hk-35, Po-2113, DC, ЯК; *Ganoderma lucidum* pecan, *Irpex lacteus* C-13, *Fomes fomentarius* Ff-14, *Trametes hirsuta* Th-11, Trametes gibbosa Tg-1, *Trametes versicolor* Tv-11-11, *Daedalea quercina* Dq-08, *Laetiporus sulphureus* Ls-1301 и ТСЖ-4, *Xylaria polymorpha* Xp-1301. Штаммы культивировали глубинным способом в колбах на лабораторной качалке в течение 6 суток при температуре 25 ± 1°С. Определяли абсолютно сухую биомассу (АСБ) мицелия весовым методом. Состояние прооксидантно-антиоксидантной системы мицелия и культуральной жидкости оценивали по интенсивности торможения накопления продуктов перекисного окисления в реакции окисления твин-80 кислородом воздуха [2].

Полученные экспериментальные данные обрабатывали статистически. Достоверной считалась разница при уровне значимости $p < 0,05$.

Было установлено, что показатели состояния прооксидантно-антиоксидантной системы мицелия исследуемых штаммов варьируют в диапазоне приблизительно от -230 % до +55 %. Наибольшие положительные значения ПАС установлены у штамма Th-11 (55,04 ± 6,17%) и Dq-08 (38,6 ± 2,1%). Ряд штаммов характеризовались резко отрицательными значениями ПАС (ниже -100%), среди них pecan и ТСЖ-4 с показателями -127,5 ± 17,6% и -123,4 ± 22,4%. Экстремальный минимум зафиксирован в мицелии штамма Ls-1303 (-207,86 ± 22,8%).

Состояние прооксидантно-антиоксидантной системы культуральной жидкости штаммов не характеризовалось такой выраженной поляризацией, как в мицелии, а наоборот, показатели были положительны для всех штаммов. Наивысший показатель ПАС установлен у штамма Ls-1303 (54,7 ± 2,5%), а наиболее низкий – у глубинной культуры Tg-1 со значением 14,15 ± 0,65%.

Анализ накопления абсолютно сухой биомассы глубинными культурами ксилотрофных грибов позволил разделить их на высокопродуктивные (АСБ > 3,5 г/л): Sc-13, Tv-11-11, Hk-35, среднепродуктивные (АСБ 2,0 – 3,5 г/л): T.h.-11, ЯК, Tg-1, C-13, Dq-08, DC, Po-2113 и низкопродуктивные (АСБ < 2,0 г/л): Ff-14, pecan, ТСЖ-4, Ls-1303, Xp-1301. Наибольшее накопление АСБ характерно для штамма Sc-13 (6,95 ± 0,054 г/л), а наименьшее – для Ls-1303 (0,19±0,02) г/л. Установлено отсутствие прямой корреляции между накоплением биомассы и показателями ПАС мицелия и культуральной жидкости исследуемых штаммов грибов.

При глубинном культивировании у исследуемых штаммов ксилотрофов состояние прооксидантно-антиоксидантной системы не определяется продуктивностью по биомассе и имеет штамм-специфичные различия в мицелии и культуральной жидкости.

Список литературы

1. Соколов А. В. Роль каротиноидов в антиоксидантной защите грибной клетки: диссертация ... кандидата биологических наук: 03.00.04. / А. В. Соколов / Ин-т биохимии им. А. Н. Баха РАН. – Москва, 2004. – 109 с.
2. Чайка А. В. Реакция прооксидантно-антиоксидантной системы как критерий отбора устойчивых к гипертермии штаммов *Pleurotus ostreatus* / А. В. Чайка, Ю. А. Молодцова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2018. – № 3–4. – С. 137–145.
3. Wadhwa K. Comprehensive Review of the Diversity of Fungal Secondary Metabolites and Their Emerging Applications in Healthcare and Environment / K. Wadhwa, N. Kapoor, H. Kaur, et. al. // Mycobiology. – 2024. – 3;52(6). – P. 335-387.

УДК 635.8 + 574.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗИДИАЛЬНЫХ ГРИБОВ ДЛЯ БИОДИАГНОСТИКИ НАРУШЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Чемерис О.В., канд. биол. наук, ORCID 0000-0002-2446-4710
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
chemeris07@rambler.ru

Стремительные изменения в экосистемах сопровождаются снижением биоразнообразия, распространением инвазивных видов, вредителей и патогенов. Для решения новых как теоретических, так и практических задач биологического мониторинга и экологического нормирования привлекаются новые объекты биоиндикации. В настоящее время помимо низших растений, бактерий и лишайников в качестве биоиндикаторов используют синантропные и напочвенные грибы, особенно представителей ксилотрофных базидиальных грибов [1].

Цель работы – оценить потенциал базидиальных грибов как биоиндикаторов в условиях техногенно нарушенных ландшафтов.

Класс Базидиомицеты (Basidiomycetes) включает большое количество самых разнообразных грибов, отличающихся друг от друга своим внешним видом и свойствами. Макромицеты широко распространены. Они встречаются как в природных, так и техногенных экосистемах. Являясь одним из звеньев биологического круговорота веществ в природе грибы осуществляют деструкцию и минерализацию органического вещества, и тем самым играют важную роль в лесных биоценозах [2]. Базидиальные грибы обладают мощной внеклеточной ферментативной системой, что позволяет им утилизировать сложные полимеры клеточных стенок древесины до ее полного разложения.

Базидиальные грибы являются удобной моделью биомониторинга, с помощью которой можно оценивать экологическое состояния природных и техногенно нарушенных экосистем, в том числе и в результате военного воздействия. Благодаря простоте своего строения грибы, обладая меньшей способностью к авторегуляции, находятся на более низком трофическом уровне, что делает их высокоспецифическими индикаторами в определенных условиях. Отдельные виды грибов, отличаются высокой чувствительностью по отношению к различным факторам среды – к изменению состава субстрата, влажности, кислотности.

Видовое разнообразие и обилие базидиальных грибов является индикатором состояния природных и нарушенных экосистем и может быть использовано для оценки интенсивности происходящих в них изменений. Старовозрастные и малоизмененные природные экосистемы с низкой степенью антропогенной нагрузки характеризуются видовым разнообразием ксилотрофных грибов. Такими индикаторами являются

– *Dichomitus squalens* (Karst.) Reid,
– *Porodaedalea pini* (Brot.: Fr.) Murrill,
– *Postia fragilis* (Fr.) Julich,
– *Postia hibernica* (Berk. & Broome) Julich,
– *Hymenochaete cinnamomea* (Fr.) Bres.,
– *Piptoporus quercinus* (Schrad. Ex Fr.) Pil. и другие виды [3]. Распространение данных видов грибов связывают с ограничением по субстратному и климатическому фактору [3, 4].

Для нарушенных вследствие антропогенного и военного воздействия ландшафтов характерна высокая степень механических повреждений деревьев, пожары, химическое загрязнение почв и вод. Под действием стресса увеличивается восприимчивость растений к патогенам вследствие снижения синтеза фитоалексинов и PR-белков. Поэтому в нарушенных экосистемах часто встречаются фитопатогенные виды, развивающиеся на ослабленных деревьях. Среди них отмечены *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr., *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill, *Spongipellis spumeus* (Sowerby) Pat. [3]. Образование большого количества поваленных деревьев, валежника и других растительных остатков вызывает увеличение численности ксилотрофных грибов. Многие виды ксилотрофных грибов указывают на комплексные нарушения природных экосистем вследствие антропогенных воздействий. Среди них *Trametes hirsuta* (Wulfen) Lloyd, *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm., *Schizophyllum commune* Fr., *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. и др., поражающие стволовую часть и корневую систему растений [5].

В последнее время большое внимание уделяется базидиальным дереворазрушающим грибам как индикаторам состояния природной среды в условиях загрязнения почв тяжелыми металлами и атмосферы промышленными выбросами. Исследования накопления тяжелых металлов плодовыми телами дереворазрушающих грибов позволяет провести оценку состояния экосистем, оценить уровень химической нагрузки на экосистему и разработать технологии реабилитации нарушенных ландшафтов, основанные на биосорбции опасных поллютантов грибами – микоремедиацию.

Плодовые тела *Leccinum aurantiacum* (Bull.) Gray, *Amanita muscaria* (L.) Lam var. *muscaria*, *Russula fragilis* Fr. var. *fragilis*, *Lycoperden perlatum* Pers. накапливают медь, свинец, серебро, цирконий, висмут; базидиомы *Fomes fomentarius* (L.: Fr.) Fr. и *Fomitopsis pinicola* (Sw.: Fr.) накапливают ртуть и практически не накапливают кадмий и свинец [7]. Плодовые тела *Leccinum aurantiacum* (Bull. ex St. Amans), *Leccinum holopus* (Rostk.) Watling, *Lactarius volemus* (Fr.) Kuntze и *Tricholoma flavovirens* (L.) P. Kumm. накапливают цинк, кадмий, свинец и медь.

Для биоиндикации загрязнения атмосферы можно использовать базидиальные грибы *Flammulina velutipes* (Curtis) Singer, *Pleurotus ostrearus*

(Jacq.: Fr.) Kumm., *Schizophyllum commune* Fr. и *Irpex lacteus* (Fr.) Fr., не проявляющие узкую субстратную специализацию и способные накапливать в плодовых телах серу [1].

Однако использование грибов в качестве биоиндикаторов имеет определенные ограничения – мицелий может длительное время не образовывать плодовые тела, поэтому подтверждение достоверности результатов требует многолетних наблюдений.

Таким образом, базидиальные грибы можно рассматривать в качестве чувствительного биоиндикатора состояния экосистемы. На техногенно нарушенных территориях, в том числе и в результате военных действий, исследование базидиальных грибов позволит оценить их текущее состояние, а также проследить за процессами восстановления.

Работа выполнена в рамках государственного задания «Диагностика и оптимизация беллигеративных экотопов Донбасса методами биомониторинга и фиторемедиации» (№ FRRE-2026-0030, регистрационный номер 126072923682-2).

Список литературы

1. Колонтаева, Н. В. Ксилотрофные базидиомицеты как индикаторы загрязнения среды сернистым ангидридом / Н. В. Колонтаева // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2006. – № 4S(54). – С. 64-66. – EDN IUEPST.
2. Дудка И. А. Грибы. Справочник миколога и грибника / И. А. Дудка. – Киев: Наук. думка, 1987. – 259 с.
3. Маленкова, А. С. Микоиндикация состояния среды – региональный аспект / А. С. Маленкова, Д. Г. Укубаева, А. А. Чердинцев // Проблемы региональной экологии. – 2014. – № 5. – С. 166-169. – EDN THSSKR.
4. Сафонов М. А. Редкие виды грибов Оренбургской области: проблемы выявления, изучения и охраны. – Оренбург: изд-во ОГПУ, 2003. – 100 с.
5. Лабутина, М. В. Грибы-ксилотрофы памятника природы "Емашевская роща" как индикаторы состояния лесного фитоценоза / М. В. Лабутина // Человек и окружающая среда: экология, здоровье, образование: материалы Всероссийской научной конференции, Саранск, 30–31 мая 2019 года. – Саранск: Мордовский государственный педагогический институт имени М. Е. Евсевьева, 2019. – С. 34-37. – EDN YEXUSY.
6. Ивашов, П. В. Тяжелые металлы в макромицетах юга Дальнего Востока России / П. В. Ивашов // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. – 2012. – № 2. – С. 96-99. – EDN OXUHKF.
7. Адамжанова, Ж. А. Трутовые грибы как накопители токсичных металлов / Ж. А. Адамжанова, И. Н. Аникина, А. К. Султумбаева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2017. – № 7(153). – С. 83-87. – EDN YSRMBR.

Физиология человека и животных, медицина

УДК 611.4:616.718.5-001-092.9:663.05

ДИНАМИКА ОРГАНОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОДМЫШЕЧНЫХ ЛИМФАТИЧЕСКИХ УЗЛОВ У ИНТАКТНЫХ КРЫС В ПРОЦЕССЕ ОНТОГЕНЕЗА

Белик И.А., канд. мед. наук, доц., ORCID 0000-0001-7599-2305
ФГБОУ ВО «Луганский государственный медицинский университете имени Святителя Луки», г. Луганск, РФ
Evangelista0033@mail.ru

Стремительное развитие технологий ведет к росту антропогенной нагрузки на биосферу, что неизбежно отражается на физиологическом состоянии человека. Постоянное воздействие экзогенных химических агентов истощает компенсаторные резервы организма, где центральное звено иммунного ответа и адаптации отведено лимфоидной системе [3, 6].

Лимфоузлы выступают ключевыми регуляторами гомеостаза. Анализ их морфофункционального статуса позволяет оценить глубину дезадаптивных процессов, вызванных внешней – средой. Мониторинг органометрических характеристик этих органов дает возможность прогнозировать патологические изменения в различных системах организма при хроническом стрессе [2, 4].

Для корректной интерпретации патологических сдвигов необходимо иметь четкое представление о «норме» – базовых морфометрических показателях лимфатических узлов. Изучение структурных особенностей этих органов в интактном состоянии является фундаментальной задачей современной биологии и медицины, позволяющей создать эталонную базу для сравнительных исследований [1, 5].

Цель работы – **о**пределение количественных закономерностей изменения линейных размеров подмышечных лимфатических узлов у половозрелых крыс в норме.

Исследование проведено на 30 половозрелых самцах белых беспородных крыс (масса тела 200-210 г). Подопытные животные были разделены на 5 равных групп. Вывод из эксперимента осуществлялся поэтапно: на 3, 10, 15, 24 и 45-е сутки. Процедура эвтаназии проводилась строго в 10:00 под эфирным наркозом, после чего выполнялась декапитация. В ходе последующей аутопсии проводилась препаровка и извлечение подмышечных лимфатических узлов для проведения морфометрии.

С 3-х по 45-е сутки масса лимфатических узлов у интактных самцов крыс увеличилась на 51,6% ($p<0,05$). В промежутках 3-24-е сутки прирост был статистически незначимым. Линейные параметры узлов за тот же

период изменились неравномерно: длина возросла на 7,1% ($p<0,05$), ширина – на 15,1% ($p<0,05$), толщина – на 27,5% ($p<0,05$). Достоверных изменений этих показателей в интервалах 3-10-е, 10-24-е и 24-45-е сутки не выявлено. Объём лимфатических узлов у контрольных животных к 45-м суткам увеличился на 23,2% ($p<0,05$). При этом значимый прирост объёма наблюдался лишь с 1-х по 24-е сутки (+15,4%, $p<0,05$), тогда как в последующий период (24-45-е сутки) изменения оказались статистически недостоверными.

У половозрелых крыс-самцов в течение 45-дневного периода наблюдается естественный возрастной рост органометрических показателей подмышечных лимфатических узлов, при этом пиковые значения достигаются к 45-м суткам наблюдения. Данные показатели могут служить надежной нормой для сравнительного анализа в экспериментальных исследованиях.

Выявленные изменения характеризуются неравномерностью темпов прироста, что свидетельствует о различной динамике морфометрических параметров в исследуемые сроки. Полученные результаты отражают физиологическую изменчивость размеров подмышечных лимфатических узлов у интактных животных и могут быть использованы в качестве нормативных показателей при оценке морфофункциональных изменений лимфоидной системы в условиях экспериментального воздействия различных факторов.

Автор заявляет о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Список литературы

1. Белик, И. А. Экспериментальное исследование влияния нанесения дефекта в большеберцовой кости на органометрические показатели некоторых органов иммунной системы крыс - самцов / И. А. Белик, Е. В. Зинченко, Д. А. Астраханцев // Украинский морфологический альманах имени профессора В.Г. Ковешникова. – 2017. – Т. 15, № 3. – С. 8-12. – EDN YSWHUW.
2. Белик, И. А. Влияние высокой дозы тартразина на изменение ультрамикроскопических показателей селезенки и тимуса половозрелых крыс-самцов / И. А. Белик // Морфологический альманах имени В.Г. Ковешникова. – 2020. – Т. 18, № 4. – С. 6-12. – EDN CUBNQF.
3. Ковешников, В.Г., Влияние неблагоприятных экологических факторов на морфогенез костной, эндокринной и иммунной систем на ранних этапах постнатального онтогенеза / В.Г. Ковешников, В.И. Лузин, В.В. Маврич // Проблемы остеологии. – 2003. - Т.6, № 4. – С. 72-73.
4. Нечаев, А. П. Пищевые добавки / А. П. Нечаев, А. А. Кочеткова, А. Н. Зайцев.- М.: Колос, 2001; 256с.
5. Окислительный стресс. Прооксиданты и антиоксиданты. Е.Б. Меньщикова, В.З. Ланкин, Н.К. Зенкови [и др.]. М.: Слово. – 2006. - 553 с.
6. Ross, J.A., Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects, and safety / J.A. Ross, C.M. Kasum // Annu Rev Nutr. – 2002. – P. 19-34. doi: 10.2337 / diabetes.52.10.2554.

УДК 591.471.3:591.44:57.044

ВЛИЯНИЕ КВЕРЦЕТИНА НА ОРГАНОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЛИМФОИДНЫХ ОРГАНОВ КРЫС-САМЦОВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ ТАРТРАЗИНОМ И РЕПАРАЦИИ КОСТНОГО ДЕФЕКТА

Белик И.А., канд. мед. наук, доц., ORCID 0000-0001-7599-2305
ФГБОУ ВО «Луганский государственный медицинский университет имени Святителя Луки», г. Луганск, РФ
Evangelista0033@mail.ru

Сегодня здоровье человека изучается комплексно, с акцентом на факторы риска. В XXI веке продукты без пищевых добавок - редкость. Химические и природные соединения широко применяются для придания свойств и сохранения качества [1, 6]. Производство добавок растёт и количественно, и качественно. Среди красителей выделяется тартразин (Е 102). Дешевизна делает его популярным в напитках, мороженом и кондитерских изделиях [2, 4]. Вторая проблема современности – рост травматизма из-за ускорения жизни и индустриализации. Тяжесть травм растёт, нередко они ведут к смерти и инвалидности среди молодых и трудоспособных. Переломы костей голени составляют 8,1-36,6% всех повреждений длинных костей [3, 5]. Анатомо-физиологические особенности голени и характер травм определяют течение и исходы посттравматических процессов [3, 5]. Сращение отломков – сложный биологический процесс, вовлекающий весь организм [1, 3, 5].

Необходимо оценить возможность коррекции нарушений флавоноидом кверцетином, обладающим антиоксидантным действием. В отечественной литературе нет данных о влиянии кверцетина на органометрические параметры лимфоидной системы при высокой дозе тартразина и дефекте большеберцовых костей; зарубежные данные неполны и противоречивы [2, 4, 6]. Отсутствие целостной картины посттравматических и посттоксических изменений лимфоидных органов требует комплексного морфологического исследования. Систематизация изменений на разных уровнях интеграции иммунной системы позволит разработать обоснованные пути коррекции для защиты и адаптации организма при неблагоприятных факторах экзо- и эндогенной природы [1, 3].

Цель исследования – оценить влияние кверцетина на органометрические показатели органов лимфоидной системы у крыс-самцов на фоне 60-дневного воздействия высокой дозы тартразина и моделированного дефекта большеберцовых костей.

Исследование выполнено на 105 половозрелых белых крысах-самцах, разделённых на три группы. Первая – контроль (интактные животные).

Вторая получала тартразин в дозе 1500 мг/кг массы тела ежедневно в течение 60 дней с последующим однократным нанесением дефекта большеберцовой кости. Третья (опытная) – на фоне того же курса тартразина параллельно вводили кверцетин (50 мг/кг, водная суспензия), после чего также однократно наносили дефект. Оценивали массу и линейные параметры органа (длину, ширину, толщину).

При оценке органометрических параметров тимуса и селезёнки у половозрелых самцов крыс после однократного создания сквозного дефекта в большеберцовых костях, а также после 60-дневного введения тартразина в высокой дозе с параллельной коррекцией кверцетином (третья группа), зафиксировано устойчивое уменьшение массы, длины, ширины и толщины указанных органов относительно контрольных значений. Наиболее выраженные изменения наблюдались на третьи, десятые и пятнадцатые сутки. Снижение массы тимуса и селезёнки в третьей группе варьировало: на третьи сутки – 22,2% ($p<0,001$) и 19,3% ($p<0,001$) соответственно; на десятые – 16,2% ($p<0,005$) и 17,9% ($p<0,001$). К пятнадцатым суткам масса тимуса уменьшилась на 11,6% ($p<0,05$), селезёнки – на 15,5% ($p<0,001$). На 24-е сутки достоверное снижение сохранялось лишь для селезёнки (9,9%, $p<0,05$), а к 45-м суткам статистически значимых отличий не выявлено. Применение кверцетина не приводило к достоверным изменениям массы органов относительно животных без корректора.

Ширина и толщина тимуса и селезёнки также снижались: на третьи сутки для тимуса – на 10,4% ($p<0,001$) и 13,3% ($p<0,05$), для селезёнки – на 8,9% ($p<0,01$) и 10,1% ($p<0,05$). На десятые сутки показатели составили для тимуса 10,1% ($p<0,05$) и 11,5% ($p<0,05$), для селезёнки – 6,1% ($p>0,01$) и 9,7% ($p<0,05$). К пятнадцатым суткам ширина и толщина тимуса отличались от контроля на 5,2% ($p<0,001$) и 9,7% ($p<0,05$), ширина селезёнки – на 5,5% ($p<0,01$), тогда как толщина селезёнки была недостоверной. В дальнейшем достоверных различий не наблюдалось. Показатели у крыс с коррекцией не имели значимых отличий от животных без неё.

Таким образом, однократное формирование метадиафизарного повреждения в большеберцовых костях в сочетании с введением тартразина на фоне применения корректора кверцетина вызывает существенные сдвиги в органометрических параметрах тимуса и селезёнки, что сопровождается характерной временной последовательностью изменений.

Применение кверцетина в условиях воздействия тартразина и однократного создания дефекта способствовало уменьшению продолжительности периода снижения массы тимуса и селезёнки по сравнению с группой, не получавшей корректор.

Введение кверцетина в тот же период приводило к ослаблению выраженности сокращения длины, ширины и толщины указанных органов.

Проведённое исследование показало, что длительное воздействие высокой дозы тартразина в сочетании с моделированным дефектом

большеберцовых костей сопровождается выраженным снижением органометрических показателей тимуса и селезёнки у половозрелых крыс-самцов, наиболее значимым на 3–15-е сутки эксперимента. Применение кверцетина в дозе 50 мг/кг способствовало сокращению продолжительности выявленных изменений и постепенному восстановлению массы и линейных размеров исследуемых органов, которые к 45-м суткам статистически значимо не отличались от контрольных значений. Вместе с тем достоверных различий между животными, получавшими кверцетин, и группой без коррекции не установлено. Полученные результаты указывают на возможное положительное влияние кверцетина на динамику восстановления органометрических показателей лимфоидных органов, однако не позволяют однозначно подтвердить его корректирующую эффективность в исследованных условиях.

Автор заявляет о финансировании проведенного исследования из собственных средств.

Список литературы

1. Евтюгин, Г.А. Проблемы безопасности среды обитания человека. Ч. 2: Безопасность продуктов питания / Г.А. Евтюгин, Г.К. Будников, Е.Е. Стойкова // Казань: Казанск. гос. ун-т им. В. И. Ульянова-Ленина. - 2007. - 62 с.
2. Зайцева, Н.В. Актуальные вопросы методической поддержки оценки риска для здоровья населения при обеспечении безопасности продукции. / Н.В. Зайцева, П.З. Шур // Анализ риска здоровью. -2013. - №4. - С. 4-17. EDN RSFWVB
3. Белик, И.А. Экспериментальное исследование влияния нанесения дефекта в большеберцовой кости на органометрические показатели некоторых органов иммунной системы крыс - самцов / И.А. Белик, Е.В. Зинченко, Д.А. Астраханцев // Украинский морфологический альманах имени профессора В. Г. Ковешникова. - 2017. - Том 15, №3. - С. 8-12. EDN YSWHUW
4. Белик, И. А. Влияние высокой дозы тартразина на изменение ультрамикроскопических показателей селезенки и тимуса половозрелых крыс-самцов / И. А. Белик // Морфологический альманах имени В.Г. Ковешникова. – 2020. – Т. 18, № 4. – С. 6-12. – EDN CUBNQF.
5. Ковешников, В.Г. Влияние неблагоприятных экологических факторов на морфогенез костной, эндокринной и иммунной систем на ранних этапах постнатального онтогенеза / В.Г. Ковешников, В.И. Лузин, В.В. Маврич // Проблемы остеологии. - 2003. - Т. 6, № 4. - С.72-73.
6. Mehedi, N. Reproductive toxicology of tartrazine / N. Mehedi, S. Ainad-Tabet, N. Mokrane // Am J Pharmacol Toxicol. - 2009. -№ 4(4). - P. 130-135. 10.3844 / ajptsp.2009.130.135. DOI: 10.3844/ajptsp.2009.130.135

УДК 004.93:61

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ, ЯРКОСТНЫХ И ЦВЕТОВЫХ АУГМЕНТАЦИЙ НА ТОЧНОСТЬ ГИБРИДНОЙ МОДЕЛИ CNN + RANDOM FOREST В ЗАДАЧАХ БИНАРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ НОВООБРАЗОВАНИЙ КОЖИ

Бондаренко Н.Ю., ORCID 0009-0005-7581-8557,
Белоусова В.С., ORCID 0009-0007-2498-3733
Политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» в г. Таганроге, РФ
Gattaka2004@inbox.ru, viktoria.belousova.work@yandex.ru

Мобильные системы анализа кожных новообразований всё чаще рассматриваются как инструмент, способный хотя бы частично компенсировать дефицит дерматоскопической помощи. Их основное преимущество заключается в доступности: снимок, сделанный смартфоном, обрабатывается либо непосредственно на устройстве, либо на сервере, без специализированного оборудования. Однако условия съёмки в реальной практике слабо предсказуемы из-за изменения освещения, неправильного положения в кадре, разбалансировки белого и т.д. Из этого следует, что качество модели определяется не только архитектурой, но и тем, насколько широкий спектр искажений она способна выдержать без потери точности. Аугментация обучающей выборки выступает стандартным ответом на данный вызов, но её эффективность зависит от согласованности нескольких групп преобразований.

Сверточные нейронные сети (англ. convolutional neural network, CNN) – это разновидность алгоритма глубокого обучения и ключевая технология, лежащая в основе современной области ИИ. Их архитектура включает сверточные слои с нелинейными функциями активации, слои подвыборки (пулинга) и полносвязные слои, что позволяет эффективно выявлять сложные паттерны в визуальных данных [1]. Благодаря этим свойствам CNN нашли широкое применение в обработке медицинских изображений, повышая точность и скорость диагностики.

CNN активно используются для решения таких задач, как классификация, сегментация и детекция изображений, полученных с применением различных диагностических методов (эндоскопия, рентгенография, магнитно-резонансная и компьютерная томография, ультразвуковое исследование), а также в дерматологии и гистопатологии.

Для решения задачи бинарной классификации «доброкачественное или злокачественное» использовалось сбалансированное распределение подклассов внутри каждой категории (например, равные пропорции

различных типов как доброкачественных, так и злокачественных опухолей), что способствовало устойчивости модели и минимизации систематических ошибок классификации [2].

Логика проводимого эксперимента была следующая: комбинированное использование данных открытого датасет HAM10000 и собственных клинических снимков. Построенная архитектура включала предобученную свёрточную сеть как экстрактор признаков, а также ансамбль решающих деревьев (порядка 300) как классификатор. Такая архисекретная схема смогла обеспечить необходимую устойчивость к дисбалансу классов и переобучению. При этом аугментация применялась только к обучающей выборке, тогда как тестовая и валидационная части были неизменными, чтобы исключить утечку данных. В результате все значимые преобразования были сгруппированы следующим образом: геометрические (повороты, сдвиги, масштабирование, отражения); яркостные (изменение контраста и яркости, добавление гауссова шума); цветовые (изменение насыщенности, оттенка, цветового баланса).

Схема эксперимента была следующая (по возрастающей логике): базовый уровень, затем каждая группа отдельно в умеренном и избыточном режиме, затем комбинации групп. Помимо точности и F1-меры фиксировалось значение ROC-AUC, а также проводился анализ важности признаков в ансамбле деревьев.

Полученный результат был следующий: базовое обучение без аугментации дало точность около 84% при разрыве между обучающей и валидационной выборками 9%, что указывало на переобучение и недостаточную обобщающую способность. При этом геометрические преобразования оказались наиболее результативными. Умеренные повороты и сдвиги подняли точность до 88-89% и заметно стабилизировали метрику между фолдами. Это закономерно: новообразование может занимать любую область кадра и модель должна распознавать его независимо от позиции. Избыточные повороты и масштабирование, напротив, приводили к снижению точности, т.к. асимметрия и характер границ искажались вместе с артефактами.

Яркостные преобразования дали прирост в первую очередь за счёт устойчивости к условиям съёмки. Умеренные изменения яркости и контраста увеличили точность до 87%, а гауссов шум снизил чувствительность к шумам сенсора. Чрезмерное затемнение или пересвет лишали сеть части текстурной информации и эмбеддинги становились менее разделимыми.

Цветовые аугментации показали неоднозначный эффект. Умеренные изменения насыщенности и оттенка улучшали разделимость классов при дисбалансе, снижая зависимость модели от цветовых артефактов и особенностей освещения. Сильные цветовые искажения, напротив,

размывали диагностически значимые различия и снижали точность ниже базового уровня.

Наибольший результат был достигнут при комбинировании всех трёх групп в умеренных диапазонах: точность превысила 90%, ROC-AUC - 0,95. Это подтверждает гипотезу о синергии аугментаций при контроле их интенсивности. Сводные результаты экспериментов представлены в таблице.

Таблица

Влияние групп аугментации на точность гибридной модели CNN + Random Forest

Группа аугментации	Диапазон параметров	Точность, %	F1-мера	ROC-AUC
Без аугментации	-	84,0	0,829	0,902
Геометрическая	умеренный	88,7	0,879	0,941
Геометрическая	избыточный	83,1	0,818	0,894
Яркостная	умеренный	87,0	0,861	0,928
Яркостная	избыточный	82,4	0,811	0,887
Цветовая	умеренный	86,3	0,854	0,919
Цветовая	избыточный	81,7	0,803	0,879

Комплексная аугментация гибридной модели CNN + Random Forest подчиняется принципу согласованности: каждая группа преобразований вносит собственный вклад, но их совместное действие в умеренных диапазонах даёт эффект, превышающий сумму отдельных вкладов. Комбинирование всех трёх групп в умеренных пределах позволяет достичь точности выше 90% и ROC-AUC 0,953, что соответствует целевым показателям мобильных систем поддержки принятия врачебных решений. Избыточная интенсивность любой из групп приводит к деградации признакового пространства и падению качества ниже базового уровня.

Список литературы

1. Ворона А.А. Методы повышения устойчивости нейронных сетей к состязательным атакам в системах компьютерного зрения / А.А. Ворона, Е.А. Севастей // Молодой ученый. - 2026. - № 7(610). - С. 3-8. EDN LXEOML
2. Ламоткин А.И., Корабельников Д.И. Сверточные нейронные сети и визуальные трансформеры в диагностике опухолей кожи: сравнительный анализ эффективности моделей искусственного интеллекта в программах компьютерного зрения / А.И. Ламоткин, Д.И. Корабельников // Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология. - 2025. -18(3). - С. 365-375. DOI 10.17749/2070-4909/farmakoekonomika.2025.327 EDN HAFAKZ
3. Павлов М.П. Контролируемые трансформации изображений для расширения обучающих выборок моделей искусственного интеллекта в задачах компьютерного зрения // StudArctic forum. - 2026. - Т. 11. - № 2. - С. 24-32. EDN EVEMAO

УДК 613.9

ФОРМИРОВАНИЕ У ОБУЧАЮЩИХСЯ ОТНОШЕНИЯ К ЗДОРОВЬЮ И К ЗДОРОВОМУ ОБРАЗУ ЖИЗНИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ

Бондарев В.А., д-р. мед. наук, проф., ORCID 0000-0002-8578-8444,
Кошкина В.В.
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», г. Липецк, РФ
V95083104@gmail.com, kohka.nika@gmail.com

Цель – обосновать необходимость целенаправленного развития мотивации к ЗОЖ через интерес к физической культуре.

В последнее время формирование здоровья учащихся в образовательной среде является чрезмерно актуальным в связи с развитием науки и технологий, увеличением нагрузок и стрессов в процессе образования [3, 5, 6]. Физическое воспитание в образовательной среде призван формировать у ребёнка правильное и осознанное отношение к себе и своему здоровью [2].

Наши данные показывают значимость ориентации на здоровье проявляясь не только в когнитивном (осознании значимости), но и в поведенческом смысле (действиях, направленных на сохранение здоровья). В данном исследовании это выражается в личностных проявлениях детей, демонстрирующих стремление к приобретению знаний и навыков, способствующих сохранению их здоровья [1]. Следует заметить формы поведения, которым подражает ребенок, определяются влиянием взрослых. Поэтому мнение педагогов, обеспечивающих целенаправленное формирование и ответственности за собственное здоровье и здоровье близких, является основополагающей.

Определяется три уровня решения задач целенаправленного приобщения детей к ценностям ЗОЖ. Информационный (когнитивный) – сформированность знаний в области культуры здоровья, физической культуры, которая проявляется в соответствующих высказываниях и суждениях. Следующий уровень анализа ценностного отношения к здоровью – личностный – характеризуется наличием устойчивой положительной эмоциональной связи ребенка с содержанием образовательной деятельности (эмоциональномотивационный компонент). Ключевыми показателями данного уровня являются выраженный интерес к предлагаемым заданиям, наличие внутренней потребности в их выполнении, а также проявление положительных эмоций в процессе работы. И последний уровень – деятельностный, характеризует активное и целенаправленное вовлечение ребенка в практическую деятельность,

направленную на формирование и поддержание ЗОЖ. Этот уровень выходит за рамки пассивного восприятия информации и предполагает проявление инициативы, самостоятельности и ответственности в реализации полученных знаний и навыков в повседневной жизни [3].

Наши данные свидетельствуют, что сформированность значимого отношения к здоровью у детей наблюдается в поведенческих проявлениях, включающих специфическую деятельность, эмоциональные реакции и переживания. Объединение когнитивного, эмоционального и поведенческого компонентов наблюдается на каждом занятии, создавая развивающую среду.

Данные наших исследований подтверждают, что преподавателю необходимо вовремя замечать старание ребенка, его личные достижения, способность преодолеть страх и неуверенность [6]. Взаимодействие педагога при обучении предполагает не только передачу знаний, умений и навыков, но и трансляцию эмоционального контекста, посредством вербальной и невербальной экспрессии, коренным образом влияющего на качество образовательного процесса и формирование эмоционального климата в группе. Эффективное управление эмоциональным состоянием детей является определяющим фактором успешности обучения и развития. От педагога в большой степени зависит эмоциональный настрой на занятии и эффективность выполняемых упражнений [1].

Важным результатом технологии формирования ценностного отношения к здоровью и ЗОЖ в образовательной среде в процессе физкультурных занятий является расширение кругозора детей в вопросах сохранения здоровья и организации ЗОЖ, повышение уровня психофизических способностей и общего уровня здоровья.

Список литературы

1. Ефименко, Н. Е. Театр физического развития и оздоровления детей дошкольного и младшего школьного возраста / Н. Е. Ефименко. - Москва, 2013. - С. 450.
2. Кожухова, Н. Н. Воспитатель по физической культуре в школьных учреждениях / Н. Н. Кожухова. - Москва: Академия, 2012. - С. 22-25.
3. Магун, Т. Я. Влияние образовательной среды на здоровье учащихся / Т. Я. Магун, С. М. Ударцева, Н. И. Хван // Вестник Карагандинского университета. - 2005. - № 3. - С. 167-172. EDN ZWXXLF
4. Магун, Т. Я. Методика адаптивной физической культуры при подготовке будущих учителей к профессиональной деятельности: дис. … канд. пед. наук / Магун Т. Я.; Московский городской педагогический университет. - Москва, 2008. - С. 155. EDN QDZPKF
5. Онищенко, Г. Г. Проблема улучшения здоровья учащихся и состояние общеобразовательных учреждений / Г. Г. Онищенко. - Москва, 2011. - С. 336.
6. Панова, И. П. Организация мониторинга физического, психического здоровья и физической подготовленности школьников на основе электронного паспорта здоровья: учебно-методическое пособие / И. П. Панова, А. В. Чеботарев, И. А. Мищенко [и др.]. - Липецк, 2021. - С. 55. EDN HIBBSF

УДК 613

ОЦЕНКА ГИГИЕНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ В ФОРМИРОВАНИИ ЗОЖ И РОЛЬ ПЕДАГОГОВ В ЭТОМ НАПРАВЛЕНИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Бондарев В.А., д-р. мед. наук, проф., ORCID 0000-0002-8578-8444,
Долин Д.А.
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», г. Липецк, РФ
V95083104@gmail.com, dolin.buch@gmail.com

Цель – ***к***омплексное рассмотрение понятия здоровья как состояния полного физического, психического и социального благополучия, а не просто отсутствия болезней.

В повседневной жизни наблюдается недостаточное соблюдение педагогами основанных на научных подходах принципов здорового образа жизни, что проявляется в гиподинамии, нарушениях пищевого поведения, неадекватных методах отдыха и повышенном уровне психоэмоционального напряжения, приводящих к развитию соматических заболеваний.

Главная задача педагога – воспитание у обучающихся ценностного отношения к здоровью, формирование навыков самоконтроля, самопомощи, оказания первой медицинской помощи, безопасного поведения и эффективной коммуникации, а также понимания важности профилактики. По данным наших исследований, несмотря на это, в педагогической среде наблюдается высокая распространенность заболеваний сердечно-сосудистой системы (54%), органов пищеварения (62%) и центральной нервной системы (56%).

Начало процесса обучения сопровождается значительной психофизиологической нагрузкой, что приводит к ухудшению состояния здоровья детей. Осмотры, проведённые до начала обучения и в конце первого года обучения, подтвержденные нашими исследованиями, демонстрируют увеличение распространённости миопии (с 2,5% до 8,7%), сколиозов (с 0,5% до 1,8%) и нарушений осанки (с 3,7% до 7,2%).

Профессия педагога характеризуется высоким уровнем умственного и психоэмоционального напряжения, что и в сочетании с недостатком времени приводит к несоблюдению принципов здорового образа жизни, отсутствию самоконтроля состояния здоровья, недооценке роли рационального питания, а также скептическому отношению к традиционной медицине.

Наши исследования показали, что из-за дефицита времени и физической усталости 63% учителей не занимаются физкультурой, а 27% даже не имеют возможности прогулок на свежем воздухе, 17% –

практически совсем не отдыхают. Изучение отношение учителей к режиму и структуре питания показало, что 25% из них считают своё питание нерациональным и только 10% учителей, в основном в возрасте 50-59 лет питаются рационально. В рационах преобладают мясные, рыбные и овощные блюда (17-23%), у 13% - крупяные. В основном все регулярно завтракают, нерегулярно обедают 62% учителей, изредка или вовсе не ужинает - 37%. Возможность рекомендуемого 4-х разового питания исключена у всех опрошенных. Не соблюдают необходимую по рекомендации врачей диету 23% педагогов. Оценивая состояние своего здоровья, только 14% признали себя здоровыми, 24% отметили наличие острых заболеваний, у 43% имелась хроническая патология. А на диспансерном учёте состоит лишь 28% учителей. Составленная анкета позволила наряду с самооценкой здоровья выявить наличие патологии тех или иных органов и систем у учителей. Установлено, что более чем у половины опрошенных имелись заболевания сердечно-сосудистой системы, органов пищеварения и центральной нервной системы (58%, 61% и 55% соответственно), у 33% – ЛОР-органов, у 47% – органов зрения, у 21% – опорно-двигательного аппарата.

На состояние здоровья педагогов отрицательное влияние оказывает их незаинтересованность в своевременном проведении лечебно-профилактических и оздоровительных мероприятий. Только 27% учителей обращаются за медицинской помощью при подозрении на начало заболевания, 32% – когда не помогает самолечение, а 16% – не обращаются ни при каких условиях [1].

Система непрерывного санитарно-гигиенического просвещения педагогических работников включает пропаганду медицинских и гигиенических знаний с учетом возрастных и профессиональных особенностей, акцентируя внимание на промоушене здорового образа жизни. Интеграция модулей по здоровому образу жизни в программы гигиенического обучения педагогов обусловлена началом государственной диспансеризации работающего населения в рамках национальной программы «Здоровье». Эффективность диспансеризации зависит от осознанного отношения к профилактическим медицинским обследованиям. Успех программы определяется уровнем квалификации специалистов, ответственных за санитарно-гигиеническое просвещение педагогического персонала (учителей, преподавателей, психологов), что, в свою очередь, способствует снижению заболеваемости и смертности среди обучающихся и формированию здорового поколения.

Список литературы

1. Мухтарова Л.Р. Комплексная оценка влияния факторов внешней и внутришкольной среды на состояние здоровья учителей: на примере г. Липецка: автореф. дис.... канд. мед. Наук 14.00.07 - М.: 2005 - 30 с. EDN: ZNPPIN

УДК: 615.273.5:614.8.06:616-001.4-08

КОНСТРУИРОВАНИЕ ГЕМОСТАТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЧЕРЕЗ НАПРАВЛЕННУЮ МОДИФИКАЦИЮ БАЗОВЫХ СТРУКТУР

Будко Е.В., д-р. фарм. наук, проф., ORCID 0000-0001-8861-7491,
Ямпольский Л.М., канд. хим. наук, доц., ORCID 0000-0001-7575-9140
ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет», г. Курск, РФ
budkoev@kursksmu.net, yampolsky.leonid@yandex.ru

Несмотря на имеющийся в мире арсенал гемостатических средств для нужд тактической медицины, остается актуальным поиск все более эффективных разработок, позволяющих существенно повысить выживаемость. Ключевыми требованиями являются: надежная остановка кровотечения в течение 1-3 минут при сохранении общего кровотока, простота применения неподготовленным персоналом, компактность, стабильность при хранении в широком диапазоне температур, безопасность для живых тканей, наряду с достаточно мощной бактерицидностью, устойчивость гемостаза на период транспортировки.

Цель работы – обобщить современные подходы к созданию гемостатиков через направленную модификацию структуры и форм-факторов, показать реализуемость стратегий и практическую эффективность полученных продуктов на примере собственных разработок.

К гемостатикам предъявляется ряд требований, основные из которых: эффективная остановка крови в условиях обильного кровотечения, в том числе, «в луже крови», быстрота наступления эффекта (в течение 1-3 минут), стабильность и сохранение действия в экстремальных условиях (перепады температуры от -50 градусов до +50 градусов), а также срок годности в течение 3-5 лет и более [1, 4].

На сегодняшний день большинство гемостатиков относятся к группам мукоадгезивных агентов (хитозан, амилопектин) и концентраторам факторов свертывания (цеолиты, каолин). Наиболее продаваемыми являются средства на основе производных хитозана в различных вариациях:

– Celox (Великобритания),

– HemCon (США),

– российские «Гепоглос», «КровеСтоп», «Элларга».

При этом N-алкилирование и N-ацилирование хитозана снижают его растворимость в воде, но повышают сродство к мембранам и адгезию к тканям, например, N-стеарилхитозан, O,O′-дипальмитоилхитозан за счёт жирных кислот способны сформировать достаточно плотный сгусток. Карбоксиметилхитозан лучше растворим при pH 7,4 и удобен для гидрогелей: карбоксильные группы обеспечивают ионные взаимодействия с белками плазмы. Сульфатированный хитозан по заряду сходен с

гепарином, но без сильного антикоагулянтного эффекта, что позволяет регулировать свёртывание и снижать воспаление. Достаточно активно применяется кросслинкинг хитозана, например, глутаровым альдегидом или генипином для изготовления прочных губок, плёнок. Структурированные волокна такого материала не «разваливаются» в ране, по сути, играют роль матрицы при формировании тромба. Способность хитозана к хелатированию металлов позволяет получить полимерные комплексы ионов кальция, железа усиливающих гемостаз. Совмещение приведенных вариантов хитозана с наноструктурированием и привитием сополимеров обеспечивают лучшую биосовместимость.

Не менее распространены в качестве баз для разработки современных гемостатических средств каолин и цеолиты. Современные разработки нацелены на создание различных наноструктурированных форм, его конструкционный микс с хитозаном и альгинатом, разработку функциональных губок, гидрогелей, различных нетканых материалов или нановолокон с различными дополнительными компонентами, например, тромбином, фактором роста, цитокинами, ионами серебра для придания антибактериальных свойств.

Еще одна группа объединяет вещества, «способствующие денатурации белков» (неорганические соли металлов, а также соли акриловой кислоты и ее производных). Полиакрилаты образуют вязкую ячеистую структуру, на которой хорошо формируется тромб, являются основой клеев с гемостатической активностью.

Среди гемостатиков выделяют группу «стимуляторы агрегации и адгезии» (коллаген, целлюлоза) [3, 4]. Окисленная целлюлоза, например, действует как структурная гидратируемая матрица: впитывает кровь, набухает и помогает сформировать сгусток. Выпускается в виде губок, плёнок, сеток.

Несмотря на базовый компонент, большинство современных гемостатических средств являются комплексными и получены в результате модификации химической структуры и/или формы. Все средства, начиная от гемостатических губок российского, австрийского, норвежского производства до гемостатических материалов Великобритании и США, сочетают сорбционные и, собственно, тромбообразующие свойства [3, 4, 5]. Поиск форм для оптимального тактического применения привел к замене паст, порошков или гранул на тканные материалы специфичного плетения, бинты Z-fold (пропитанные гемостатиком), сетки, удерживающие каолин. Также встречаются исторически первые и незаслуженно забытые бинты из хлопка и ИПП на их основе [2]. При этом необходимо постоянно снижать издержки производства с сохранением качества и относительно низкой стоимости этих высокотехнологичных средств.

Исходя из указанных принципов, остается актуальным постоянная разработка новых гемостатических материалов, отвечающих всем

требованиям тактической медицины. Так, группой ученых-разработчиков из Курска была создана композиция с усиленным гемостатическим эффектом и гемостатическое средство на его основе. Данная разработка в 2026 году получила патентную защиту (RU 2857306 C1).

За счет усиленного синергетического эффекта группа изобретений обеспечивает создание гемостатической композиции с повышенной активностью коагуляции белков крови и тромбообразования, обладающей биологической совместимостью с тканями организма и антибактериальными свойствами. Данное средство применимо на догоспитальном этапе, где степень эффективности часто является ключевым фактором в спасении жизни. Разработано несколько форм гемостатических изделий со сроком действия 20-50 с: Z-бинты, салфетки двух основных размеров для тампонады открытых ран, валики для компрессионного гемостаза крупных сосудов.

Таким образом, существующие гемостатические средства необходимо совершенствовать, создавая новые молекулярные базисы, обеспечивающие необходимую скорость, объемность гемостаза, плотность и эластичность образующегося тромба, что требует направленной структурной модификации. На кафедре общей и биоорганической химии Курского государственного медицинского университета реализуются альтернативные стратегии, позволяющие эффективно купировать кровотечения при травматических поражениях различного уровня.

Список литературы

1. Будко, Е.В. Местные гемостатические средства и пути их совершенствования / Е.В. Будко, Д.А. Черникова, Л.М. Ямпольский, В.Я. Яцюк // Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. - 2019. - Т. 27, № 2. - С. 274-285. - - DOI: 10.23888/PAVLOVJ2019272274-285 EDN: SBEXGP
2. Грецов, И.Д. Эволюция системных и местных гемостатических средств, применяемых в условиях боевых действий / И.Д. Грецов, М.А. Дмитриев, Е.Г. Объедков, И.С. Иванов // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. - 2024. - № 11. - С. 94-99. – DOI 10.17116/hirurgia202411194. – EDN COGWXX
3. Мигалев, Д.А. Гемостатические средства на основе биоразлагаемых полисахаридов: современные тенденции / Д.А. Мигалев, Б.Б. Сысуев, Г.Э. Бркич, С.Б. Евсеева // Вестник ВГУ. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2024. – № 3. – С. 97–109.
4. Jamali B., Nouri S., Amidi S. Local and Systemic Hemostatic Agents: A Comprehensive Review // Cureus. - 2024. - Vol. 16, № 10. - P. e72312. - DOI: 10.7759/cureus.72312 – EDN AFQQZM.
5. Gheorghiță, D. Chitosan-Based Biomaterials for Hemostatic Applications: A Review of Recent Advances / D. Gheorghiță, H. Moldovan, A. Robu, A.I. Bița, E. Grosu, A. Antoniac, I. Corneschi, I. Antoniac, A.D. Bodog, C.I. Băcilă // International Journal of Molecular Sciences. - 2023. - Т. 24, № 13. - С. 10540. - DOI 10.3390/ijms241310540. – EDN GKOBZH.

УДК 616.12-008.46-07-08

ESC 2026: КЛЮЧЕВЫЕ НОВАЦИИ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ

Гмыря А.А., ORCID 0009-0007-4286-6901,
Стефано Е.А., ORCID 0000-0002-3513-3212
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького», г. Донецк, РФ
nastiagmirya03072003@list.ru

С 28 по 31 августа 2026 года в Мюнхене состоялся Конгресс Европейского общества кардиологии (ESC Congress). Центральным событием мероприятия стало представление новых руководств по диагностике и лечению сердечной недостаточности (СН) – патологии, которая остается ведущей причиной сердечно-сосудистой летальности в современном здравоохранении.

Цель – систематизировать ключевые изменения, представленных в рекомендациях ESC 2026 года по диагностике и лечению сердечной недостаточности, в сравнении с предыдущими версиями 2021-2023 г.

Согласно новым рекомендациям, были приняты 1) стадии сердечной недостаточности (A-D), 2) пересмотрена классификация сердечной недостаточности, 3) установлены возрастные пороги NT-proBNP (N-терминальный промозговой натрийуретический пропептид), 4) введена новая классификация медикаментозной и интервенционной терапии.

Исходя из рекомендаций ESC 2026, был упразднен фенотип СНунФВ. Данное изменение в классификации связано с тем, что пациенты с СНунФВ клинически и в рамках терапевтического ответа «похожи» на пациентов с СНнФВ. Для констатации фенотипа улучшенной фракции выброса прирост ФВ должен быть не менее чем 10%, а итоговое значение должно быть выше 40% или в пределах нормы. В то же время, были пересмотрены и стадии развития СН у пациентов.

К стадии А (наличие риска развития СН) относят людей, у которых имеются факторы риска сердечной недостаточности, однако при этом отсутствуют структурные изменения сердца, повышение кардиальных биомаркеров, а также какие-либо симптомы СН. К стадии В относят пациентов, у которых нет текущих или ранее отмечавшихся симптомов СН, но уже выявляется хотя бы один из следующих признаков: 1) структурные изменения сердца; 2) повышенный уровень биологических маркеров сердечного поражения; 3) нарушение систолической и/или диастолической функции сердца. К стадии С относят лиц с текущими или ранее имевшимися симптомами и/или признаками СН, которые обусловлены структурными и/или функциональными нарушениями сердца и соответствуют СН с сохранённой или сниженной фракцией выброса. К стадии D

(прогрессирующая СН) относят лиц с тяжелыми симптомами СН, выраженной непереносимостью физической нагрузки, тяжелой дисфункцией сердца, повторными эпизодами госпитализации по поводу СН, несмотря на адекватно подобранную и проводимую медикаментозную и немедикаментозную терапию.

Вместо привычного термина Guideline-Directed Medical Therapy (терапия, ориентированная на клинические рекомендации, «GDMT») введены новые терапевтические категории: 1) базисная медикаментозная терапия; 2) дополнительная медикаментозная терапия; 3) рекомендованная руководством интервенционная терапия.

Кроме того, до 2026 года был рекомендован единый порог биомаркера NT-proBNP для исключения СН. Однако, согласно ряду современных исследований, уровни NT-proBNP тесно связаны с возрастом. Поэтому было принято решение о введении новых возрастных порогов для NT-proBNP, в зависимости от возраста пациента (менее 50 лет, от 50 до 75 лет, более 75 лет). Нормальное значение NT-proBNP варьируется для пациента, что делает подход в терапии более индивидуализированным [2].

У пациентов с ожирением, с симптоматической СН, ФВ левого желудочка ≥45% и ИМТ ≥30 кг/м², рекомендован семаглутид или тирзепатид для снижения массы тела и улучшения переносимости физической нагрузки и качества жизни, независимо от статуса сахарного диабета. Интересен и подход в изучении анемических состояний у пациентов с СН. Вместо прежнего критерия, основанного на уровне ферритина (<100 нг/мл или 100–299 нг/мл при насыщении трансферрина <20%), рекомендации 2026 года предлагают использовать только насыщение трансферрина <20% в качестве основного маркера. Данное изменение обусловлено тем, что ферритин является не только белком, в форме которого запасается железо, но и белком острой фазы воспаления [3]. При СН, особенно в условиях декомпенсации, системного воспаления, уровень ферритина может быть ложно повышен, маскируя истинный дефицит железа.

Рекомендации ESC 2026 года отражают переход к более персонализированной и прогностически-ориентированной модели ведения пациентов с СН. Исследование проводилось без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Køber, L. 2026 ESC Guidelines for the management of heart failu re / L. Køber, M. Adamo, A. C. Ruwald [et al.] // European Heart Journal. - 2026. - DOI: 10.1093/eurheartj/ehag100
2. Сафроненко, В. А. Оценка уровня NT-proBNP у пациентов с артериальной гипертензией в возрасте 80 лет и старше в зависимости от наличия сердечной недостаточности и синдрома старческой астении / В. А. Сафроненко, А. И. Чесникова // Архивъ внутренней медицины. - 2024. - № 5. - С. 79. DOI: 10.20514/2226-6704-2024-14-5-352-360 EDN: JUDFQA
3. Latimer, K. Iron Deficiency Anemia: Evaluation and Management / K. Latimer, G. Baci, M. Layne // Am Fam Physician. - 2025. - Vol. 112. - P. 538-545. PMID: 41252836.

УДК 616.8:612.821

МЕДИАТОРНАЯ РОЛЬ МИОФАСЦИАЛЬНОГО СИНЕРГИЗМА НИЖНЕЙ ТРЕТИ ЛИЦА И ШЕИ ПРИ ИЗОЛИРОВАННОЙ БОТУЛИНОТЕРАПИИ ДЕПРЕССИВНЫХ СОСТОЯНИЙ

Данилова Т.И., канд. биол. наук,
Гришина Н.С., ORCID 0009-0000-7342-3870
АНО ВО «Национальный институт организации медицинской деятельности»,
г. Москва, РФ
grna_med@mail.ru

Использование ботулинотерапии позволило обосновать значимость соматосенсорных обратных связей в патогенезе нервно-психических расстройств [1, 5]. Тем не менее, терапевтический эффект в ряде случаев остается кратковременным или неполным. Подобный феномен диктует необходимость анализа биомеханических компенсаторных перестроек в синергичных и антагонистичных мышечных группах лица [3].

Цель исследования состоит в патогенетическом обосновании роли мышечных компенсаций нижней трети лица и шеи при изолированном введении ботулотоксина в межбровную область. В центре внимания – оценка гиперактивации *m. depressor anguli oris*, *m. platysma* и *m. sternocleidomastoideus* в качестве индукторов восходящих депрессивных соматосенсорных влияний.

Данные методологического анализа о тригемино-цервикальной конвергенции и кинематических перестройках мышечного тонуса при аффективной патологии свидетельствуют, что мимическая и цервикальная мускулатура образуют единый миофасциальный комплекс выражения негативных эмоций (паттерн «сворачивания») [2,3]. При депрессии лимбическая импульсация синхронно активирует верхние депрессоры [2,5,6] и каудальные мышечные группы [3]. Блокада глабеллы ботулотоксином типа А (БТА) прерывает первичную рефлекторную дугу [1, 2, 5, 6]. При персистировании аффективных нарушений ЦНС перенаправляет эфферентный сигнал по двигательным путям VII пары нервов на интактные синергисты нижней зоны, вызывая моторную компенсацию: 1) развивается гипертонус *m. depressor anguli oris* и платизмы, усугубляющий мимику тревоги; 2) через фасции платизмы спазм переходит на грудино-ключично-сосцевидные мышцы (ГКСМ) и трапециевидную мышцу, фиксируя анталгическую позу и вызывая боль [3].

Гипертонус платизмы и ассоциированной с ней поверхностной фасции приводит к биомеханическому ограничению подвижности шейного отдела. Цервикокраниалгия и ригидность плечевого пояса рефлекторно угнетают антагонистические мышцы-леваторы (*m. zygomaticus major et minor*), формируя клиническую картину соматизированной ангедонии [3].

Включается суррогатный трек обратной связи: проприоцепция от мышцы, опускающей угол рта (по ветви V_3 тройничного нерва), платизмы и ГКСМ (через волокна C_2–C_3) поступает в тригемино-цервикальный конвергентный комплекс ствола мозга. На уровне спинального ядра тройничного нерва происходит интеграция афферентных потоков; ЦНС перестает дифференцировать мышечную боль и эмоцию горя, воспринимая их как системный дистресс [3, 5]. Через вентропостеромедиальное ядро таламуса сигналы проецируются в кору и амигдалу [1, 4]. Данный паттерн трансформирует коннективность между префронтальной корой и лимбической системой, угнетая антиноцицептивные структуры и снижая болевой порог воротниковой зоны.

Постоянное раздражение миндалевидного тела сигналами нисходящего мышечного зажима вызывает стойкую гиперактивацию гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. Избыток кортизола на фоне снижения чувствительности центральных рецепторов к нему провоцирует активацию микроглии и местную гиперэкспрессию провоспалительных цитокинов (IL-1β, TNF-α). Развивающееся субклиническое нейровоспаление угнетает синаптическую пластичность в структурах лимбической системы.

Таким образом, соматический паттерн гипертонуса платизмы и шейно-плечевого региона замыкает макроскопический порочный круг: от миофасциального дискомфорта через нейроэндокринную дисфункцию к органическому закреплению резистентных форм депрессии [7].

Список литературы

1. Gilman Kuric T, et al. Beyond Improvement of Motor Symptoms: Central Effects of Botulinum Toxin on Anxiety and Depression in Focal Dystonia, Hemifacial Spasm, and Blepharospasm. Toxins. 2026;18(2):62. DOI 10.3390/toxins18020062 EDN KOCRYJ
2. Jamali Q, et al. Role of Botulinum Toxin in Treatment of Depression: A Review. BJPsych Open. 2025;11(4). DOI 10.1192/bjo.2025.10154
3. Kashif M, et al. Association of myofascial trigger points in neck and shoulder region with depression, anxiety and stress among university students. Journal of the Pakistan Medical Association. 2021;71(9):2139-2142. DOI 10.47391/JPMA.375
4. Kim MJ, Neta M, Whalen PJ. Botulinum toxin-induced facial muscle paralysis affects amygdala responses to the perception of emotional expressions: preliminary findings from an A-B-A design. Biology of Mood & Anxiety Disorders. 2014; 4:11. DOI 10.1186/2045-5380-4-11 EDN OEWOED
5. Müller-Oerlinghausen B, et al. Psychodermatological benefits of botulinum toxin treatment in the upper facial third: emotional regulation and affective symptoms. Frontiers in Psychiatry. 2026;17:1822916. DOI: 10.3389/fpsyt.2026.1822916 EDN NCBCKZ
6. Stark S, et al. Modulation of amygdala activity for emotional faces due to botulinum toxin type A injections that prevent frowning. Scientific Reports. 2023;13(1):3333. DOI 10.1038/s41598-023-29280-x
7. Wollmer MA, et al. Treatment of Depression with Botulinum Toxin. Toxins. 2022;14(6):383. DOI 10.3390/toxins14060383 EDN KKFVZQ

УДК 37.013

РОЛЬ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИОЛОГИИ ЧЕЛОВЕКА В ФОРМИРОВАНИИ ЗДОРОВОГО ОБРАЗА ЖИЗНИ

Добровольская Я.П., ORCID QSP-2502-2026
ФГБОУ ВО «Мариупольский государственный университет имени А.И. Куинджи»,
г. Мариуполь, ДНР, РФ
yana.dobrovolskaya1602@yandex.ru

Сегодня проблема формирования здорового образа жизни стоит особенно остро. По данным ВОЗ, сердечно-сосудистые заболевания, сахарный диабет, хронические респираторные патологии и некоторые виды онкологии во многом обусловлены модифицируемыми факторами – недостаточной физической активностью, нерациональным питанием, хроническим стрессом, нарушениями сна и вредными привычками и к тому же, значительная часть населения ориентируется не на научно обоснованные рекомендации, а на популярные тренды и «быстрые решения» из интернета – от экстремальных диет до бесконтрольных тренировок и самоназначения биодобавок [1]. Парадоксальность ситуации заключается в том, что обилие информации не приводит к росту физиологической грамотности. Напротив, из-за противоречивых советов и псевдонаучных концепций у людей формируется искажённое представление о том, что действительно полезно.

Цель – раскрыть значимость физиологических знаний как научной основы формирования здорового образа жизни, продемонстрировать, как понимание механизмов функционирования организма помогает выстраивать осознанные и безопасные повседневные практики, а также обозначить ключевые направления популяризации физиологической грамотности среди разных групп населения.

Человек может искренне желать быть здоровым, но не понимать, как устроен его собственный организм – какие процессы происходят при физической нагрузке, почему нарушение режима сна разрушает эндокринную регуляцию, каким образом хронический стресс трансформируется в соматическое заболевание.

Савкин А.Ю., рассматривая состояние физической подготовленности подростков и молодежи студенческого возраста, обращает внимание на масштаб распространения табак- и алкоголь-содержащей продукции в этой возрастной группе [2]. Подросток, не понимающий физиологических механизмов зависимости и восстановления, оказывается безоружен перед агрессивной средой потребления. Курс биологии в школе, как правило, дает фрагментарные знания об органах и системах, но крайне редко связывает их с прикладными вопросами повседневного самочувствия. В отдельных регионах – например, там, где реализуются пилотные программы

Минздрава по общественному здоровью, – заметен рост осведомленности школьников о базовых физиологических параметрах, таких как частота сердечных сокращений или индекс массы тела.

Получается своеобразный разрыв - физиологическое знание закреплено стандартом как профессиональная компетенция узкого круга специалистов, но не транслируется в объеме, достаточном для формирования грамотности у широких слоев обучающихся. Ребенок в общеобразовательной школе получает физиологические знания фрагментарно, через курс биологии, где раздел «Человек» изучается, как правило, в 8 классе и не связывается системно с последующими курсами химии, физкультуры или основ безопасности жизнедеятельности. Речь идет не столько о количестве учебных часов, сколько о качестве содержательной интеграции. Физиология изучается в рамках биологии, психология эмоций – в рамках обществознания, а гигиенические нормы – факультативно или вовсе не изучаются. Такая раздробленность затрудняет формирование целостной картины организма у обучающегося.

Что могло бы изменить ситуацию практически? Первое направление – включение отдельного модуля прикладной физиологии в учебные планы старших классов, с акцентом на связь физиологических процессов с повседневными решениями: питанием, сном, режимом нагрузок. Второе – переподготовка учителей физической культуры и биологии с расширением компетенций в области возрастной физиологии, поскольку действующий стандарт закрепляет такие компетенции лишь за выпускниками профильного направления подготовки. Третье направление, более отдаленное по срокам реализации, – разработка единой межпредметной программы, объединяющей биологию, физкультуру и основы безопасности жизнедеятельности в логике формирования целостной физиологической грамотности, а не разрозненных предметных блоков.

Здесь стоит признать, универсального рецепта не существует, и переоценивать потенциал образовательных реформ было бы наивно – культура здоровья формируется под влиянием множества факторов, включая семейную среду и социально-экономические условия, которые не сводятся к содержанию школьной программы. Но образовательный компонент остается одним из немногих рычагов, поддающихся целенаправленному управлению на государственном уровне, и именно поэтому его недооценка выглядит стратегической ошибкой.

Список литературы

1. Лопатина Е.А., Баранова А.Ю., Концевая А.В. и др. Детерминанты грамотности в вопросах здоровья: результаты первого популяционного исследования в Российской Федерации // Профилактическая медицина. - 2021. - Т. 24, № 12. - С. 57-64. DOI 10.17116/profmed20212412157. – EDN FWFDSJ
2. Савкин А.Ю. Оздоровительно-реабилитационная физическая культура. 2022. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=49705649.

УДК 577.352.3:616-092.18

РОЛЬ КАВЕОЛИНОВОГО КОМПЛЕКСА В НОРМЕ И ПАТОЛОГИИ: ОТ ЭНДОЦИТОЗА ДО АУТОФАГИИ

Данилова Т.И., канд. биол. наук,
Ильницкий В.В., ORCID 0009-0000-4985-2739
АНО ВО «Национальный институт организации медицинской деятельности»,
г. Москва, РФ
viktorilnitckii@mail.ru

Кавеолиновый комплекс (КК) представляет собой упорядоченный ансамбль структурных и регуляторных белков, детерминирующих биогенез кавеол – специализированных инвагинаций плазматической мембраны. Интеграция КК в систему внутриклеточного везикулярного транспорта и ведения липидного обмена определяет его значимость в поддержании клеточного гомеостаза. В настоящее время установлено, что функциональные нарушения данного макромолекулярного комплекса ассоциированы с изменением кинетики рецепторного эндоцитоза и процессов программируемой клеточной утилизации (аутофагии), что выступает триггером развития мультисистемной соматической патологии. Это делает исследование молекулярной архитектуры КК критически важным для современной патофизиологии.

Цель исследования – комплексный теоретико-методологический анализ молекулярных механизмов участия кавеолинового комплекса в регуляции эндоцитоза и аутофагии в норме, а также оценка его патогенетического значения как перспективной мишени для таргетной терапии социально значимых заболеваний.

Кавеолиновый комплекс (КК) – белковый комплекс, формирующий кавеолы (специфические инвагинации клеточной мембраны). Его ключевые компоненты:

– кавеолины (кавеолин-1, кавеолин-2, кавеолин-3) и
кавины (кавин-1, кавин-2, кавин-3, кавин-4).

Кавеолин-1 и кавин-1 критически важны для биогенеза кавеол: первый служит каркасом, связывающим холестерин и липиды, второй стабилизирует белковую оболочку на цитоплазматической стороне, индуцируя искривление мембраны [2].

Вспомогательные белки (EHD, паксин) регулируют стабильность и динамику комплекса. В норме КК участвует в эндоцитозе – захвате и доставке внеклеточного материала внутрь клетки. Кроме того, он модулирует сигнальные пути, регулирующие пролиферацию и выживание клеток, а также поддерживает липидный гомеостаз [1].

КК также влияет на аутофагию: кавеолин-1 может как подавлять, так и активировать этот процесс в зависимости от условий (например, фосфорилирование кальцитриолом усиливает аутофагию). Аутофагия позволяет клетке утилизировать повреждённые органеллы и белковые агрегаты, поддерживая энергетический баланс при стрессе (голодание, гипоксия, инфекция) [4].

При патологии дисбаланс КК ассоциирован с развитием ряда заболеваний: атеросклероз – нарушение транспорта липидов; нейродегенеративные заболевания – вследствие сбоя в аутофагии; некоторые формы рака – кавеолин-1 может выступать как онкосупрессор; мышечные дистрофии и диабет 2-го типа – при дефектах кавеолинов. Точность анализа медицинских изображений (МРТ, КТ, гистологические препараты) при заболеваниях, связанных с дисфункцией КК, обеспечивается искусственным интеллектом (ИИ) [3]. Благодаря ИИ анализируют большие массивы данных (клинические, молекулярные, генетические), чтобы прогнозировать индивидуальную реакцию пациента на терапию и подбирать оптимальные схемы с учётом особенностей кавеолинового пути.

Кавеолиновый комплекс функционирует как центральный биомеханический и сигнальный узел, координирующий процессы эндоцитоза и аутофагической деградации. Его молекулярная дезорганизация является сквозным звеном патогенеза сердечно-сосудистых, нейродегенеративных и онкологических заболеваний. Применение методов искусственного интеллекта для анализа молекулярно-генетических профилей открывает новые перспективы в идентификации изоформа-специфических мишеней внутри КК и разработке прецизионных протоколов таргетной терапии.

Список литературы

1. Истомина, М. В. [и др.] Эндоцитоз рецептора эпидермального фактора роста (ЭФР) и ЭФР-зависимые сигнальные пути в эндометриальных мезенхимных стромальных клетках человека линии 2804: выпускная квалификационная работа бакалавра; Санкт-Петербургский государственный университет. - Санкт-Петербург, 2020. - 50 с.
2. Скрябин, Г. О. [и др.] Липидные рафты в биогенезе экзосом // Биохимия. - 2020. - Т. 85, № 2. - С. 208-224. DOI: 10.31857/S0320972520020050 EDN AXRHIV
3. Хачатурян, А. В. Перспективы использования больших данных, искусственного интеллекта, машинного обучения, нейросетей и глубокого обучения в диагностике и лечении злокачественных опухолей мочеполовой системы // Современная онкология. - 2025. - Т. 27, № 2. - С. 86-92. DOI: 10.26442/18151434.2025.2.203225 EDN COZSBQ
4. Xu, J. [et al.] Relationship between autophagy and metabolic syndrome characteristics in the pathogenesis of atherosclerosis // Frontiers in Cell and Developmental Biology. - 2021. - Vol. 9. - Art. 641852. DOI: 10.3389/fcell.2021.641852 EDN WWRMGU

УДК 618.11-008.6

СИНДРОМ ПОЛИКИСТОЗНЫХ ЯИЧНИКОВ КАК КОМПЛЕКСНАЯ ПРОБЛЕМА ЖЕНСКОГО ЗДОРОВЬЯ: РЕПРОДУКТИВНЫЕ, ЭНДОКРИННЫЕ И ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Зайберлих Е.М., Аношкина Н.Л., канд. биол. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семёнова-Тян-Шанского», г. Липецк, РФ
ev_chik@mail.ru

Синдром поликистозных яичников занимает важное место среди эндокринных и гинекологических заболеваний женщин репродуктивного возраста. В учебной литературе по эндокринологии и гинекологии СПКЯ рассматривается в контексте нарушений гормональной регуляции, овуляции и репродуктивной функции. Актуальность проблемы определяется не только распространённостью синдрома, но и разнообразием его клинических проявлений. Название заболевания может создавать впечатление, что СПКЯ представляет собой преимущественно патологию яичников. Однако в его основе лежит сложное взаимодействие гипоталамо-гипофизарной системы, яичникового стероидогенеза и метаболических процессов. Поэтому СПКЯ необходимо рассматривать как комплексное состояние, затрагивающее различные стороны женского здоровья.

Значимое место занимает взаимосвязь СПКЯ с метаболическими нарушениями. Инсулинорезистентность и компенсаторная гиперинсулинемия способны влиять на функцию яичников и стероидогенез, формируя взаимосвязь между эндокринными, метаболическими и репродуктивными нарушениями [1]. При этом СПКЯ не следует отождествлять с обязательным наличием ожирения: нормальная масса тела не исключает нарушений углеводного обмена. Поэтому оценка состояния женщины должна основываться на результатах комплексного медицинского обследования.

Современные международные рекомендации подчёркивают необходимость оценки гликемического статуса и профилактики метаболических нарушений у пациенток с СПКЯ. Это позволяет рассматривать синдром не только как проблему менструального цикла и репродуктивной функции, но и как состояние, требующее долгосрочного наблюдения.

Отдельного внимания заслуживает психоэмоциональное состояние женщин с СПКЯ. Такие проявления, как акне, гирсутизм, изменения массы тела, нарушения менструального цикла и трудности с наступлением

беременности, могут негативно влиять на самооценку и качество жизни. Дополнительную психологическую нагрузку создаёт необходимость длительного наблюдения и лечения хронического состояния.

Исследования свидетельствуют о более высокой распространённости тревожных и депрессивных симптомов у женщин с СПКЯ по сравнению с женщинами без данного синдрома. При этом психоэмоциональные нарушения имеют многофакторную природу и могут быть связаны как с гормональными и клиническими проявлениями заболевания, так и с особенностями восприятия собственного тела, репродуктивными трудностями и стрессом. Поэтому международные рекомендации подчёркивают необходимость оценки психологического состояния и качества жизни пациенток.

Взаимосвязь стресса и репродуктивной функции также требует внимания. Выраженная психоэмоциональная нагрузка может сопровождаться различными соматическими проявлениями и изменениями функционирования репродуктивной системы.

Комплексный подход к СПКЯ предполагает гинекологическое и эндокринологическое наблюдение. Основными задачами являются коррекция нарушений менструального цикла и овуляции, лечение проявлений гиперандрогении, сохранение репродуктивного здоровья, выявление и профилактика метаболических нарушений. При наличии выраженных тревожных или депрессивных проявлений необходима психологическая или психотерапевтическая помощь.

СПКЯ является сложным и гетерогенным эндокринным состоянием, проявления которого выходят за пределы нарушения функции яичников. Оно может сопровождаться нарушениями овуляции и менструального цикла, гиперандрогенией, метаболическими изменениями и снижением качества жизни. Учебная литература по эндокринологии и гинекологии позволяет рассматривать СПКЯ как состояние, связанное с нарушениями взаимодействия репродуктивной и эндокринной систем. Современные международные рекомендации дополняют этот подход особым вниманием к метаболическому и психическому здоровью.

Таким образом, СПКЯ следует рассматривать не только как проблему яичников или причину нарушений менструального цикла, а как комплексную проблему женского здоровья. Медицинская помощь при данном состоянии должна быть направлена на сохранение репродуктивного, метаболического и психоэмоционального благополучия женщины.

Список литературы

1. Дедов И. И., Мельниченко Г. А., Фадеев В. В. Эндокринология: учебник для студентов медицинских вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2026. – 416 с.

УДК 615.015.11:616-002-092.9

ОЦЕНКА ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ АЛЬФА-ЦИАНОТИОАЦЕТАМИДА В ЭКСПЕРИМЕНТЕ IN VIVO

Иванова Э.Р., ORCID 0009-0000-1234-5678,
Бибик Е.Ю., д-р мед. наук, проф., ORCID 0009-0000-2345-6789,
Кривоколыско С.Г., д-р хим. наук, проф., ORCID 0000-0002-3456-7890
ФГБОУ ВО «Луганский государственный медицинский университет имени Святителя Луки», г. Луганск, РФ
ivanovaelina03@mail.ru

Воспалительный процесс является эволюционно обусловленной защитной реакцией макроорганизма, обеспечивающей локализацию и нейтрализацию повреждающих агентов инфекционной и неинфекционной природы. Вместе с тем нарушение регуляции воспалительного ответа, его хронификация и распространение патологического процесса лежат в основе этиологии и патогенеза широкого круга социально значимых заболеваний [1]. В клинической практике для купирования воспалительных реакций наиболее широко востребованы нестероидные противовоспалительные препараты (НПВС), однако их длительное применение сопряжено с высоким риском развития эрозивно-язвенных поражений желудочно-кишечного тракта. Указанный побочный эффект выступает основным лимитирующим фактором, ограничивающим использование данной группы лекарственных средств, особенно у пациентов с сопутствующей гастроэнтерологической патологией [2]. В этой связи актуальной задачей современной фармакологии является создание новых соединений, способных эффективно подавлять воспаление и одновременно лишенных гастротоксического действия.

Цель исследования – сравнительная экспериментальная оценка противовоспалительной эффективности и гастротоксичности производных альфа-цианотиоацетамида AS-143 и AS-144 относительно референтного препарата индометацина в условиях in vivo [3].

На первом этапе (задействовано 32 половозрелых самца белых беспородных крыс с массой тела 260–300 г) изучали противовоспалительную активность на модели формалинового отека. Крысы были рандомизированы в 4 группы (по 8 животных): контрольная патологии (без лечения), референтная (индометацин 10 мг/кг), опытные (AS-143 и AS-144 по 5 мг/кг). Отек провоцировали субплантарной инъекцией 0,1 мл 2% формалина в правую заднюю лапу. Тестируемые агенты и препарат сравнения вводили внутрижелудочно однократно за 90 минут до индукции воспаления. Оценку антиэкссудативного эффекта

производили онкометрически по разнице окружностей поврежденной и здоровой конечностей в интервалах 24, 48 и 72 часа. Второй этап (40 половозрелых самцов белых беспородных крыс с массой тела 260-300 г) предусматривал определение гастротоксичности при хроническом 14-дневном введении. Формировали 4 группы по 10 крыс: интактную (физиологический раствор), сравнения (индометацин 7 мг/кг) и две опытные (AS-143, AS-144 - 5 мг/кг). По завершении курса животных выводили из эксперимента, извлекали желудки, измеряли их длину и ширину, а также проводили макроскопическую визуализацию слизистой с бальной оценкой повреждений. Индекс изъязвления (ИИ) определяли как произведение средней степени повреждения на процент особей с язвами, деленное на 100. Данные подвергали статистической обработке с использованием t-критерия Стьюдента; различия признавали достоверными при $p < 0,05$.

В ходе первого этапа эксперимента установлено, что оба производных альфа-цианотиоацетамида обладают выраженным антиэкссудативным действием. Соединение с шифром AS-144 через 24 часа после введения обеспечивало разность окружностей конечностей на уровне 10,7%, тогда как в контрольной группе аналогичный показатель составлял 61,5%, а в группе индометацина – 57,7%. На 48-й час наблюдения разность для AS-144 снизилась до 4,5%, а на 72-й час достигла минимального значения – 2,3%, что говорит о практически полном купировании отека. Соединение AS-143 также проявило противовоспалительную активность, однако уступавшую AS-144: соответствующие величины составили 26,1%, 10,6% и 8,85%. В группе индометацина динамика была иной: к 48-му часу разность возросла до 32,5%, и лишь к 72-му часу уменьшилась до 12%. Таким образом, эффективность AS-144 превышала индометациновую в 5,2-7,2 раза (в зависимости от временной точки), а AS-143 – в 1,4-2,4 раза. Примечательно, что у крыс, получавших исследуемые вещества, с самого начала эксперимента сохранялась полноценная опора на обе конечности, отсутствовала болевая реакция на механическое раздражение, поведение оставалось спокойным и адекватным, что может свидетельствовать о наличии анальгетического компонента действия. При исследовании гастротоксического эффекта в интактной группе на всем протяжении эксперимента не наблюдалось каких-либо нарушений поведения, аппетита или внешнего вида. Макроскопически слизистая оболочка желудка выглядела неизмененной: бледно-розового цвета, с сохранными эластичностью и складчатостью, без признаков воспаления. Органометрические референсные параметры составили: длина $3,38 \pm 0,11$ см, ширина $1,70 \pm 0,19$ см. В группе индометацина уже со 2-3 суток регистрировались выраженные нарушения общего состояния — анорексия, снижение двигательной активности, тусклый взъерошенный шерстный покров. Гибель всех особей данной когорты наступила на 5-7-е сутки (2 – на 5-й день, 5 – на 6-й, 3 – на 7-й). Вскрытие выявило резкую гиперемию, отек

слизистой, а также язвенные дефекты: у 60% крыс – единичные (1 балл), у 30% – множественные (2 балла). Индекс изъязвления составил 1,13. Органометрия зафиксировала максимальное увеличение размеров желудка: длина – 4,72 ± 0,21 см (+39,6%, $p<0,05$), ширина – 2,60 ± 0,18 см (+52,9%, $p<0,05$), что указывает на преобладание отека над растяжением. Принципиально иная картина наблюдалась в опытных группах: хроническое введение AS-143 и AS-144 не вызывало изменений поведения, пищевой активности или внешнего вида животных. Макроскопически слизистая оболочка желудка оставалась интактной, без признаков воспаления, отека, гиперемии и эрозивно-язвенных поражений. Индекс изъязвления в обеих группах был равен нулю. Органометрические характеристики желудков у крыс, получавших AS-143 и AS-144, статистически не отличались от интактного контроля ($p>0,05$). Полученные данные убедительно показывают, что замена индометацина на производные альфа-цианотиоацетамида позволяет полностью избежать ульцерогенного действия, характерного для классических НПВС.

По результатам исследования установлено, что производные альфа-цианотиоацетамида AS-143 и AS-144 обладают выраженной противовоспалительной активностью на модели формалинового отека, при этом соединение AS-144 превосходит индометацин по эффективности в 5,2-7,2 раза. Оба соединения характеризуются отсутствием гастротоксического действия при 14-дневном курсовом введении, что подтверждается макроскопической картиной слизистой оболочки желудка и органометрическими данными.

Выявленное благоприятное соотношение эффективности и безопасности позволяет рекомендовать AS-143 и AS-144 для проведения расширенных доклинических исследований с целью разработки новых противовоспалительных лекарственных препаратов.

Список литературы

1. Sanguinarine-Chelerythrine Fraction of Coptis chinensis Exerts Anti-inflammatory Activity in Carrageenan Paw Oedema Test in Rats and Reveals Reduced Gastrotoxicity / M. Danielewski, S. Zielińska, A. Matuszewska [et al.] // Oxidative Medicine and Cellular Longevity. – 2022. – Vol. 2022. – P. 1504929. – DOI 10.1155/2022/1504929. – EDN GQAWIR.
2. Aly, M.H. Protective effect of astaxanthin on indomethacin-induced gastric ulcerations in mice / M.N. Aly, A.K. Said, A.M. Farghaly et al. // Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol. - 2024. - №397(12). - P.9897-9907. – DOI 10.1007/s00210-024-03266-8. – EDN RYHFPH
3. Новые 4-(2-фурил)-1,4-дигидроникотинонитрилы и 1,4,5,6-тетрагидроникотинонитрилы: синтез, строение и анальгетическая активность / Д. С. Кривоколыско, В. В. Доценко, Е. Ю. Бибик [и др.] // Журнал общей химии. – 2021. – Т. 91, № 9. – С. 1359-1374. – DOI 10.31857/S0044460X21090079. – EDN SVMIBQ.

УДК 37.015.3:004.8:616.831-073.96

НЕЙРОАДАПТИВНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ: ИНТЕГРАЦИЯ МОБИЛЬНОЙ ЭЭГ И ИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВНИМАНИЕМ И МЕНТАЛЬНЫМ БЛАГОПОЛУЧИЕМ УЧАЩИХСЯ

Исаев Г.И.[1], канд. мед. наук, доц., ***Казагачева С.В.***[2]
[1]Западно-Казахстанский медицинский университет им. Марата Оспанова, г. Актобе, Казахстан
[2]Актюбинский региональный университет имени К.Жубанова, г. Актобе, Казахстан
kazagach@mail.ru

Развитие технологий мобильной электроэнцефалографии (ЭЭГ) – портативных, беспроводных устройств регистрации биоэлектрической активности мозга, не требующих лабораторных условий, – открывает принципиально новые возможности для создания нейроадаптивных образовательных сред, способных в режиме реального времени отслеживать когнитивное и эмоциональное состояние учащегося и динамически адаптировать содержание и темп подачи учебного материала. В отличие от традиционных методов оценки вовлеченности обучающегося, основанных на субъективном наблюдении педагога или постфактумном тестировании, ЭЭГ-сигналы предоставляют объективные, непрерывные во времени данные о маркерах внимания, когнитивной нагрузки и эмоциональных состояний, что делает их привлекательным источником информации для алгоритмов искусственного интеллекта, управляющих персонализацией обучения.

Цель настоящего исследования заключается в анализе современных научных публикаций, посвященных интеграции мобильных ЭЭГ-технологий и систем искусственного интеллекта для управления вниманием и мониторинга ментального благополучия учащихся, в систематизации ключевых архитектурных решений и эмпирических результатов подобных систем, а также в определении основных этических ограничений, сопровождающих их внедрение в образовательную практику.

Одной из наиболее показательных концептуальных разработок последнего времени выступает предложенная в 2025 году модель, интегрирующая клинически валидированное мобильное ЭЭГ- устройство DreamMachine с адаптивными системами искусственного интеллекта: авторы предлагают создание нейроадаптивных образовательных сред, в которых данные ЭЭГ в реальном времени, включая маркеры внимания, когнитивной нагрузки и эмоциональных состояний, а также показатели ментального благополучия, направляются в алгоритмы искусственного интеллекта для динамической персонализации подачи учебного контента. Данная модель иллюстрирует общую логику построения нейроадаптивных

систем: замкнутый цикл «регистрация нейрофизиологического сигнала -> интерпретация состояния обучающегося средствами ИИ -> корректировка учебного взаимодействия».

Практическая реализация подобного цикла продемонстрирована в системе NeuroPilot – интерфейсе мозг-компьютер реального времени, предназначенном для повышения концентрации внимания студентов в условиях онлайн-обучения. Сопоставимый по архитектуре пример представлен системой NeuroChat – нейроадаптивным диалоговым ИИ-агентом для персонализации учебного взаимодействия на основе показателей ЭЭГ; при этом эмпирическая апробация NeuroChat дала неоднозначный результат: система статистически значимо повышала показатели когнитивной и субъективно воспринимаемой вовлеченности обучающегося, однако не обеспечивала значимого улучшения непосредственных результатов усвоения учебного материала.

Данный результат имеет принципиальное методологическое значение, поскольку демонстрирует, что повышение измеряемой вовлеченности учащегося в рамках нейроадаптивного взаимодействия не тождественно повышению образовательной эффективности – вывод, который необходимо учитывать при оценке подобных систем.

Развитие методов машинного обучения существенно расширило возможности классификации состояний внимания на основе сигналов ЭЭГ применительно к образовательным задачам. Так, в исследовании 2025 года, посвященном классификации внимания на основе ЭЭГ для повышения эффективности учебного процесса, представлена модель, обеспечивающая различение уровней сосредоточенности учащегося в процессе выполнения учебных заданий на основе анализа частотных характеристик электроэнцефалографического сигнала.

Применение ЭЭГ-технологий для мониторинга не только внимания, но и более широких показателей ментального благополучия учащихся и педагогов сопряжено с существенными рисками, зафиксированными в современных исследованиях. Показательным примером выступает исследование феномена нейронадзора (neurosurveillance) в академической среде, зафиксировавшее при институциональном применении технологий мониторинга нейроданных значительное повышение уровня стресса педагогов (на 35-52%) и усиление эмоциональной реактивности, ассоциированной с тревожностью (на 30%), одновременно со снижением показателей педагогической креативности (на 18-28%) и ростом методологической самоцензуры преподавателей (на 22-34%).

Систематический обзор этических вызовов применения ЭЭГ-технологий биологической обратной связи выявил семь устойчиво повторяющихся проблемных областей, включающих вопросы информированного согласия и автономии, риски психологического вреда для участников, проблемы справедливого и равного доступа к подобным

технологиям, а также вопросы конфиденциальности данных и управления данными, производными от активности мозга.

Проведенный анализ современной научной литературы показывает, что интеграция мобильной ЭЭГ и искусственного интеллекта в образовательные среды представляет собой активно развивающееся, но методологически незрелое направление исследований.

Технически подобные системы демонстрируют работоспособность в части регистрации и классификации нейрофизиологических коррелятов внимания и когнитивной нагрузки, однако эмпирические данные об их влиянии на итоговую образовательную эффективность остаются противоречивыми – повышение измеряемой вовлеченности учащегося не всегда сопровождается улучшением результатов усвоения материала.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на разработку строгих протоколов информированного согласия для образовательных ЭЭГ- систем и на долгосрочную оценку соотношения пользы и рисков нейроадаптивного обучения на репрезентативных выборках учащихся.

Список литературы

1. Барадари, Д. NeuroChat: нейроадаптивный ИИ-чат-бот для персонализации учебного опыта / Д. Барадари, Н. Космина, О. Петров, Р. Каплун, П. Маес // Proceedings of the 7th ACM Conference on Conversational User Interfaces (CUI ’25). 2025. 57. С. 1–21. DOI 10.1145/3719160.3736623.
2. Ольчюоглу, Р. Этические проблемы ЭЭГ-нейрообратной связи: систематический обзор пробелов, рисков и обязанностей / Р. Ольчюоглу, Р. В. Йылдырым // BMC Medical Ethics. 2026. Т. 27. 43. DOI: 10.1186/s12910-026-01408-4.
3. Ф. Дельгадо, Х. К. М. Нейронадзор в академической среде // NeuroData. 2026. Т. 3. Статья 151. DOI 10.63688/neurodata2026151.
4. Самимисабет, П. Мобильная ЭЭГ (DreamMachine) и искусственный интеллект в образовании: на пути к более интеллектуальным классам и улучшению психического здоровья / П. Самимисабет, Г. Пипа, К. Мориссе // Studies in Health Technology and Informatics. 2025. Т. 332. С. 304–308. DOI 10.3233/SHTI251550.
5. Сайед, М. К. Классификация внимания на основе ЭЭГ для повышения эффективности учебного процесса / М. К. Сайед, Х. Ван, А. А. Сиддики, Ш. Куреши, М. А. Гуда // Applied Sciences. 2025. Т. 15, № 15. 8668. DOI 10.3390/app15158668.
6. Снук, А. Носимые устройства для мониторинга психического состояния в классе: этические аспекты на основе анализа литературы и мнений старшеклассников / А. Снук, А.-М. Брауэр, И. В. Стулдрехер, П. Хаселагер, Д. Хорсткёттер // Frontiers in Neuroergonomics. 2025. Т. 6.1536781. DOI 10.3389/fnrgo.2025.1536781.
7. Виджая, А. Систематический библиометрический обзор исследований ЭЭГ в образовании: концепции обучения, вычислительные методы и перспективные направления исследований / А. Виджая, С. Хасибуан, В. М. Байхаки, Р. Дармаван, Р. Примарта, Ч. Суприянто // arXiv. 2025. Препринт arXiv:2509.26083. DOI 10.48550/arXiv.2509.26083.

УДК 616.127-008.64

ДИЛАТАЦИОННАЯ КАРДИОМИОПАТИЯ – ПАТОГЕНЕЗ И ПОДХОДЫ К ЛЕЧЕНИЮ

Капустян С.С., ORCID 0009-0006-4524-5775,
Черкащенко С.О., ORCID 0009-0004-8955-5949
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького», г. Донецк, РФ
ekaterina.stefano.99@mail.ru

Дилатационная кардиомиопатия (ДКМП) – это заболевание миокарда преимущественно генетически обусловленного характера, которое не является следствием органических заболеваний миокарда (например, ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия, разнообразные пороки), но приводящее к развитию систолической или диастолической дисфункции. Актуальность вопроса о своевременной диагностике и выбора наиболее эффективной терапевтической стратегии обусловлена тем, что именно ДКМП – третья по частоте причина развития хронической сердечной недостаточности у пациентов [1].

Целью работы является обобщение современных представлений о патогенезе ДКМП и анализ существующих подходов к ее лечению.

В современном медицинском сообществе принято считать, что ДКМП – генетически обусловленное заболевание. Как правило, развитие патологии связано с мутациями в определенных генах, интересно и то, что мутации в генах также связаны и с риском внезапной сердечной смерти [1]. С патогенетической точки зрения в процессах развития ДКМП определенную важную роль играет активация апоптоза, дисфункция эндотелия, а также нарушение строения внеклеточного матрикса.

В настоящее время внимание ученых приковано к роли матриксных металлопротеиназ (ММП). Например, повышение уровня ММП-1 становится фактором, стимулирующим расщепление коллагена 1 типа, что в свою очередь приводит к повышению уровня коллагена 3 типа. Коллаген 3 типа играет значительную роль в развитии ДКМП, потому что вызывает повышенную растяжимость миокарда, способствует дилатации левого желудочка. В то же время, повышенный синтез ММП-2 и ММП-9 вызывает распад компонентов клеточного матрикса, что на органном уровне становится причиной развития дилатации желудочков и предсердий, тем самым усугубляя как систолическую, так и диастолическую дисфункцию левого желудочка. Нельзя также исключать из патогенетического механизма воспалительный и аутоиммунный компонент [2].

Дело в том, что у некоторых пациентов при исследовании крови было определено повышение уровня провоспалительных цитокинов, а при аутопсии было доказано наличие инфильтрации миокарда иммунными клетками.

С целью лечения ДКМП в современной медицине применяются подходы, которые помогают замедлить прогрессирование заболевания и, по возможности, повысить качество жизни пациента. Из немедикаментозных рекомендаций применяется ограничение физической нагрузки, контроль употребления жидкости и поваренной соли, контроль диуреза. Из медикаментозных подходов главным остается традиционная терапия хронической сердечной недостаточности в зависимости от клинической картины ДКМП и показателя фракции выброса левого желудочка [3].

Пациентам назначаются ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента, в качестве альтернативы

– блокаторы рецепторов ангиотензина II (сартаны),

– диуретическая терапия,

– бета-адреноблокаторы,

– антиаритмические препараты и

– антикоагулянты.

По отдельным показаниям используются электрофизиологические методики. Конечно, радикальным методом лечения остается именно хирургический метод – трансплантация сердца [4].

Таким образом, ДКМП представляет собой тяжелое заболевание, патогенез которого генетически обусловлен, что приводит к повреждению кардиомиоцитов, нарушению сократительной функции миокарда. Современная терапия заболевания направлена преимущественно на коррекцию возникающей сердечной недостаточности и предупреждение ее осложнений.

Исследование проводилось без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Абдуллина, Д. Д. Сложность дифференциальной диагностики дилатационной кардиомиопатии / Д. Д. Абдуллина, Ю. В. Назарова // Производственная практика в медицинском вузе. Расширение горизонтов: Сборник тезисов Тринадцатой межрегиональной учебно-практической конференции обучающихся, Казань, 11-12 ноября 2024 года. - Казань, 2024. - С. 67-68. EDN PWNBLJ
2. Крючкова, О. Н. Дилатационная кардиомиопатия как полиэтиологическое заболевание, клинические особенности отдельных форм, современные направления терапии / О. Н. Крючкова, Е. А. Ицкова, Э. Ю. Турна [и др.] // Крымский терапевтический журнал. - 2024. - № 1. - С. 36-40. EDN FJYFIS
3. Легкова, К. С. Клинико-генетическая архитектура дилатационной кардиомиопатии в рамках одноцентрового исследования / К. С. Легкова, А. Н. Медведева, Д. А. Смирнов [и др.] // Российский кардиологический журнал. - 2025. - Т. 30, № S7. - С. 32. EDN YPPRWX
4. Галеева З. М. О причинах дилатационной кардиомиопатии в молодом возрасте / З. М. Галеева, А. С. Галявич, Л. В. Балеева [и др.] // Южно-Российский журнал терапевтической практики. - 2022. - Т. 3, № 3. - С. 85-90. DOI 10.21886/2712-8156-2022-3-3-85-90 EDN HUFJHP

УДК 616.248:575.174.015.3

ПОЛИМОРФИЗМЫ ГЕНА TAS2R14 И ВЕНТИЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ЛЕГКИХ ПРИ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЕ

Конев А.В., ORCID 0009-0006-4615-1455,
Конева К.А., ORCID 0000-0003-4645-3358
ФГБНУ «Дальневосточный научный центр физиологии и патологии дыхания»,
г. Благовещенск, РФ
andrkonev@vk.com

Рецепторы горького вкуса TAS2R экспрессируются в дыхательных путях. Их активация вызывает релаксацию гладкой мускулатуры бронхов [1]; для TAS2R14 этот эффект также подтвержден экспериментально [2]. Роль генетических вариантов TAS2R14 в формировании нарушений вентиляционной функции при бронхиальной астме (БА) изучена недостаточно.

Цель исследования – оценить ассоциации полиморфизмов TAS2R14 с вентиляционной функцией легких и бронходилатационным ответом у больных БА.

В ретроспективное поперечное исследование включены 244 больных персистирующей БА и 89 лиц без БА.

Исследовали шесть ОНП TAS2R14:

– rs8181,
– rs2708377,
– rs3741843,
– rs3916060,
– rs12322464 и
– rs7138535.

Проводили спирометрию, бронходилатационный тест с сальбутамолом и бодиплетизмографию.

Ассоциации оценивали линейной и логистической регрессией с поправкой на пол, возраст и индекс курения; первичной считали лог-аддитивную модель. Применяли FDR-коррекцию методом Бенджамини–Хохберга.

Минорный аллель C rs3916060 был ассоциирован с повышенным общим бронхиальным сопротивлением (Rawобщ: β=+33%; p=0,02) и снижением ФЖЕЛ (β=−9,0%; p=0,005).

Минорный аллель A rs7138535 ассоциировался с меньшей частотой фиксированной бронхиальной обструкции ОФВ1/ФЖЕЛ <70% (доминантная модель: ОШ 0,53; 95% ДИ 0,28-0,98; p=0,04).

Носительство минорного аллеля C блока rs8181/rs2708377/rs3741843 сопровождалось большим приростом МОС25 после сальбутамола (p<0,05),

что согласуется с ранее описанной связью вариантов TAS2R14 с бронходилатационным ответом [3]. Ассоциаций с приростом ОФВ1, положительной бронходилатационной пробой, гиперинфляцией и воздушной ловушкой не выявлено.

После FDR-коррекции ни одна ассоциация не сохранила статистической значимости, поэтому результаты следует рассматривать как номинальные и поисковые. Связь rs3916060 с повышением бронхиального сопротивления и снижением ФЖЕЛ биологически согласуется с участием TAS2R в регуляции тонуса гладкой мускулатуры дыхательных путей [1, 2]. Ограничениями являются поперечный дизайн, неполнота отдельных данных, малая частота минорных гомозигот и отсутствие контроля популяционной стратификации.

Сигнал блока rs8181/rs2708377/rs3741843 был ограничен MOC25 и не распространялся на ОФВ1, что может указывать на преимущественную связь с дистальным компонентом бронходилатационного ответа. Аналогичные ассоциации вариантов TAS2R14 с бронходилатационным ответом ранее описаны Yoon S. Y. и соавт. [3]; их функциональная правдоподобность поддерживается сохранностью TAS2R-опосредованной релаксации гладкомышечных клеток дыхательных путей при БА [4].

Полиморфизмы TAS2R14 могут быть связаны с отдельными показателями вентиляционной функции при БА:

– rs3916060 - с бронхиальным сопротивлением и ФЖЕЛ,

– rs7138535 - с фиксированной обструкцией, а

– блок rs8181/rs2708377/rs3741843 - с бронходилатационным ответом по MOC25.

Номинальный характер ассоциаций требует независимой репликации.

Список литературы

1. Deshpande D. A., Wang W. C., McIlmoyle E. L. et al. Bitter taste receptors on airway smooth muscle bronchodilate by localized calcium signaling and reverse obstruction // Nature Medicine. - 2010. - Vol. 16, № 11. - P. 1299-1304. DOI 10.1038/nm.2237
2. Ni K., Che B., Gu R. et al. BitterDB database analysis plus cell stiffness screening identify flufenamic acid as the most potent TAS2R14-based relaxant of airway smooth muscle cells for therapeutic bronchodilation // Theranostics. - 2024. - Vol. 14, № 4. - P. 1744-1763. DOI 10.7150/thno.92492 EDN: HSIWIF
3. Yoon S. Y., Shin E. S., Park S. Y. et al. Association between polymorphisms in bitter taste receptor genes and clinical features in Korean asthmatics // Respiration. - 2016. - Vol. 91, № 2. - P. 141-150. DOI 10.1159/000443796
4. Robinett K. S., Koziol-White C. J., Akoluk A. et al. Bitter taste receptor function in asthmatic and nonasthmatic human airway smooth muscle cells // American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology. - 2014. - Vol. 50, № 4. - P. 678-683. DOI 10.1165/rcmb.2013-0439RC

УДК 616-08-039.71

ПОКАЗАТЕЛИ КЛИНИКО-МЕТАБОЛИЧЕСКОГО СТАТУСА У ПОДРОСТКОВ С ОЖИРЕНИЕМ В ГЕНДЕРНОМ АСПЕКТЕ

Ларина Н.Г., канд. мед. наук, доц., ORCID 0009-0005-5288-9088,
Ларин Д.В., ORCID 0009-0008-7484-2282
ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»,
г. Великий Новгород, РФ
Natalya.Larina@novsu.ru

Систематические обзоры и метаанализ научных публикаций показывает, что распространенность ожирения центрального типа у детей и подростков достигла 41,5% (13,3 млн. обследуемых) [1], а это в свою очередь является своеобразным метаболическим фундаментом для развития инсулинрезистентности с сахарным диабетом II-го типа, нарушением липидного обмена и уровня мочевой кислоты, повышением артериального давления (АД). К сожалению, данные состояния имеют прогностически неблагоприятное течение и характеризуются хронизацией процесса с переходом во взрослую жизнь, причем необходимо отметить, что данные состояния в зависимости от пола могут иметь разную выраженность и сочетаемость, что делает интересным изучение данных различий.

Цель исследования – изучить гендерные особенности метаболических и клинических проявлений ожирения при динамическом наблюдении за подростками с ожирением. Дизайн исследования: выборка исследуемых составила 68 подростков с ожирением, со следующим распределением – 33 девушки (возраст 15±1,6) и 35 юношей (средний возраст 16,1±1,6 лет). Программу ВОЗ Anthro Plus (для детей 5-19 лет) использовали для расчета SDS индекса массы тела (ИМТ) с оценкой показателей антропометрии в соответствии с действующими нормативами, если ИМТ превышал +2,0 SDS - это расценивалось, как ожирение: 31,0 (27,0; 32,0) и 31,5 (27,5; 33,5) для юношей и девушек, соответственно. Диагностировали МС согласно действующим критериям, утвержденным IDF в 2007 году [2]. Все подростки прошли обследование, согласно клиническим рекомендациям по ожирению у детей (2024). Через 12 месяцев все участники программы были обследованы повторно.

По результатам исследования динамика клинико-метаболических показателей была следующей: антропометрия – достоверных различий между группами в зависимости от пола выявлено не было по ИМТ (31,0 (27,0; 32,0) и 31,5 (27,5; 33,5); (32 (27,3; 33,3) и 31,5 (27,4; 34,4), $p>0,05$ и индексу окружности талии к окружности бедер (0,82 (0,80; 0,88) и 0,80 (0,76; 0,88), (0,82 (0,81; 0,89); 0,84 (0,77; 0,88) ($p>0,05$), однако у части пациентов мужского пола имела место тенденция к увеличению ИМТ, что вероятно в

значительной степени связано с возрастной динамикой физического развития. Метаболический профиль: уровень глюкозы 5,58 (ммоль/л) (5,1; 5,7) и 5,61 (4,97; 5,75); 5,51 (5,23; 5,62) p>0,05, инсулин (мкМЕ/мл) (13,63 (11,54; 17,96) и 11,24 (9,14; 13,55) p=0,046; 13,82 (11,01; 18,01) и 12,41 (9,01; 13,51) p>0,05; холестерин (ХС) (ммоль/л) 4,11 (3,26; 4,45) и 4,38 (3,46; 5,0); 4,02 (3,23; 4,21) и (4,01; 5,12) p=0,014; ХС-ЛПНП (ммоль/л) 2,16 (1,42; 3,31) и 2,52 (2,13; 2,72); 2,04 (1,53; 2,91)и 2,32 (1,82; 2,63); ХС-ЛПВП (ммоль/л) 1,33 (1,12; 1,53) и 1,33 (1,24; 1,64) и 1,33 (1,23; 1,64) p>0,05.

При проведении корреляционной аналитики: уровни глюкозы натощак и уровень инсулина имели корреляционные взаимосвязи с ИМТ (0,55 и 0,56, соответственно, p<0,05) у лиц мужского пола; лица женского пола имели аналогичные результаты (коэффициент корреляции 0,56 и 0,55, соответственно).

Повышение АД имели 70% юношей и 68% девушек исследуемой группы (p>0,05), показатели суточного мониторинга АД были следующими: мах систолическое АД, (мм рт ст) у юношей 138 (134;139), девушек 135 (134;138), min систолическое АД (мм рт ст) у юношей 123 (120;124), у девушек 123 (121; 125), мах диастолическое АД (мм рт ст) у юношей 112 (111; 113), девушек 112 (110-113), p>0,05; min диастолическое АД 90 (90;92); 90 (87;93), p>0,05, индекс гипертензии (%) 55 (54;56), 54 (53;55), индекс гипотензии (%) 24 (23;26), 25 (25;26), p>0,05. В катамнезе через год данные показатели оставались на прежнем уровне: мах систолическое АД, (мм рт ст) у юношей 139 (134;140), девушек 135 (134;138), min систолическое АД (мм рт ст) у юношей 123 (120;124), у девушек 122 (121; 125), мах диастолическое АД (мм рт ст) у юношей 112 (111; 113), девушек 112 (110-114), min диастолическое АД 90 (90;92); 90 (87;93), p>0,05, Индекс гипертензии (%) 55 (54;56), 54 (53;55), индекс гипотензии (%) 24 (23;26), 25 (25;26), p>0,05.

Таким образом, значимых динамических изменений как данных антропометрии, АД и метаболических показателей, выявлено не было; однако корреляционные показатели оказались статистически значимы в отношении клинико-метаболических изменений в зависимости от пола, что объясняется различными гормональными механизмами.

Список литературы

1. Грицинская В.Л. К вопросу об эпидемиологии ожирения у детей и подростков (систематический обзор и мета-анализ научных публикаций за 15-летний период) / В.Л. Грицинская, В.П. Новикова, А.И. Хавкин // Вопросы практический педиатрии. - 2022. - Т.17. - №2. - С.126-135. DOI 10.20953/1817-7646-2022-2-126-135 EDN BTFVGE
2. Zimmet P.Метаболический синдром у детей и подростков / P. Zimmet, G. Alberti, F. Kaufman, N. Tajima et al. // The metabolic syndrome in children and adolescents - an IDF consensus report. Pediatr Diabetes. - 2007. - 8(5). - Vol.299-306. DOI 10.1111/j1399-5448.2007.00271.x

УДК 616.8-001.45-089.86:616-036.82

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИГРОВЫХ МЕХАНИК В ПРОТЕКЦИИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

Лисун А.О., ORCID 0009-0000-5861-3262
Труш В.В., д-р биол. наук, доцент, ORCID 0000-0001-8514-8431,
Овчаренко В.А., ORCID 0009-0005-9934-2696
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
lina.lisun@list.ru

По последним оценкам у каждого третьего человека в пожилом возрасте развивается деменция, а к 2030 году число больных может удвоиться [1]. В условиях естественного старения наблюдаются легкие возрастные когнитивные нарушения, которые со временем часто переходят в стадию деменции, при которой функциональные способности, необходимые для повседневной жизни, становятся сниженными [2]. Показано, что уровень когнитивной дисфункции коррелирует с когнитивным резервом – чем выше когнитивный резерв, тем меньше вероятность развития деменции, при этом меры поддержания когнитивного резерва должны выполняться в течение длительного времени без потери мотивации. В связи с этим, когнитивные протекторные механизмы фармакологического профиля все чаще экспериментально дополняются корректирующей терапией с использованием игровых механик, социального взаимодействия, интеллектуальной стимуляции и некоторых других [3]. Однако на сегодняшний день эффективность когнитивного тренинга вызывает споры в связи с недостатком данных для чётких клинических рекомендаций по их интеграции в систему здравоохранения, результаты метаанализов оказались непоследовательными.

Цель работы – провести ретроспективный метаанализ данных о когнитивных вмешательствах с использованием игровых механик на когнитивные функции здоровых пожилых людей, как возможного протекторного механизма развития деменции.

Имеющиеся сегодня видеоигры можно разделить на две категории – игры развлекательного характера, которые используются для досуга, и игры, направленные на стимуляцию и развитие когнитивных паттернов. Игровые механики, направленные на тренировку когнитивных функций, таких как внимание, память, многозадачность, пространственное ориентирование и некоторые другие, имеют ряд преимуществ перед другими видами вмешательств, что связано с их доступностью, гибкостью, индивидуальностью и увлекательностью, что значительно снижает вероятность отказа [4].

В связи с этим, в настоящее время достаточно хорошо развит рынок симуляционных игровых механик для нивелирования легких когнитивных нарушений и протекции развития деменции и болезни Альцгеймера, и имеется большой выбор юзабилити-тестированных игровых площадок, разработанных нейробиологами в сотрудничестве с геймдизайнерами, обеспечивающих не только тренировку умственных функций, но и позволяющих отслеживать и анализировать результат игр, на основании чего можно судить об их эффективности в развитии ментальной функции или об отсутствии ее регрессии в долговременной перспективе [1]. Как правило, в качестве экспериментальной группы выступали испытуемые возрастной категории более 60 лет при длительности эксперимента от 5 недель до нескольких лет [4]. Компьютеризированное когнитивное обучение может проводиться разными способами, включая индивидуальные упражнения или игры, групповые игры, онлайн-игры и игры на площадке. Когнитивные тренировки проводились в индивидуальных сессиях и в группах, под наблюдением или приватно, с различием продолжительности и частоты сессий, что приводит к значительной гетерогенности литературных данных. Однако объединяющая теоретическая предпосылка когнитивной тренировки заключается в том, что такие методики стимулируют нейропластичность, увеличивают когнитивные резервы, а значит, поддерживают или улучшают когнитивные функции. Также предполагалось, что когнитивная стимуляция может привести к нейрокомпенсации – развитию компенсаторных нейросетей, поддерживающих когнитивную работоспособность, потенциально маскируя или предотвращая клиническое проявление нейрокогнитивных заболеваний [5].

К игровым платформам, создание которых было нацеленно на защиту когнитивного потенциала участников, относятся так называемые «серьезные игры», которые связаны с разработкой самостоятельного приложения, например, игра «*Kitchen and cooking*», разработанная в рамках европейского проекта FP7 VERVE *(Vanquishing Fear through e-inclusion)*, сценарий которой нацелен на тренировку внимания, исполнительных и практических навыков, а также учет ошибок. Результаты пилотного исследования показали, что тренируемые показали уже спустя первую неделю тренировок значимо улучшались, а после четырех недель игры наблюдалось эффективное развитие когнитивных функций [6]. Ярким примером успешной интеграции игровых механик в нейропротекторную стратегию является игра «*NeuroRace*r», разработанная командой нейробиологов Калифорнийского университета в Сан-Франциско (UCSF), моделирующая ситуацию высокой когнитивной интерференции. Адаптивный алгоритм по типу замкнутого цикла (closed-loop algorithm) позволяет в режиме реального времени оценивать «стоимость многозадачности» и коррелировать индивидуальные параметры игры,

поддерживая когнитивную нагрузку на уровне около 80%, что соответствует уровню оптимального когнитивного вызова [4]. *FitBrains*, программа от Rosetta Stone Inc., предлагает 59 различных тренировочных игр, из которых 38 доступны на мобильной платформе. Игры ориентированы на одну из шести когнитивных областей – фокус, скорость, память, визуальное зрение, решение проблем и язык.

За последние годы рынок симуляционных игровых механик для нивелирования легких когнитивных нарушений и протекции развития деменции и болезни Альцгеймера, значительно вырос. Последние технологии геймификации стали включать программы когнитивных упражнений и социального взаимодействия, а также системы компьютеризированного когнитивного вовлечения, включающие обучение работе с планшетом и социальным взаимодействием, что помогает пожилым людям тренировать когнитивные функции и находиться в социальном взаимодействии, что также имеет положительный коррелят в протекции нейродегенеративных расстройств [1].

Поддержание когнитивного здоровья требует развития оптимального уровня мозга и когнитивных резервов на протяжении всей жизни. Несмотря на противоречивость литературных данных, использование игровых механик в качестве протекторов когнитивных дисфункций представляет собой перспективное направление на стыке нейронаук, когнитивной психологии и геймдизайна и требует более системного, комплексного и мультидисциплинарного подхода.

Список литературы

1. Contreras-Somoza, L.M. Usability and User Experience of Cognitive Intervention Technologies for Elderly People With MCI or Dementia: A Systematic Review / L.M. Contreras-Somoza, E. Irazoki, J. M. Toribio-Guzmán [et al.] // Frontiers in Psychology. – 2021. – Vol. 12. – Art. 636116. DOI 10.3389/fpsyg.2021.636116.
2. Lavrencic, L.M. Cognitive Test Norms and Comparison between Healthy Ageing, Mild Cognitive Impairment, and Dementia: A Population-Based Study of Older Aboriginal Australians / L.M. Lavrencic, H. Bennett, G. Daylight [et al.] // Australian Journal of Psychology. – 2019. – Vol. 71. – pp. 249-260. DOI 10.1111/ajpy.12241.
3. Iizuka A, Suzuki H, Ogawa S. Does social interaction influence the effect of cognitive intervention program? A randomized controlled trial using Go game. International Journal of Geriatric Psychiatry. – 2019. – Т. 34, № 2. – pp. 324-332. – DOI 10.1002/gps.5024.
4. Ishibashi, G. A. Effects of cognitive interventions with video games on cognition in healthy elderly people: a systematic review // Arq Neuropsiquiatr. 2023. – V. 81(5). pp 484-491. DOI 10.1055/s-0043-1764413
5. Grady C. The cognitive neuroscience of ageing // Nat Rev Neurosci. – 2012. – V. 13(7). P. 491-505. DOI 10.1038/nrn3256.
6. Manera V., Petit P.D., Derreumaux A., Orvieto I., Romagnoli M., Lyttle G., David R., Robert P.H. «Kitchen and cooking» a serious game for mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: a pilot study // Front Aging Neurosci. – 2015. – V. 7. P. 24. DOI 10.3389/fnagi.2015.00024.

УДК 615.272.2:616.379-008.64

ИНГИБИТОРЫ НАТРИЙГЛЮКОЗНОГО КОТРАНСПОРТЕРА 2 ТИПА В ЛЕЧЕНИИ САХАРНОГО ДИАБЕТА 2 ТИПА

Маркевич Я.В., ORCID 0009-0006-4524-5775,
Панчишко А.С., ORCID 0009-0003-3675-8198
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького», г. Донецк, РФ
yann.markevich@yandex.ru

Пациенты с установленным диагнозом сахарный диабет 2 типа (СД 2 типа) подвержены риску развития ряда осложнений, в том числе макрососудистых: 1) сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ); 2) острые нарушения мозгового кровообращения (ОНМК); 3) сердечная недостаточность (СН), а также микрососудистых: 1) хроническая болезнь почек (ХБП) – диабетическая нефропатия; 2) диабетическая микроангиопатия; 3) диабетическая полинейропатия. Ранее лечение СД 2 типа базировалось на стимуляции выработки инсулина или коррекции инсулинорезистентности. Внедрение в терапию ингибиторов натрийглюкозного котранспортера 2 типа (иНГЛТ 2, ингибиторы SGLT2, глифлозины) произвело глубокие изменения в терапии СД 2 типа. Наиболее важными эффектами действия этой группы препаратов считаются гипогликемический, осмотический, диуретический и натрийуретический эффекты [1].

На основании данных современных исследований проанализировать механизм действия и терапевтический эффект ингибиторов SGLT2, а также определить их текущее место в алгоритмах ведения пациентов с СД 2 типа.

Физиологический процесс реабсорбции глюкозы в проксимальных канальцах нефрона опосредован белком-транспортером SGLT2, который обеспечивает возврат в системный кровоток 90% глюкозы. Ингибиторы SGLT2 выступают в роли конкурентных антагонистов: блокируя активный центр белка, они препятствуют реабсорбции глюкозы. Глифлозины действуют как селективные и обратимые блокаторы SGLT2-белков, запуская в организме ряд важных процессов. Один из них – выведение глюкозы. Препараты блокируют обратное всасывание глюкозы в почках, из-за чего она активнее выводится с мочой [2]. Процесс ограничен (блокируется лишь 30-50% реабсорбции), так как включаются компенсаторные механизмы, например, работа SGLT1. Второй важный процесс – гемодинамическая коррекция: проксимальный канальцевый натрийурез активирует почечную тубулогломерулярную обратную связь за счет увеличения доставки натрия и хлорида в macula densa, что приводит к афферентной вазоконстрикции. У пациентов с хронической болезнью почек (расчетная скорость клубочковой фильтрации <60 мл/мин/1,73 м2) на фоне сниженной клубочковой

фильтрации ослабляются эффекты гликозурии. Эффективность глифлозинов не зависит от функции β-клеток, поэтому препараты этой группы эффективны при лечении СД 2 типа теоретически на любой стадии заболевания. Препараты этой группы не повышают риск гипогликемии (за исключением случаев сочетания с инсулином или стимуляторами секреции инсулина) и могут сочетаться с другими классами сахароснижающих препаратов. На сегодняшний день в клинической практике применяются следующие представители ингибиторов SGLT2 [3]. Эмпаглифлозин обладает наибольшей селективностью, в ходе клинических исследований он продемонстрировал благоприятное соотношение пользы и риска при монотерапии и в качестве дополнения к другим сахароснижающим препаратам у широкого круга пациентов. Было доказано, что эмпаглифлозин не только снижает уровень глюкозы, но и уменьшает массу тела и артериальное давление без компенсаторного увеличения частоты сердечных сокращений. В терапевтической тактике применяются также эртуглифлозин, дапаглифлозин, канаглифлозин. Доказано, что у пациентов с СД 2 типа ингибиторы SGLT-2 оказывают кардиопротекцию в виде снижения частоты сердечно-сосудистых осложнений, частоты госпитализаций по поводу хронической сердечной недостаточности, а также нефропротекцию [3].

EMPA-REG OUTCOME (клиническое испытание эмпаглифлозина) продемонстрировало снижение риска серьезных сердечно-сосудистых осложнений на 14%, смертности от сердечно-сосудистых заболеваний на 38%, смертности от всех причин на 32%, а также уменьшение частоты госпитализаций по причине декомпенсации сердечной недостаточности на 36%, что подтверждают целесообразность применения ингибиторов SGLT2 у пациентов с СД 2 типа и является перспективным терапевтическим и эндокринологическим направлением.

Информация о финансовой поддержке: исследование проводилось без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Стремоухов, А. А. Сахарный диабет 2-го типа в терапевтической практике: не всё так просто / А. А. Стремоухов // Лечащий врач. - 2025. - Т. 28, № 7-8. - С. 34-38. DOI 10.51793/OS.2025.28.8.005 EDN UQOWXM
2. Мадянов, И. В. Оптимизация сахароснижающей терапии у больных сахарным диабетом 2-го типа с очень высоким сердечно-сосудистым риском. Фокус на глифлозины / И. В. Мадянов, А. А. Ильина, А. А. Диарова // Здравоохранение Чувашии. - 2023. - № 2. - С. 44-51. DOI 10.25589/GIDUV.2023.11.53.010 EDN KAOQUW
3. Марущенко, М. Л. Глифлозины в лечении больных с сердечной недостаточностью // Современная медицина: взгляд молодого врача: Материалы I Международной научно-практическая конференции для ординаторов и молодых ученых. В 2-х томах, Курск, 16-17 мая 2023 года. Том I. - Курск: Курский государственный медицинский университет, 2023. - С. 251-253. EDN DXQVQJ

УДК 616.441-006-073.43

УЗ-ИССЛЕДОВАНИЕ В ВЕРИФИКАЦИИ ЗЛОКАЧЕСТВЕННЫХ НОВООБРАЗОВАНИЙ ЩИТОВИДНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

Мельник А.С., ORCID 0009-0003-8056-5828,
Стефано Е.А., ORCID 0000-0002-3513-3212
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького», г. Донецк, РФ
angelinka.nosova.05@mail.ru

Рак щитовидной железы – динамично диагностируемое онкологическое заболевание в современном мире. Согласно оценкам Международного агентства по изучению рака (IARC), в 2024 году в мире было диагностировано почти 1 миллион новых случаев рака щитовидной железы, при этом около 3/4 всех новых случаев пришлось на женщин. Ультразвуковое исследование (УЗИ) является ключевым методом визуализации при подозрении на злокачественные новообразования (ЗНО) щитовидной железы. Именно УЗИ позволяет не только выявить узловые образования, но и с высокой степенью вероятности предположить их злокачественный характер еще до морфологической верификации. Понимание того, какие именно сонографические признаки коррелируют с малигнизацией, имеет первостепенное значение для определения дальнейшей тактики ведения пациента [1].

Целью нашего исследования стала систематизация данных о роли УЗИ в верификации ЗНО щитовидной железы, а также анализ конкретных признаков, указывающих на злокачественный характер первичного узлового образования и регионарных лимфатических узлов.

УЗИ при подозрении на злокачественный процесс щитовидной железы выполняет несколько взаимосвязанных задач. При обнаружении узла в щитовидной железе УЗИ позволяет детально охарактеризовать его структуру, размеры, контуры и отношение образования к окружающим тканям [2]. Совокупность этих характеристик позволяет определить риск злокачественности. УЗИ является наиболее чувствительным методом выявления метастатического поражения шейных лимфатических узлов при раке щитовидной железы. На основании выявленных ультразвуковых признаков определяется необходимость выполнения тонкоигольной аспирационной биопсии (ТАБ) – ключевого метода морфологической верификации. Главными сонографическими характеристиками, ассоциированными со злокачественностью первичного узла, являются следующие: 1) выраженная гипоэхогенность – узел выглядит значительно темнее окружающей ткани органа; 2) микрокальцификаты – наличие мелких (≤1 мм) эхогенных включений без акустической тени; 3) форма – узел имеет

непараллельную ориентацию – его передне-задний размер превышает поперечный; 4) неровные или спикулообразные края; 5) признаки экстратиреоидного распространения. Метастазирование в регионарные лимфатические узлы – особенность папиллярного рака щитовидной железы [3]. К УЗИ-признакам метастатического поражения относятся: 1) отсутствие ворот лимфатического узла; 2) наличие кистозных изменений – кистозная дегенерация в лимфатическом узле; 3) наличие микрокальцификатов в лимфатическом узле; 4) при цветовом допплеровском исследовании может выявляться периферический или диффузный тип кровотока, в отличие от нормального центрального кровоснабжения; 5) повышение эхогенности коркового слоя лимфатического узла по сравнению с окружающими мышцами является независимым фактором метастазирования и его эксцентрическое утолщение [4].

УЗИ играет центральную роль в верификации ЗНО щитовидной железы. Наиболее значимыми признаками злокачественности первичного узла являются гипоэхогенность, микрокальцификаты, форма и неровные края. При оценке лимфоузлов ключевое диагностическое значение имеют отсутствие ворот, кистозные изменения, микрокальцификаты, аномальная васкуляризация и кортикальная гиперэхогенность. Совокупная оценка этих признаков позволяет с высокой точностью определить риск малигнизации и показания к морфологической верификации.

Исследование проводилось без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Можно ли идентифицировать высокодифференцированный рак уже при сонографическом исследовании щитовидной железы? / А. Г. Бутырский, В. Ю. Михайличенко, В. В. Дубовенко [и др.] // Таврический медико-биологический вестник. – 2020. – Т. 23, № 2. – С. 42-47. – DOI 10.37279/2070-8092-2020-23-2-42-47. – EDN JTKPSZ.
2. Возможности ультразвуковой и цитологической диагностики при различных вариантах рака щитовидной железы / О. И. Каганов, В. А. Соловов, А. А. Махонин [и др.] // Поволжский онкологический вестник. – 2026. – Т. 17, № 1. – С. 48-62. – DOI 10.32000/2078-1466-2026-1-48-62. – EDN GQXXTE.
3. Экстранодальный рост в метастазах папиллярного рака щитовидной железы - ультразвуковые критерии диагностики и его клиническое значение / В. С. Паршин, П. И. Гарбузов, В. В. Полькин [и др.] // Сибирский онкологический журнал. – 2023. – Т. 22, № 6. – С. 16-24. – DOI 10.21294/1814-4861-2023-22-6-16-24. – EDN WEXUGE.
4. Значимость метода ультразвукового исследования щитовидной железы с контрастным усилением в дифференциальной диагностике очаговых узловых образований / Д. А. Ракитина, А. М. Беляев, З. А. Раджабова [и др.] // Опухоли головы и шеи. – 2017. – Т. 7, № 2. – С. 12-15. – DOI 10.17650/2222-1468-2017-7-2-12-15. – EDN YTBBWH.

УДК 616-053.2:079.4

ОЦЕНКА ДИНАМИКИ СЕНСОРНЫХ ПРОФИЛЕЙ ЛЕТУЧИХ СОЕДИНЕНИЙ КАЛА ДЕТЕЙ

***Менжулина Д.А.*[1],**
***Мошурова Л.В.*[1], канд. мед. наук, доц., ORCID 0000-0003-0794-6002,**
***Кучменко Т.А.*[2],** д-р хим. наук, проф., ORCID 0000-0001-7812-9195,
***Волкова А.А.*[3], канд. мед. наук**
[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко», г. Воронеж, РФ
[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», г. Воронеж, РФ
[3]Воронежская областная детская клиническая больница № 1, г. Воронеж, РФ
dariakuchmenko@yandex.ru

Летучие соединения (ЛОС) кала отражают взаимодействие микробного метаболизма, питания и состояния кишечника. Интегральный сенсорный профиль можно получить без идентификации отдельных молекул. Для педиатрии существенны неинвазивный сбор материала и возможность повторного измерения. Цель работы – оценить регистрацию ЛОС кала детей портативным электронным носом, изменение профиля после вскрытия пробы и его связь с клиническими данными [1, 2].

Образцы пациентов 0-17 лет поступали в лабораторию Воронежской областной детской клинической больницы № 1 без отбора по диагнозу. Кал (2-4 г) собирали после естественной дефекации в стерильный контейнер. Газовую фазу исследовали восьмисенсорным анализатором «электронный нос – биодиагност» с пьезокварцевыми резонаторами и разными сорбционными покрытиями [3]. Время нагрузки составляло 60 с, десорбции – 100 с при регистрации с шагом 1 с. Пробы измеряли 2-3 раза; первое сканирование проводили сразу после вскрытия, второе – через 5 мин.



Рис.1. – Схема получения сенсорного профиля газовой фазы кала.

Рассчитывали максимальные отклики Fmax, площади под кривыми S, отношения откликов сенсоров и кинетические параметры сорбции. Из набора признаков для цветового кодирования выделили 16 наиболее устойчивых кинетических параметров – отношение сигналов сенсоров в

разные моменты нагрузки. Для сжатия многомерной информации сенсоров применяли авторский алгоритм Coloristic, по которому преобразовывали их в интегральную цветовую метку.

Максимальные отклики сенсоров сильно различались между пробами и сенсорами (рис. 2). Для проб 11 и 30 сигнал S1 составлял соответственно 13 936 и 638 Гц, а сигнал S2 – 1114 и 48,5 Гц. Абсолютные величины откликов зависят от ЛОС пробы и покрытия; сами по себе они не определяют клиническую группу. Поэтому сопоставляли совокупность откликов (профиль сигналов, отражающий профиль ЛОС) и их изменение при повторном измерении.

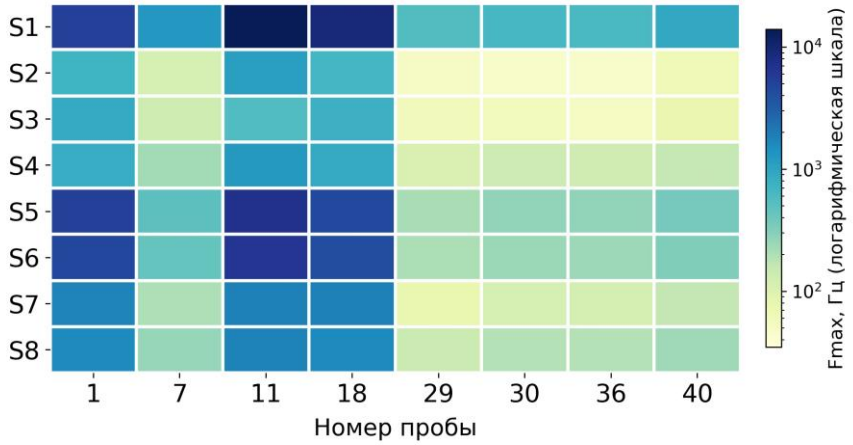


Рис. 2. – Максимальные отклики восьми сенсоров для выбранных проб. Цветовая шкала логарифмическая.

При повторном измерении основная часть интегральных меток сблизилась, а отдельные пробы (1, 11, 36, 29, 2) изменили положение сильнее. Для пробы 1 ребёнка с обострением атопического дерматита описано выраженное смещение. Проба 30 пациента с некротизирующим энтероколитом оставалась обособленной и мало менялась даже при третьем сканировании. Такие наблюдения за отдельными пробами позволяют связать изменения с присутствием в смеси ЛОС малых концентраций примесных соединений, которые ассоциированы с локальными нарушениями работы кишечника. Так, например, метки проб 11, 21, 29 и 36 при втором измерении оказались в близкой области; у соответствующих пациентов отмечен лейкоцитоз. Пробы 11 и 36 сопровождались также повышением билирубина. Корреляции отдельных показателей крови с измеренными ЛОС не обнаружено. Связь цветовой области с клиническим состоянием требует независимой проверки.

Вклад преаналитического этапа в результаты анализа биопроб оказался существенным. Так изучено влияние времени хранения проб на результаты сканирования ЛОС. Пробы доставлялись через 1-7 суток после сбора. При хранении дольше двух суток без замораживания газовая фаза заметно менялась: отклики могли расти при продолжающихся процессах в

кале, либо снижаться при естественном выветривании ЛОС. Наиболее информативным оказался анализ в первые 1-2 суток; при охлаждении при хранении биопробы до 4 °С – в течение 3-5 суток.

Вскрытие контейнера меняет доступную сенсорам газовую фазу. Поэтому повторный сигнал отражает одновременно воспроизводимость измерения и высвобождение либо потерю ЛОС. Два профиля нужно сохранять раздельно и сопоставлять; простое усреднение может скрыть особенность пробы. Для дальнейших исследований необходимо фиксировать время сбора, температуру хранения и интервал от вскрытия до каждого сканирования ЛОС биопробы.

При повторном сканировании важно разделять изменение газовой фазы после вскрытия и вариацию отклика сенсоров. Для этого нужны контроль контейнера, оценка повторяемости на одной пробе и регистрация температуры. Порог значимого смещения интегральной метки можно установить лишь после оценки такой вариации.

Возрастной диапазон пациентов 0-17 лет требует разделения на возрастные группы: питание и условия формирования кишечной микробиоты у грудного ребёнка и подростка существенно различаются.

Пилотная серия показала возможность регистрации индивидуальных профилей ЛОС кала детей. Случаи атопического дерматита, некротизирующего энтероколита, лейкоцитоза и гипербилирубинемии дают проверяемые гипотезы. Профиль кала не определяет непосредственно состав микробиоты; цветовая метка также не устанавливает причину заболевания, но позволяет утверждать малый размах координат в цветовом пространстве при стабильном функционировании кишечника. В этой серии проб нет сбалансированных групп контроля и независимой проверки модели, поэтому чувствительность и специфичность для конкретной патологии пока неизвестны. Дальнейшая работа требует стандартизации отбора и хранения, проверки устойчивости кинетических признаков и сравнения заранее сформированных клинических групп с учётом возраста, питания и лечения. Интегральный профиль и динамика его изменения может стать признаком для мониторинга состояния и при сопоставлении с лабораторными и клиническими данными [1, 2].

Список литературы

1. Volatile Organic Compound Assessment as a Screening Tool for Early Detection of Gastrointestinal Diseases / C. Dalis, F. M. Mesfin, K. Manohar [et al.] // Microorganisms. – 2023. – Vol. 11, No. 7. – P. 1822. – DOI 10.3390/microorganisms11071822. – EDN VBMKRM.
2. The Potential of Fecal Volatile Organic Compound Analysis for the Early Diagnosis of Late-Onset Sepsis in Preterm Infants: A Narrative Review / R. R. De Kroon, N. M. Frerichs, E. A. Struys [et al.] // Sensors. – 2024. – Vol. 24, No. 10. – P. 3162. – DOI 10.3390/s24103162. – EDN VQMNJF.
3. Патент № 2764964 C1 Российская Федерация, МПК G01N 27/12. Мобильное устройство на основе массива сенсоров для анализа биопроб малого объема : № 2021110885: заявл. 16.04.2021: опубл. 24.01.2022 / Т. А. Кучменко, Е. С. Доровская, Д. А. Менжулина, Р. У. Умарханов. – EDN GWDELN.

УДК 616.314.26-007.2-089.23

ВЛИЯНИЕ АНАТОМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ЗУБОЧЕЛЮСТНОЙ СИСТЕМЫ НА ВЫБОР ОРТОДОНТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ЛЕЧЕНИЯ НАРУШЕНИЙ ПРИКУСА

Михайлова М.Н., канд. мед. наук, доц., ORCID 0000-0001-6957-940X,
Гимафутдинова А.А., Гараев Р.Р.
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова»,
г. Чебоксары, РФ
mar3007@mail.ru

Современная стоматология располагает разнообразными методами коррекции прикуса, в том числе с помощью ортодонтических систем, хирургическими и комбинированными подходами. Однако эффективность этих методов во многом зависит от индивидуальных анатомических особенностей зубочелюстной системы пациента. Неправильный выбор метода лечения может привести не только к недостаточной коррекции функциональных нарушений, но и к ухудшению эстетических результатов, что подчеркивает важность предварительного детального анализа анатомии зубочелюстной системы конкретного пациента.

Цель исследования – проанализировать влияние анатомических особенностей зубочелюстной системы на выбор ортодонтических методов коррекции нарушений прикуса.

Физиологически правильным является вид прикуса, при котором верхние зубы перекрывают нижние не более, чем на 1/3, а челюстные ряды гармонично смыкаются. В своей работе мы рассмотрели выбор различных ортодонтических конструкций в лечении различных аномалий прикуса по материалам стоматологической клиники «Альмидент» г. Альметьевск Республики Татарстан РФ.

В современной ортодонтии выделяют следующие системы для исправления прикуса [1]: 1) брекет-система, или мультибондинг-система, представляет собой несъемный ортодонтический аппарат, который используется для исправления аномалий зубочелюстной системы, преимущественно в период постоянного прикуса; 2) каппы – это съемные ортодонтические конструкции, которые охватывают зубной ряд (или подбородок) и выполняют вспомогательную, защитную или удерживающую функцию; 3) элайнер (от англ. aligner – выравниватель) – это современная съемная ортодонтическая система, представляющая собой набор индивидуально изготовленных прозрачных капп.

Пациент 1 – мужчина 24 года. По панорамным снимкам наиболее заметна скученность нижних передних зубов и проблемное положение третьих моляров (рис. 1, А). Для исправления прикуса была выбрана брекет-система. Выбор пал на именно эту систему, так как брекеты дают более

жёсткий и точный трёхмерный контроль перемещения зубов, чем многие съёмные системы. При выраженной скученности и сильно повернутых зубах брекеты предсказуемее и эффективнее для расправления дуги и коррекции окклюзии.

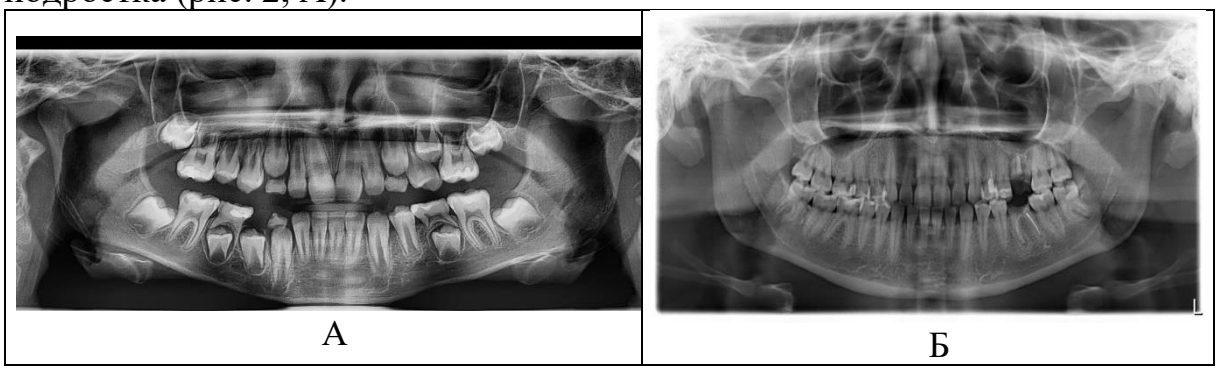


А Б

Рис. 1. – Зубные дуги мужчины 24 лет. Ортопантомограмма.
А – до установки брекет системы. Б – после лечения брекет-системой.

Брекет-система носилась на протяжении 2 лет. После ношения брекетов видны типичные положительные изменения (рис. 1, Б): 1) уменьшилась скученность в переднем отделе на нижней и верхней челюсти; 2) закрыты или уменьшены межзубные щели, улучшено положение клыков и премоляров; 3) полный контакт верхних и нижних зубов.

Пациент 2 – девушка 15 лет. Преимущественно постоянный прикус с развивающимися/ретинированными вторыми молярами – типично для подростка (рис. 2, А).



А Б

Рис. 2. – Зубные дуги девушки 15 лет. Ортопантомограмма.
А – до лечения. Б – после лечения элайнерами.

Вторые моляры (7-ки): все четыре видны в стадии формирования корней. Выбор пал на элайнеры, так как по анатомическим данным это преимущественно «дентальная» (т.е. зубоальвеолярная), а не сильная скелетная патология, и требуемые перемещения зубов – такие, которые элайнеры могут прогнозируемо выполнить. Кроме того, они менее травматичны и более эстетичны [2, 3], что было немаловажно для девушки. Предварительно были удалены оставшиеся молочные зубы.

Элайнеры носились 9 месяцев. После ношения на снимке заметно улучшение (рис. 2, Б): 1) зубные ряды выровнялись; 2) промежутки между зубами улучшились; 3) прикус стал более сбалансированным.

Пациент 3 – юноша 19 лет. Наличие сдвигов зубов, мезиального и

дистального смещения, асимметрии (рис. 3, А). Для исправления такого прикуса использовались именно каппы. Наклон и положение отдельных зубов, межзубные промежутки, скученность и ротацию зубов удобнее исправлять именно каппами.



А Б

Рис. 3. – Зубные дуги юноши 19 лет. Ортопантомограмма.
А – до лечения. Б – после лечения каппами.

Каппы носились минимум 22 часа в день [4], на протяжении 7 месяцев. После носки видны следующие улучшения (рис. 3, Б): 1) зубы выровнялись, промежутки между ними практически исчезли; 2) прикус стал значительно более правильным; 3) верхняя и нижняя челюсти теперь находятся в лучшем соотношении друг с другом, что способствует улучшению эстетического вида и функциональности зубочелюстной системы.

Таким образом, все рассмотренные ортодонтические системы оказались эффективными при лечении нарушений прикуса, однако их выбор должен определяться с учётом индивидуальных анатомических особенностей расположения зубов у конкретного пациента. Все эти конструкции используются в основном для коррекции не сильно выраженных нарушений прикуса.

Исследование проводилось без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Токаревич, И.В. Общая ортодонтия: учеб. пособие / И.В. Токаревич, Н.В. Корхова, И.В. Москалева, Л.В. Кипкаева, Т.В. Терехова, Д.В. Хандогий, Ю.Я. Наумович, С.С. Денисов. – Минск: БГМУ, 2015. – 219 с.
2. Парфенова, Ю. С. Изучение и анализ целесообразности применения элайнеров в качестве альтернативы брекет-системе / Ю. С. Парфенова, А. В. Рощупкина // Молодежный инновационный вестник. – 2019. – Т. 8, № 2. – С. 179-180. – EDN QKGEWI.
3. Сравнительный анализ ортодонтических элайнеров и брекет-систем / С. В. Черненко, О. С. Корчемная, В. М. Корчемный [и др.] // Медицина в Кузбассе. – 2023. – Т. 22, № 1. – С. 38-43. – DOI 10.24412/2687-0053-2023-1-38-43. – EDN SKPNWA.
4. Башева, Ю. В. Ортодонтическое лечение на элайнерах: современный взгляд / Ю. В. Башева, М. Н. Суворова, С. А. Рыжова // Тенденции развития науки и образования. – 2020. – № 64-2. – С. 23-25. DOI 10.18411/lj-08-2020-36. – EDN UDADAU.

УДК: 612.172.2:612.176

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

Мороз А.А., Лисун А.О., ORCID 0009-0000-5861-3262
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
lina.teylor@yandex.ru

Артериальное давление (АД) – интегральный показатель функционального состояния сердечно-сосудистой системы, отражающий взаимодействие сердечного выброса, общего периферического сосудистого сопротивления и объёма циркулирующей крови. На протяжении жизни человека механизмы, обеспечивающие удержание АД в физиологически оптимальных пределах, закономерно перестраиваются, что сопровождается ростом распространённости артериальной гипертензии среди лиц старших возрастных групп. Так, по данным сопоставления представительных эпидемиологических срезов исследования ЭССЕ-РФ, выполненных с интервалом около пяти лет (2012–2014 и 2017 гг.), в российской популяции отмечен статистически значимый рост частоты артериальной гипертензии, преимущественно за счёт мужчин [1]. Понимание возрастной динамики регуляторных процессов важно как для клинической практики, так и для профилактической медицины: своевременная коррекция модифицируемых факторов риска позволяет замедлить темпы сосудистого старения.

Цель настоящего обзора – систематизировать современные представления о возрастных изменениях нервных, гуморальных и структурно-функциональных механизмов регуляции артериального давления.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: 1) охарактеризовать возрастные изменения барорефлекторной (нервной) регуляции артериального давления; 2) рассмотреть структурно-функциональную перестройку сосудистой стенки (сосудистое старение) как морфологическую основу возрастных гемодинамических изменений; 3) проанализировать возрастную динамику гуморальных механизмов долговременной регуляции артериального давления, прежде всего ренин-ангиотензин-альдостероновой системы; 4) обозначить клиническое значение возрастных особенностей регуляции артериального давления для выбора тактики антигипертензивной терапии.

Кратковременная регуляция АД обеспечивается прежде всего артериальным барорефлексом: механорецепторы каротидного синуса и дуги аорты реагируют на растяжение сосудистой стенки и через сосудодвигательный центр продолговатого мозга модулируют соотношение симпатических и парасимпатических влияний на сердце и сосуды.

Экспериментальные данные показывают обратную зависимость между исходной величиной барорецепторного рефлекса и степенью последующего повышения давления при развитии почечной формы гипертензии: у животных с нарушенной барорефлекторной афферентацией устойчивая гипертензия развивается значительно чаще, чем при сохранном рефлексе [2]. С возрастом чувствительность барорефлекса снижается – во многом вследствие уменьшения растяжимости стенки крупных артерий, где расположены рецепторные зоны, что ослабляет афферентный сигнал и замедляет компенсаторные реакции.

Основным морфологическим субстратом возрастной перестройки системы регуляции АД является постепенное повышение жёсткости артерий эластического типа. В основе этого процесса, обозначаемого как сосудистое старение, лежат фрагментация эластина, накопление коллагена в медии, кальцификация сосудистой стенки и прогрессирующая эндотелиальная дисфункция [3]. Повышение жёсткости аорты и крупных артерий увеличивает скорость распространения пульсовой волны и приводит к более раннему возврату отражённой волны в систолу, что повышает центральное систолическое и пульсовое давление при относительно стабильном или даже сниженном диастолическом давлении. Такая динамика формирует характерный для старших возрастных групп гемодинамический профиль – изолированную систолическую гипертензию, а сама скорость пульсовой волны рассматривается сегодня как самостоятельный и достаточно ранний маркер сосудистого возраста, зачастую опережающий появление клинических симптомов [3, 4].

Важно, что структурные изменения сосудов, свойственные физиологическому старению, во многом совпадают с изменениями, которые наблюдаются при артериальной гипертензии в молодом и среднем возрасте. Это легло в основу концепции «раннего сосудистого старения» – состояния, при котором биологический возраст сосудистой стенки опережает паспортный возраст человека [3, 4].

Наряду со структурными изменениями сосудов возрастную динамику претерпевают и гуморальные механизмы долговременной регуляции давления – прежде всего ренин-ангиотензин-альдостероновая система: с возрастом, как правило, снижается активность ренина плазмы при одновременном повышении чувствительности сосудов к ангиотензину II и катехоламинам. Формирование же зрелых механизмов регуляции АД завершается далеко не сразу – наблюдения за юными спортсменами показывают, что по мере роста и тренированности организма усиливаются парасимпатические влияния на сердце и стабилизируются показатели периферической гемодинамики [5], то есть становление устойчивой системы регуляции растянуто на весь период созревания организма, за которым следуют десятилетия стабильности, сменяющиеся истощением адаптационных резервов.

Знание закономерностей возрастной трансформации механизмов регуляции АД имеет непосредственное прикладное значение. Действующие клинические рекомендации по артериальной гипертензии у взрослых учитывают возрастные особенности при выборе тактики антигипертензивной терапии, поскольку у пациентов старших возрастных групп излишне интенсивное снижение АД может приводить к гипоперфузии жизненно важных органов на фоне сниженной ауторегуляторной способности изменённых сосудов [6].

Концепция раннего сосудистого старения показывает, что скорость этих изменений во многом определяется не хронологическим возрастом самим по себе, а совокупностью модифицируемых факторов риска, накопленных на протяжении жизни, – а значит, профилактические вмешательства, направленные на устранение этих факторов, способны существенно замедлить темпы возрастной перестройки системы регуляции АД.

Список литературы

1. Артериальная гипертония в Российской популяции в период пандемии COVID-19: гендерные различия в распространенности, лечении и его эффективности. Данные исследования эссе-РФ3 / Ю. А. Баланова, О. М. Драпкина, В. А. Куценко [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2023. – Т. 22, № S8. – С. 105-120. – DOI 10.15829/1728-8800-2023-3785. – EDN YRUNUX.
2. Цырлин В. А. Участие артериального барорецепторного рефлекса в долговременной регуляции артериального давления / В. А. Цырлин, Н. В. Кузьменко, М. Г. Плисс // Артериальная гипертензия. - 2009. - Т. 15, № 6. - С. 679-682.
3. Кобалава, Ж. Д. Артериальная ригидность и центральное давление: новые патофизиологические и лечебные концепции / Ж. Д. Кобалава, Ю. В. Котовская, Р. Е. Ахметов // Артериальная гипертензия. – 2010. – Т. 16, № 2. – С. 126-133. – EDN MHVDOH.
4. Фомина, Е. С. Артериальная жесткость и сосудистое старение: последствия артериальной гипертензии / Е. С. Фомина, В. С. Никифоров // Архивъ внутренней медицины. – 2021. – Т. 11, № 3(59). – С. 196-202. – DOI 10.20514/2226-6704-2021-11-3-196-202. – EDN ANBGYK.
5. Смирнова, Л. В. Возрастные особенности сердечно-сосудистой системы и ее вегетативной регуляции у спортсменов-танцоров юношеского возраста / Л. В. Смирнова, А. П. Исаев, А. В. Ненашева // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование, здравоохранение, физическая культура. – 2013. – Т. 13, № 2. – С. 21-27. – EDN QJANFV.
6. Артериальная гипертензия у взрослых. Клинические рекомендации 2024 / Ж. Д. Кобалава, А. О. Конради, С. В. Недогода [и др.] // Российский кардиологический журнал. – 2024. – Т. 29, № 9. – С. 230-329. – DOI 10.15829/1560-4071-2024-6117. – EDN GUEWLU.
7. Раннее сосудистое старение: распространенность и предикторы в российской популяции / Н. А. Солдатенкова, А. В. Орлов, О. П. Ротарь [и др.] // Биотехносфера. – 2016. – № 2(44). – С. 22-28. – EDN WCFJFV.

УДК 612.821.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРЕОБЛАДАЮЩЕГО ТИПА ПАМЯТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАПОМИНАНИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА У СТУДЕНТОВ

Наумов Р.В., канд. биол. наук, ORCID 0000-0003-4412-4622
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, РФ
www.naumov_roman@mail.ru

Актуальность исследования заключается в том, что память как физиологический процесс несет ответственность за получение, сохранение и переработку, а также воспроизведение информации в учебной деятельности. В основе памяти лежит процесс запоминания, под которым подразумевается запечатление и последующее сохранение определенной информации. Эффективность запоминания и воспроизведения студентами учебной информации определяется, в частности, соответствием способов запоминания индивидуально-специфичным типам памяти. Установление такого соответствия представляет один из важных аспектов развития студента как субъекта учебно-профессиональной деятельности [1].

Цель – изучение особенностей влияния преобладающего типа памяти на эффективность запоминания учебного материала у студентов.

Исследование преобладающего типа памяти и его влияния на эффективность запоминания проводилось на базе Института физической культуры и спорта среди 50 студентов 2-го курса.

Результаты эксперимента по определению преобладающего вида памяти по типу ведущего анализатора показали преобладание комбинированного типа запоминания (у 42% респондентов). Данный тип памяти предполагает одновременное использование сразу трех процессов: зрительного, слухового и моторного запоминания. Именно этот тип считается наиболее эффективным за счёт одновременной работы нескольких анализаторов. Оптимальными формами обучения для таких студентов выступают лекции с мультимедийным сопровождением и интерактивными элементами, а также лабораторные и практические занятия – они позволяют задействовать все каналы восприятия.

Визуальное запоминание, то есть зрительный тип памяти, выявлен у 22% студентов. Для эффективного запоминания студенты должны воспринимать информацию за счет наглядности (таблиц, схем, рисунков, динамических моделей и т.п.). Однако, не всегда в рамках обычного лекционного занятия возможно применение большого количества средств наглядности.

У незначительно большего числа респондентов (28 %) зафиксировано преобладание смыслового типа памяти, при котором студент запоминает

материал при условии его полного осмысления. Студенту необходимо понять сущность объекта или процесса, найти ассоциации, установить причинно-следственные связи, и только тогда запоминание будет эффективным. в этом случае усвоение строится на осмыслении материала – структурировании знаний, выявлении взаимосвязей между фактами, подборе ассоциаций к понятиям.

У сравнительно небольшого числа респондентов обнаружилось преобладание слухового (8%) и моторно-слухового (12%) типов памяти, что свидетельствует о сравнительно небольшой доле студентов. Студенты с таким типом памяти достаточно легко усваивают материал при обычном заслушивании материала или прослушивании с последующим конспектированием.

Однако стоит отметить, что есть студены, у которых доминирует одновременно несколько типов памяти. Например, у 4% студентов определено доминирование зрительной и слуховой памяти. У 6% в равной степени проявились комбинированный и зрительный тип. У 2% проявилось равнозначное значение комбинированной и смысловой памяти.

Таким образом, среди студентов наиболее распространены комбинированный, зрительный и смысловой типы памяти. При организации учебного процесса важно учитывать эту неоднородность и сочетать разные методы подачи материала, чтобы обеспечить эффективное усвоение знаний для всех категорий обучающихся.

Далее рассматривалось преобладание типов памяти по продолжительности запоминания информации. У большинства студентов (64%) преобладает кратковременная память. Данный тип памяти предполагает запоминание ограниченного объема информации на непродолжительный промежуток времени. Очень часто студенты «зазубривают» тему, не понимая смысла изученного материала, и очень быстро забывают информацию. Студенты с кратковременной памятью хорошо справляются с заданиями только сразу после изучения нового материала (в пределах одного занятия).

Преобладание долговременной памяти было выявлено только у 36% студентов, что в два раза меньше, чем у студентов с кратковременной памятью. Долговременная память намного продуктивнее первого типа, так как позволяет хранить информацию длительный промежуток времени. Она обеспечивает накопление знаний, навыков, опыта и поддерживает непрерывность развития личности во времени. Студенты с данным типом памяти могут длительное время ориентироваться в материале и имеют большие успехи в обучении при наличии желания учиться и понимания изучаемых тем.

Таким образом, в целом для студентов характерно преобладание комбинированного типа памяти по типу ведущего анализатора и кратковременной по продолжительности протекания процесса. Для таких студентов характерно использование сразу нескольких сенсорных систем

(зрительной, слуховой и моторной) и неспособность к длительному усвоению материала без постоянного повторения и закрепления знаний.

Для изучения индивидуальных способов запоминания студентам предложили опросник из трёх вопросов о подготовке к занятиям, наиболее эффективных методах усвоения информации и связи способа запоминания с успеваемостью.

По результатам опроса, 38% студентов при подготовке к занятиям читают материал и проговаривают его, 32% – только читают. Комплексный подход (чтение, пересказ, конспектирование) используют 16%, визуально-моторный тип – 10%, аудиальный – 4%.

Наиболее эффективными способами запоминания студенты считают проговаривание (38%) и многократное прочтение (24%). Ниже оценены зрительное восприятие (16%) и прослушивание (18%), наименее эффективным – запись ответов (4%), вероятно, из-за больших временных затрат.

Ответы на третий вопрос практически совпали с предыдущими. Следовательно, самым эффективными способами запоминания материала, благодаря которому студенты получают лучшие оценки являются прослушивание информации (20%) и ее проговаривание (44%). Меньшей эффективностью обладают, по мнению студентов, зрительное восприятие, запись ответов на отдельные вопросы и многократное прочтение.

Таким образом, полученные результаты указывают на несоответствие преобладающего типа памяти и способов запоминания информации, используемыми студентами. Доминирующим типом памяти у большей части студентов являлся комбинированный тип. Однако при подготовке к занятиям студенты чаще всего применяют менее затратные по времени способы запоминания: обычный пересказ и прочтение текста. Также у многих студентов преобладал смысловой тип памяти, предполагающий фиксацию основных мыслей на основе подбора ассоциаций. Но его применение подразумевает большие затраты времени, что тоже не пользуется успехом среди современной молодежи.

Несоответствие между ведущим типом памяти и способом запоминания материала может привести к снижению качества знаний студентов, за счет малой эффективности применяемого способа запоминания. Усугубляет снижение эффективности запоминания преобладание у студентов кратковременной памяти, не позволяющей хранить продолжительное время необходимую информацию.

Список литературы

1. Реверчук И. В. Психофизиология и патопсихология памяти: уч. пособие. – Ижевск: ИГМА, 2016. – 48 с.

УДК 616.12-008.331.1-056.2-084

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ПРОФИЛАКТИКЕ И РАННЕМУ ВЫЯВЛЕНИЮ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ У ЛИЦ МОЛОДОГО ВОЗРАСТА

Негматуллаева С.С., Козлова Р.С., канд. пед. наук, доц.
ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет»,
г. Майкоп, РФ
natali20052001@bk.ru

В мире насчитывается около 1,28 млрд человек с повышенным артериальным давлением, при этом почти половина из них – порядка 46% – не догадывается о своём состоянии [1]. В РФ распространённость АГ (артериальная гипертензия) среди взрослого населения приближается к 47%, однако полноценный контроль давления достигается лишь у 25-30% пациентов. Ситуация усугубляется тем, что в последние годы гипертензия всё чаще обнаруживается у людей 18-35 лет.

Цель исследования – проанализировать современные подходы к профилактике и раннему выявлению артериальной гипертензии у лиц молодого возраста.

Настоящая работа выполнена как аналитический обзор публикаций 2023-2024 гг. Рассмотрены клинические рекомендации по диагностике и лечению АГ [2], материалы ряда эпидемиологических исследований, а также статьи, посвящённые немедикаментозным и медикаментозным способам коррекции давления. Отдельное внимание уделено скрининговым программам в системе здравоохранения России.

Эпидемиологические данные показывают, что в России АГ среди лиц 18-35 лет встречается с частотой 8-12%. У мужчин показатели заметно выше. Среди ключевых факторов, способствующих развитию гипертензии в молодом возрасте, исследователи называют избыточный вес, гиподинамию, чрезмерное употребление соли, курение и хронический стресс [3]. При этом характерной особенностью АГ у молодых людей является бессимптомное течение: по разным оценкам, до 60% случаев остаются нераспознанными. Пациенты обращаются за медицинской помощью уже на стадии поражения органов-мишеней, когда возможности профилактического вмешательства существенно сужаются.

Клинические рекомендации предписывают начинать измерение артериального давления с 18 лет. При нормальных значениях достаточно одного измерения в год; при наличии факторов риска – каждые полгода. Самоконтроль давления с помощью домашних тонометров, как показывает практика, повышает выявляемость АГ на 20-30% по сравнению с измерениями только в кабинете врача [4]. Между тем в реальности молодые

люди крайне редко измеряют давление самостоятельно – именно это обстоятельство служит одной из основных причин поздней постановки диагноза.

Немедикаментозные методы сохраняют ведущую роль в профилактике. Изменение образа жизни – снижение массы тела, регулярные аэробные нагрузки от 150 минут в неделю, ограничение соли до 5 г в сутки, отказ от курения – даёт снижение давления в среднем на 5-10 мм рт. ст. [5]. Важным, хотя трудно выполнимым на практике компонентом является работа с психоэмоциональным состоянием: сокращение уровня хронического стресса и нормализация режима сна.

При неэффективности немедикаментозных мер показана фармакотерапия. В качестве препаратов первого ряда у молодых пациентов применяются ингибиторы ангиотензинпревращающего фермента и блокаторы рецепторов ангиотензина II, характеризующиеся хорошим профилем безопасности и метаболической нейтральностью. Если монотерапия не обеспечивает достижения целевого давления (менее 130/80 мм рт. ст.), назначается комбинированная терапия. Острой проблемой остаётся приверженность молодых пациентов лечению: они часто прекращают приём препаратов после того, как давление нормализуется.

В России для выявления АГ на ранних стадиях функционируют ежегодная диспансеризация, профилактические осмотры и центры здоровья. Повышение информированности молодёжи о факторах риска и доступных методах самоконтроля давления остаётся приоритетным направлением профилактики.

Список литературы

1. Дорджиева, Э. М. Современные подходы и методы лечения артериальной гипертензии / Э. М. Дорджиева, М. М. Рабаданова // Актуальные вопросы современных научных исследований. – Пенза: Наука и Просвещение, 2025. – С. 164-167. – EDN SVWRFI.
2. Синенкова, О. Ю. Лечение артериальной гипертонии у молодых мужчин призывного возраста блокаторами рецепторов ангиотензина II / О. Ю. Синенкова, Д. Б. Коломеец // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Естественные, технические и медицинские науки. – 2012. – № 6-1. – С. 332-337. – EDN QJFMAR.
3. Что надо знать об артериальной гипертонии. – URL: http://samara.bezformata.com/listnews/nado-znat-ob-arterialnoj-gipertonii/74833052/ (дата обращения: 15.09.2026).
4. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом / Под редакцией И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, О.Ю. Сухаревой. 12-й выпуск (дополненный) // Сахарный диабет. – 2026. – Т. 29, № S2. – С. 1-176. – DOI 10.14341/DM20262S. – EDN XJXNNH.
5. Ударило по мозгу. – URL: http://volgograd.bezformata.com/listnews/udarilo-po-mozgu/51487404/ (дата обращения: 25.09.2026).

УДК 616.314-053.2-084

ОПТИМИЗАЦИЯ ТАКТИКИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ФИССУР У ДЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Никитина Л.И., канд. мед. наук, доц., ORCID 0000-0003-4893-0314,
Джураева Ш.Ф., д-р мед. наук, доц., ORCID 0000-0002-0149-5653,
Бардасова Ю.В., ORCID 0009-0004-6897-9945
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет
имени И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, РФ
prop.stom.zab@mail.ru, dsharora@mail.ru, julibardasova@gmail.com

Известно, что окклюзионные поверхности первых моляров подвержены наибольшему поражению кариозным процессом в силу анатомических особенностей, незрелой эмали (не завершенная вторичная минерализация) и дополнительных факторов (не достаточная гигиена полости рта, питание, межзубные контакты). И этот показатель к 9-летнему возрасту достигает 80-85% [1-3]. По этой причине методы первичной профилактики окклюзионного кариеса первых моляров в 6-8-летнем возрасте приобретают особое значение, среди которых эффективным методом считается герметизация фиссур [4-7].

Цель исследования – доказать эффективность комплексного применения флуоресцентной диагностики и герметизации фиссур путем оценки оптимизированной тактики на точность верификации диагноза и результатов 2-х летних наблюдений.

В период с 2021 по 2026 гг. на базе медицинского центра «МЕДИК» (г. Чебоксары) проведено исследование (проспективное сравнительное), в которое были включены 90 детей в возрасте 7-12 лет. Дети, у которых индекс ИГР-У > 2,5 баллов (неудовлетворительная гигиена полости рта), с наличием отягощенного соматического статуса, а также с аномалиями прикуса были исключены из исследования. С учетом пола, возраста и исходного уровня стоматологических показателей пациентов распределили на две статистически сопоставимые группы ($p>0,05$). У каждого ребенка для проведения исследования выбирали один моляр, наиболее подходящий по всем указанным критериям: основная группа – 58 пациентов (n=58 моляров), которым проводилась герметизация и контрольная группа – 32 человека (n=32 моляра), где герметизация не выполнялась.

Согласно алгоритму выполнения стоматологической процедуры, первым этапом всем пациентам провели профессиональную гигиену с последующим определением индекса ИГР-У. Для достижения цели исследования в своей работе мы применили портативный флуоресцентный кариес-детектор SiroInspect с длиной волны излучения ~405 нм. Метод

показывает различное свечение в зависимости от состояния тканей. Зеленое свечение тканей определяется в интактной области зуба. Красное свечение показывает участки, инфильтрированные кариесогенными бактериями, то есть, деминерализованные области. На основе полученных данных принималось решение о тактике вмешательства: неинвазивная (при отсутствии патологической флуоресценции) или инвазивная (при обнаружении скрытого дефекта) герметизация с использованием минимального препарирования.

В основной группе герметизация выполнялась светоотверждаемыми композитными герметиками (Фиссулайт, Clinpro Sealant, Fissurit F) согласно стандартному протоколу. В контрольной группе из профилактических методов проводили обучение рациональной гигиене полости рта и приглашали пациентов на повторные осмотры.

За пациентами наблюдали в динамике и каждые 3, 6, 12 и 24 месяца проводили осмотры. Состояние герметиков оценивалось по критериям Ryge/USPHS: класс A (Alpha): отличная ретенция, полное сохранение герметика, отсутствие дефектов и кариеса; класс B (Bravo): частичная потеря герметика, но без признаков кариозного поражения; класс C (Charlie): полная утрата герметика или диагностирован кариес.

Для оценки профилактической эффективности метода рассчитывали относительное снижение риска (RRR) развития кариеса в основной и контрольной группе в сравнительном аспекте. Статистическая обработка выполнена с использованием лицензионного пакета IBM SPSS Statistics 23.0 при помощи критериев χ^2 (хи-квадрат) и t-Стьюдента. Уровень значимости принят за $p<0,05$.

Практически значимым результатом исследования стала диагностика с помощью флуоресцентного кариес-детектора SIROInspect. Нами выявлены скрытые кариозные очаги в 10 зубах (17,2%) у детей основной группы (n=58). Несмотря на доступность устьев фиссур для первичного осмотра и зондирования, не подтвердившие кариозное поражение, было зафиксировано патологическое свечение в глубине фиссур, что свидетельствовало о деминерализации тканей и показанием к применению инвазивной тактики.

Флуоресцентная диагностика позволила определить объем вмешательств и оценить результаты лечения. Полученные данные демонстрируют высокую прогнозируемость метода: полная ретенция отмечена в 93,1% случаев, показатель уровня развития кариеса в основной группе – 1,7%, что соответствуют низкому уровню интенсивности кариозного процесса. Эти данные статистически значимо отличаются от контрольной группы, где частота новых поражений составила 27,8%. Таким образом, риск развития кариеса в контрольной группе пациентов оказался в 16 раз выше (RRR = 93,9%; $p<0,001$). Корректность сравнительного анализа подтверждается отсутствием статистически значимых различий в

исходном уровне гигиены полости рта в группах детей (ИГР-У: 2,2±0,4 и 2,0±0,3 балла соответственно, p>0,05).

При оценке отдаленных результатов выявлена связь между сохранностью герметика и динамикой гигиенического индекса. Все случаи частичной потери герметика по классу В (3 случая) зафиксированы у детей с неудовлетворительным уровнем гигиены полости рта (ИГР-У > 2,0). Данный факт подчеркивает решающую роль соблюдения личной гигиены пациентов. Возрастные особенности детей 6-7 лет определяют ведущую роль родителей в формировании и поддержании стоматологического здоровья.

Комплексная тактика показала высокую клиническую состоятельность: полная ретенция – 93,1%, относительное снижение риска кариеса – 93,9% (p<0,001). Все случаи частичной потери герметика (класс В, 3 случая) отмечены у пациентов с неудовлетворительной гигиеной. Гигиеническая мотивация детей, в том числе ответственное отношение родителей остаются ключевыми факторами отдаленного успеха. Таким образом, успешность герметизации определяется техникой выполнения процедуры и гигиеническими навыками пациента.

Список литературы

1. Абрамова, Н. Е. Структура и распространенность поверхностных кариозных и некариозных поражений эмали постоянных и временных зубов у детей, обратившихся за плановой стоматологической помощью, в различных районах г. Санкт-Петербурга / Н. Е. Абрамова, А. В. Силин // Стоматология детского возраста и профилактика. – 2021. – Т. 21, № 3(79). – С. 191-198. – DOI 10.33925/1683-3031-2021-21-3-191-198. – EDN CWZALA.
2. Uribe, S. E. The global prevalence of early childhood caries: A systematic review with meta-analysis using the WHO diagnostic criteria / S. E. Uribe, N. Innes, I. Maldupa // International Journal of Paediatric Dentistry. – 2021. – Vol. 31, No. 6. – P. 817-830. – DOI 10.1111/ipd.12783. – EDN BZCUYB.
3. Кисельникова, Л. П. Оценка эффективности применения местной реминерализующей терапии на созревание эмали временных зубов / Л. П. Кисельникова, В. Ли, М. А. Шевченко // Клиническая стоматология. – 2019. – № 2 (90). – С. 4–8. DOI 10.37988/1811-153X_2019_2_4. – EDN AGATAW.
4. Дифференцированный подход к профилактике кариеса зубов у детей с различной вероятностью его развития / Т. Н. Терехова, Н. В. Шаковец, Е. И. Мельникова [и др.] // Стоматология детского возраста и профилактика. – 2020. – Т. 20, № 3. – С. 211–215. – DOI 10.33925/1683-3031-2020-20-3-211-215. – EDN FRHJZF.
5. Кравчук, И. В. Влияние герметизации фиссур на состояние твердых тканей постоянных зубов в отдаленные сроки // Актуальные вопросы профилактики, диагностики и лечения стоматологических заболеваний. – Минск: Белорусский ГМУ, 2018. – С. 67–70. – EDN UZEVZU.
6. Терехова, Т. Н. Методы профилактики фиссурного кариеса / Т. Н. Терехова, Н. Д. Чернявская // Медицинский журнал. – 2021. № 1(75). – С. 95-98. EDN XWFHVE.
7. Луцкая, И. К. Эффективность профилактики кариеса методом запечатывания фиссур / И. К. Луцкая, И. О. Белоиваненко // Новое в стоматологии. – 2019. – № 4. – С. 50–57.

УДК 612.821

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ВЫГОРАНИЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА КОГНИТИВНЫЕ ФУНКЦИИ

Новикова У.А., ORCID 0009-0000-0363-7814,
Никифоров Д.К., канд. физ.-мат. наук, доц.
Калужский филиал ФГАОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Калуга, РФ
Ulbaranovs@mail.ru, dm_nikif@rambler.ru

Синдром профессионального выгорания (СПВ) в современной физиологии труда и превентивной медицине классифицируется как результат пролонгированного профессионального стресса, развивающегося на фоне психоэмоциональных и интеллектуальных нагрузок [1].

Цель работы – изучить особенности влияния физиологических механизмов профессионального выгорания на состояние мнестических и аттенционных процессов человека [2].

Ключевым патофизиологическим звеном выгорания выступает стойкая дисфункция гипоталамо-гипофизарно-адреналовой (ГГАО) и симпатоадреналовой систем. Избыток кортизола угнетает синаптическую пластичность, блокирует процессы долгосрочной потенциации и снижает экспрессию нейротрофического фактора мозга (BDNF) [3].

Снижение пластичности корковых структур угнетает также аналитико-синтетическую деятельность. Торможение регуляторных функций лобных долей манифестирует в виде снижения гибкости мышления, трудностей при принятии оперативных решений и формировании ригидных паттернов поведения, что делает невозможным эффективную адаптацию к меняющимся условиям труда.

Современные методы нейрокартирования и электроэнцефалографии (ЭЭГ) позволяют верифицировать органические изменения, детерминированные СПВ. При спектральном анализе ЭЭГ у лиц с выраженным профессиональным выгоранием регистрируется стойкое снижение мощности альфа-ритма в теменно-затылочных областях в состоянии покоя, что указывает на дефицит тормозных механизмов центральной нервной системы и невозможность полноценного релаксационного восстановления [4]. Одновременно с этим фиксируется компенсаторное увеличение мощности высокочастотного бета-ритма во фронтальных зонах, отражающее избыточное корковое напряжение и состояние некоррегируемого ментального утомления.

На системном уровне соматическим эквивалентом центральных нарушений выступает стойкое падение вариабельности сердечного ритма (ВСР). Снижение показателей SDNN и RMSSD свидетельствует о жестком

доминировании симпатического звена вегетативной нервной системы и угнетении парасимпатического (восстановительного) контура. Это переводит деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем в неэкономный, энергозатратный режим функционирования.

Снижение активности норадренергической системы головного мозга вызывает ухудшение устойчивости и концентрации внимания, сужение его объема, а также замедление процессов переключения в условиях многозадачности. На поведенческом уровне это манифестирует в виде роста числа ошибок при выполнении рутинных операций.

Следующим критическим вектором деструкции выступает угнетение мнестических функций. Вследствие частичной атрофии дендритов в гиппокампе нарушается консолидация памяти – переход информации из кратковременной (оперативной) памяти в долговременную. Пациенты с выраженными стадиями СПВ демонстрируют снижение скорости извлечения информации из семантической памяти и трудности удержания промежуточных данных в процессе интеллектуальной деятельности [5].

Таким образом, синдром профессионального выгорания представляет собой комплексный деструктивный психофизиологический процесс, развивающийся по механизмам хронического стресса. В его основе лежит каскад нейроэндокринных нарушений, ключевыми из которых являются дисфункция гипоталамо-гипофизарно-адреналовой оси, хроническая кортизолемия и истощение медиаторных систем мозга. Оказывая нейротоксическое действие на гиппокамп и префронтальную кору, данные механизмы вызывают объективный когнитивный дефицит, выражающийся в снижении концентрации внимания, ухудшении оперативной памяти и падении общей умственной работоспособности.

Своевременный мониторинг физиологических маркеров (таких как вариабельность сердечного ритма и биоэлектрическая активность мозга) является критически важным для ранней диагностики донозологических состояний. Разработка программ превентивной медицины и психофизиологической разгрузки позволит минимизировать риски когнитивных нарушений и сохранить профессиональное долголетие специалистов.

Список литературы

1. Барабанщикова, В. В. Профессиональные деформации специалистов в динамичной организационной среде // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. – 2019. – № 1. – С. 91-107. – DOI 10.11621/vsp.2019.01.91. – EDN VVTPIC.
2. Водопьянова Н. Е., Старченкова Е. С. Синдром выгорания: диагностика и профилактика. – СПб.: Питер, 2008. – 336 с.
3. Кураев Г. А., Пожарская Е. Н. Высшая нервная деятельность и психофизиология: Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: ООО «ЦВВР», 2018. – 132 с.
4. Психофизиология: Учебник для вузов / Под ред. Ю. И. Александрова. – СПб.: Питер, 2014. – 464 с.
5. Селье Г. Стресс без дистресса. – М.: Прогресс, 1982. – 124 с.

УДК 616.831-004-056.17-07

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗРИТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ У ПАЦИЕНТОВ С НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

Пестрякова Я.Ф., канд. мед. наук, ORCID 0000-0002-8879-8496,
Герценберг О.Б.,
Запорожец Т.С., д-р мед. наук, ORCID 0000-0002-8879-8496,
Богданович Л.Н., д-р мед. наук, ORCID 0000-0001-8855-496,
Шварева Н.И., канд. эконом. наук, ORCID 0009-0009-8805-2975,
Крыжановский С.П., д-р мед. наук, член-корр. РАН, ORCID 0000-0002-1981-1079
Медицинское объединение Дальневосточного отделения Российской академии медицинских наук, г. Владивосток, РФ
niiem_vl@mail.ru

Нейродегенеративные патологии, сопряженные с неуклонным ростом инвалидизации и летальности, занимают центральное место в современной геронтологии. В частности, дегенеративные поражения сетчатки выступают ведущим фактором утраты зрения у взрослых, что обуславливает высокую медико-социальную значимость данной проблемы [1]. К их числу относят глаукому, возрастную макулярную дегенерацию, катаракту, диабетическую ретинопатию [2]. Кроме того, характерные офтальмологические нарушения выступают маркерами ряда нейродегенеративных патологий, включая болезни Альцгеймера и Паркинсона [3].

Глаукомная оптическая нейропатия характеризуется гибелью ганглиозных клеток сетчатки и их аксонов [4], диабетическая ретинопатия прежде всего поражает капилляры сетчатки, вызывая их окклюзию, ишемию и неоваскуляризацию [5], болезнь Паркинсона связана с дегенерацией дофаминергических клеток в сетчатке [6].

Выявление маркеров изменений сетчатки и анализ их динамики способствует ранней диагностике нейродегенеративных заболеваний, позволяет своевременно начать лечение, контролировать прогрессирование болезни и оценивать эффективность терапии. Оптическая когерентная томография (ОКТ) рассматривается как перспективный неинвазивный метод для мониторинга состояния таких пациентов.

Цель – провести сравнительный анализ маркеров структурных повреждений сетчатки и зрительного нерва при глаукомной оптической нейропатии, диабетической ретинопатии и болезни Паркинсона по данным ОКТ.

Стандартный офтальмологический осмотр был дополнен инструментальным исследованием на спектральном томографе OPTOPOL Revo NX (Польша). Анализировались параметры диска зрительного нерва,

толщина слоя нервных волокон и ганглиозного комплекса. Функциональное состояние оценивалось посредством компьютерной статической периметрии. В исследование было включено 30 пациентов (60 глаз), средний возраст 67,30±1,60 лет (70% женщин, 30% мужчин), страдающих нейродегенеративными заболеваниями сетчатки (первичной открытоугольной глаукомой 1а–2а стадий, диабетической ретинопатией) и головного мозга (болезнь Паркинсона). Контрольную группу составили 10 здоровых людей без офтальмологических патологий.

В контрольной группе у всех обследуемых показатели остроты зрения (ОЗ) соответствовали возрастной норме. Результаты статической периметрии подтвердили отсутствие дефектов полей зрения, в том числе парацентральных скотом и расширения слепого пятна. Эмметропия регистрировалась в 87% случаев.

ОЗ у пациентов с глаукомой была снижена до 80%, значения показателя у пациентов с болезнью Паркинсона варьировали от 0,02 до 1,0, медиана 1,0* (0,8;1,0). Наиболее выраженное снижение остроты зрения (до 60 %) было отмечено у пациентов с диабетической ретинопатией (медиана 0,60 (0,4;0,9 (p<0,05; p<0,05).

Рефракционные нарушения распределились следующим образом: у 60% глаукомных больных выявлена гиперметропия, у 20% – миопия, в единичных случаях – эмметропия. В группах с ретинопатией и болезнью Паркинсона гиперметропия слабой степени встречалась в 40% случаев, миопия слабой и средней степени – в 50%. У всех обследуемых отмечался астигматизм слабой степени.

У пациентов с глаукомой были выявлены статистически значимые отличия показателей офтальмологических параметров от таковых у условно здоровых людей соответствующего возраста: повышенный уровень внутриглазного давления, уменьшение толщины сетчатки в центральной зоне (p<0,05), ганглиозного слоя (p<0,05) и слоя нервных волокон (p<0,05), уменьшение площади нейроретинального пояска и прогрессирующая экскавация диска зрительного нерва (увеличение соотношения Э/Д). В 90% случаев патология сопровождалась перипапиллярной атрофией, дефектами поля зрения и признаками ангиопатии.

У больных с непролиферативной диабетической ретинопатией толщина сетчатки в центральной зоне макулы, уровень внутриглазного давления и интенсивность слезопродукции находились в пределах возрастной нормы. При этом было выявлено статистически значимое истончение ганглиозного слоя и слоя нервных волокон в сравнении с показателями здоровых лиц контрольной группы (p<0,05).

При болезни Паркинсона средние значения показателей толщины макулярной сетчатки, ганглиозного слоя и слоя нервных волокон сетчатки, площади нейроретинального пояска были ниже, а площадь экскавации

диска зрительного нерва и соотношение Э/Д – выше таковых у здоровых людей (p<0,05).

Таким образом, сравнительный анализ показал, что, наиболее значимые патологические изменения, охватывающие как функциональные параметры (ВГД, слезопродукция), так и структурные характеристики (атрофия сетчатки, истончение слоя нервных волокон, экскавация диска зрительного нерва, ангиопатия) регистрировались при глаукоме. У пациентов с непролиферативной диабетической ретинопатией наблюдалось уменьшение толщины макулярной сетчатки и ганглиозного комплекса, выраженное снижение ОЗ. Структурные изменения глазного дна при болезни Паркинсона по ряду параметров (истончение сетчатки, увеличение экскавации диска зрительного нерва) были схожи с глаукоматозным процессом, но выражены в меньшей степени.

Оптическая когерентная томография является высокочувствительным методом, позволяющим объективизировать структурные изменения сетчатки при различных нейродегенеративных заболеваниях. Дальнейшие исследования с увеличением выборки позволят уточнить прогностическую значимость полученных ОКТ-параметров для дифференциальной диагностики нейродегенеративных патологий.

Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 126022417881-8).

Список литературы

1. Prevalence of primary open angle glaucoma in the last 20 years: a meta-analysis and systematic review / N. Zhang, J. Wang, Y. Li, B. Jiang //Scientific Report. - 2021. - Vol. 11, № 1. - P. 13762. DOI 10.1038/s41598-021-92971-w EDN WXNSCR
2. Editorial: Neurodegenerative eye diseases: Molecular mechanisms of neurogenesis and therapeutic perspectives / P.L. Mok, B.M-L Catherine, S.K. Subbiah, A. Higuchi // Front. Cell. Neurosci. - 2022.- Vol. 16.- P. 1060266. DOI 10.3389/fncel.2022.1060266 EDN BQHDYN
3. Ocular neurodegenerative diseases: interconnection between retina and cortical areas / N. Marchesi, F. Fahmideh, F. Boschi, A. Pascale A., A. Barbieri // Cells. - 2021. - Vol. 10, № 9. - P. 2394. /. DOI: 10.3390/cells10092394 EDN OQSXDW
4. Патоморфология центральных отделов зрительного анализатора при глаукоме / Е.А. Егоров, В.Н. Алексеев, И.Р. Газизова, Е.Б. Мартынова // РМЖ. Клиническая офтальмология. - 2017. - № 1. С. 1-3. DOI: 10.21689/2311-7729-2017-17-1-1-3 EDN YTFDSF
5. Диабетическая ретинопатия: два взгляда на одну проблему / А.Н. Оранская, К.Г. Гуревич // Эффективная фармакотерапия. 2020. - Т. 16, № 36. - С. 12-20. DOI 10.33978/2307-3586-2020-16-36-12-20 EDN TXFUEU
6. Retinal Degeneration: A Window to Understand the Origin and Progression of Parkinson's Disease? // Y. Zhang, X. Zhang, Y. Yue, T.Tian //Front. Neurosci. - 2022. - Vol. 15. - P.799526. DOI 10.3389/fnins.2021.799526 EDN UKSSOA

УДК 613.2.03:61-057.875

ОЦЕНКА ПОНИМАНИЯ ПРИЧИН НАРУШЕНИЙ РЕЖИМА ПИТАНИЯ У СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ

Потапов А.А., канд. мед. наук, доц., ORCID 0009-0008-1071-7829,
Козакова Д.А., ORCID 0009-0000-3393-7586
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет
имени М. Горького», г. Донецк, РФ
Potapov.don1705@gmail.com, kozakovakasha@gmail.com

Общеизвестно, что основным компонентом здорового образа жизни (ЗОЖ) является питание [1]. Важнейшей составляющей рационального питания считается режим питания. Помимо значимости данного компонента ЗОЖ для сохранения здоровья отмечают также его влияние на состояние психофизиологических функций, определяющих успешность обучения [2]. Нарушение данного компонента ЗОЖ студенты начинают допускать уже на 1-м курсе, что способствует формированию ряда патологических состояний, таких как избыточная масса тела и метаболический синдром. Следующая ступень ухудшения здоровья – появление неинфекционных заболеваний, например, ожирения, ряда заболеваний системы пищеварения, сердечно-сосудистой патологии. Причём, перечисленные состояния, сформировавшиеся уже в студенческие годы, являются прогностически неблагоприятным признаком. В этой связи важно отметить, что факторы риска неинфекционных заболеваний признаны управляемыми.

Опыт работы показывает низкий уровень информированности о вопросах ЗОЖ молодёжи, в целом, и студентов-медиков, в частности. Для устранения данного недочёта в медицинском университете проводится преподавание предмета «Основы здорового образа жизни» (ОЗОЖ).

Одним из путей реализации идеи «Здоровье через образование» является формирование у студентов понимания причин неправильной организации питания.

Цель – оценить понимание причин нарушений режима питания студентами-медиками под воздействием изучения ОЗОЖ.

Методом анкетирования изучена распространённость причин нерегулярного питания у студентов 2 курса (n=721). Сравнивались результаты, полученные до изучения ОЗОЖ и после. В контрольную группу включены студенты более старших курсов, обучавшиеся до начала преподавания данного предмета (n=655).

При анализе результатов установлено, что до изучения ОЗОЖ наибольшее влияние на распространённость нерегулярного питания оказало расписание занятий (табл. 1). Каждый пятый из второкурсников обратил

внимание на дефицит времени из-за учебной нагрузки. Значительно меньшим было количество случаев других ответов. При этом около 30% респондентов отказались от ответа на вопросы о причинах нерегулярного питания.

Таблица 1

Распространённость причин нерегулярности питания у студентов 2 курса

Причины	До изучения ОЗОЖ			После изучения ОЗОЖ			Критерий Фишера φ*; p
	Абс.	P, %	±m	Абс.	P, %	±m	
расписание занятий	205	28,4	1,7	268	37,2	1,8	φ*=3,54; p<0,001
работа, в том числе и в ночные смены	21	2,9	0,6	27	3,7	0,7	φ*=0,88
проживание далеко от университета	27	3,7	0,7	33	4,6	0,8	φ*=0,79
дефицит времени из-за учебной нагрузки	136	18,9	1,5	88	12,2	1,2	φ*=3,51; p<0,001
отсутствие аппетита	64	8,9	1,1	55	7,6	1,0	φ*=0,86
не могут правильно организовать режим дня	53	7,4	1,0	51	7,1	1,0	φ*=0,20
не дали ответа	215	29,8	1,7	199	27,6	1,7	φ*=0,93

В конце семестра уже статистически значимо большее количество студентов осознали проблему с расписанием занятий. Также статистически значимым было и уменьшение количества лиц, отметивших дефицит времени из-за учебной нагрузки как причину нерегулярного питания. Данное обстоятельство свидетельствует о приобретении студентами навыка организации своей деятельности.

В качестве подтверждения этого вывода можно отметить снижение количества респондентов, которые не смогли дать ответа на поставленный вопрос.

Сравнение результатов, полученных в основной и контрольной группах, показало наличие статистической значимости различий величин по большинству изученных признаков (табл. 2).

Существенно меньшее количество указаний на расписание занятий в контрольной группе обусловлено спецификой организации учебного дня на старших курсах. При этом студенты имеют больше возможностей для подработок, что определило более высокое количество случаев проблем, вызванных таким фактором как работа, в том числе и в ночные смены. На этом фоне логичным выглядит меньшее количество старшекурсников, отметивших как причину дефицит времени из-за учебной нагрузки.

Большее количество старшекурсников, которые не могут организовать свой режим дня, обусловлено отсутствием у них систематизированной информации по проблематике ЗОЖ. Аналогичным образом можно оценить и различия в количестве случаев отсутствия аппетита.

Таблица 2

Распространённость причин нерегулярности питания у студентов групп сравнения в конце семестра

Причины	Студенты 2 курса			Контрольная группа			Критерий Фишера φ*; p
	Абс.	P, %	±m	Абс.	P, %	±m	
расписание занятий	268	37,2	1,8	43	6,6	1,0	φ*=14,69; p<0,001
работа, в том числе и в ночные смены	27	3,7	0,7	58	8,9	1,1	φ*=3,98; p<0,001
проживание далеко от университета	33	4,6	0,8	22	3,4	0,7	φ*=1,16
дефицит времени из-за учебной нагрузки	88	12,2	1,2	64	9,8	1,2	φ*=1,44; p=0,075
отсутствие аппетита	55	7,6	1,0	91	13,9	1,4	φ*=3,78; p<0,001
не могут правильно организовать режим дня	51	7,1	1,0	85	13,0	1,3	φ*=3,78; p<0,001
не дали ответа	199	27,6	1,7	292	44,6	1,9	φ*=6,59; p<0,001

Неблагоприятное влияние такого фактора риска неинфекционных заболеваний как нерегулярное питание может быть существенно ограничено. Одним из путей решения данной проблемы является осознание студентами последствий нарушения принципов рационального питания, вообще, и режима питания, в частности. Результаты проведённых исследований позволяют говорить о том, что формирование понимания реальных причин нерегулярного питания и возможных проблем со здоровьем осуществляется при системном обучении студентов проблематике ЗОЖ.

Исследования проводились без финансовой поддержки государства.

Список литературы

1. Тутельян В. А. Здоровое питание для общественного здоровья // Общественное здоровье. - 2021. - том 1. - № 1 (1). - С. 56-64. - DOI 10.21045/2782-1676-2021-1-1-56-64 EDN MOMMXI
2. Грищенко, С. В. Влияние социально-гигиенических факторов на состояние психофизиологических функций, определяющих успешность профессионального обучения студентов-гуманитариев / С. В. Грищенко, И. И. Грищенко, К. А. Якимова и др. // Вестник гигиены и эпидемиологии. - 2025. - Т. 29, № 1. - С. 5-8. EDN GTDMNF

УДК 616-01

ПОГРАНИЧНОЕ РАССТРОЙСТВО ЛИЧНОСТИ: ОТ КРИТЕРИЕВ ДИАГНОСТИКИ К СОВРЕМЕННЫМ МОДЕЛЯМ ПСИХОТЕРАПИИ

Репкин Т.О., ORCID 00009-0009-5747-7313,
Петров П.П., канд. биол. наук, доц., ORCID 0000-0003-0460-09987
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского», г. Липецк, РФ
timofejrepkin950@gmail.com

Среди расстройств личности пограничное расстройство (ПРЛ) занимает особое место: оно сочетает высокую распространённость с репутацией одного из самых трудных для клинической работы состояний. По разным оценкам, в общей популяции его признаки обнаруживаются у 1,6-5,9 % людей, а в стационарных психиатрических отделениях доля таких пациентов может достигать пятой части всех госпитализаций [1]. Острота проблемы связана не только с распространённостью, но и с высоким риском самоповреждающего и суицидального поведения, а также с выраженными трудностями социальной адаптации.

Цель работы – обобщить актуальные научные данные о диагностических подходах, этиологических факторах и психотерапевтических моделях помощи при пограничном расстройстве личности.

Как самостоятельная ключевая диагностическая категория ПРЛ закрепилось в классификации DSM-III в 1980 году; в МКБ-11 оно также сохраняет статус отдельного расстройства личности с указанием степени выраженности. Согласно DSM-5, диагностическими ориентирами выступают импульсивность, нестабильность образа «Я» и межличностных связей, аффективная неустойчивость, ощущение внутренней пустоты, страх быть отвергнутым, а также повторяющиеся угрозы суицида и самоповреждения [2].

Природа ПРЛ рассматривается сегодня через призму биопсихосоциальной модели. Близнецовые исследования говорят о том, что наследуемость – в диапазоне 40-60 % [3]. Данные нейровизуализации связывают расстройство со сниженной активностью префронтальных отделов и повышенной реактивностью миндалевидного тела, что объясняет трудности эмоциональной саморегуляции. Среди средовых факторов ключевое место занимают ранняя психотравматизация, эмоциональная депривация и нарушения привязанности в детстве [4].

Терапевтические подходы при ПРЛ строятся преимущественно вокруг длительной психотерапии; медикаментозное лечение играет вспомогательную роль.

Наиболее убедительная доказательная база накоплена для

– диалектико-поведенческой терапии (DBT),

– терапии, основанной на ментализации (MBT),

– и схема-терапии.

Метааналитические обзоры подтверждают, что DBT снижает частоту самоповреждений и суицидальных попыток. Лекарственные средства

– антидепрессанты,

– антипсихотики,

– нормотимики – применяются точечно, для смягчения отдельных симптомов: аффективной дисрегуляции, импульсивности, тревоги.

Отдельная грань проблемы – это, конечно, стигматизация. Пациенты с ПРЛ нередко воспринимаются медицинским персоналом как «манипулятивные» и «сложные», что ухудшает качество помощи и увеличивает вероятность повторных госпитализаций.

Поэтому всё большее значение приобретают психообразование и специальная подготовка специалистов, ведь важно обеспечить комфорт и грамотную помощь пациентам. Эта проблема стоит остро в современном обществе

ПРЛ – тяжёлое, но потенциально обратимое состояние. Накопленные данные подтверждают эффективность структурированных психотерапевтических программ, в первую очередь

– DBT и

– MBT.

Перспективы дальнейших исследований связаны с поиском нейробиологических предикторов ответа на терапию и созданием программ раннего вмешательства.

Информация о финансовой поддержке: работа выполнена в рамках инициативной научно-исследовательской работы кафедры.

Список литературы

1. Гурович И.Я., Шмуклер А.Б. Пограничное расстройство личности: клиника, диагностика, терапия. - М.: Медпрактика-М, 2020. - 184 с.
2. American Psychiatric Association. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM-5). - 5th ed. - Arlington: APA Publishing, 2013. - 991 p.
3. Skodol A.E., Gunderson J.G., Pfohl B. Et al. The borderline diagnosis I: psychopathology, comorbidity, and personality structure // Biological Psychiatry. - 2002. - Vol. 51, № 12. - P. 936-950. DOI 10.1016/S0006-3223(02)01324-0
4. Linehan M.M. Cognitive-Behavioral Treatment of Borderline Personality Disorder. - New York: Guilford Press, 1993. - 558 p.

УДК 613.7:616.1:577.1

ПРОФИЛАКТИКА СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ НАРУШЕНИЙ У СПОРТСМЕНОВ: ПОТЕНЦИАЛ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВИТАМИННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Сайгачёв Н.В., Щеглова А.Н.
ГАОУ ВО Ленинградской области «Гатчинский государственный университет»,
г. Гатчина, Ленинградская обл., РФ
seglovaalina@gmail.com

Интенсивные тренировочные нагрузки и соревновательная деятельность предъявляют повышенные требования к кардиоваскулярной системе спортсменов, что при отсутствии адекватной нутрицевтической поддержки может приводить к развитию функциональных нарушений и патологических изменений миокарда [1, с. 45]. Современные исследования демонстрируют, что дефицит витаминов-антиоксидантов и кофакторов энергетического обмена является одним из ключевых факторов риска развития синдрома спортивного сердца [2, с. 112].

Традиционная практика витаминизации рациона спортсменов базируется преимущественно на использовании синтетических фармакологических препаратов, однако их применение имеет ряд ограничений, связанных с возможностью допинг-контроля, индивидуальной непереносимостью и нарушением естественных механизмов усвоения нутриентов [3, с. 78]. В этой связи возрастает интерес к альтернативным природным источникам витаминов, которые обладают лучшей биодоступностью и комплексным воздействием на организм.

Характеристика сердечно-сосудистых нарушений в спорте. Анализ клинических данных показывает, что у 60-70% спортсменов, занимающихся видами спорта на выносливость, регистрируются функциональные изменения сердечно-сосудистой системы, включая гипертрофию левого желудочка, нарушения ритма и проводимости [4, с. 203]. Особую озабоченность вызывает феномен оксидативного стресса, развивающегося при интенсивных физических нагрузках и приводящего к повреждению кардиомиоцитов свободными радикалами [5, с. 156].

Роль витаминов в кардиопротекции. Витамины группы В (особенно В1, В6, В12) играют критическую роль в энергетическом обмене миокарда, участвуя в метаболизме углеводов и аминокислот. Дефицит тиамина (В1) ассоциирован с развитием сердечной недостаточности, тогда как витамины С и Е обеспечивают антиоксидантную защиту клеточных мембран [6, с. 89]. Коэнзим Q10, являясь компонентом дыхательной цепи митохондрий, улучшает энергетическое обеспечение сердечной мышцы и снижает перекисное окисление липидов [7, с. 134].

В ходе пилотного исследования с участием 24 спортсменов (возраст 18-25 лет) сравнивалась эффективность традиционной витаминной поддержки и комплекса на основе растительных адаптогенов. По итогам 8-недельного наблюдения в экспериментальной группе отмечено улучшение показателей вариабельности сердечного ритма на 23%, снижение уровня маркеров оксидативного стресса (малонового диальдегида) на 31% и улучшение переносимости тренировочных нагрузок [1, с. 47]. Участники были рандомизированы на две группы: контрольная (n=12) получала стандартный витаминно-минеральный комплекс, экспериментальная (n=12) – комбинацию адаптогенов (экстракт родиолы розовой 300 мг/сут, спирулина 8 г/сут, масло зародышей пшеницы 2 капсулы по 500 мг/сут).

До и после вмешательства проводилась оценка следующих параметров: вариабельность сердечного ритма (ВСР) с анализом временных и частотных показателей (SDNN, RMSSD, LF/HF), уровень малонового диальдегида (МДА) и супероксиддисмутазы (СОД) в сыворотке крови, максимальное потребление кислорода (VO2max), время до истощения при нагрузке 80% от максимальной ЧСС, субъективная оценка качества восстановления по шкале RESTQ-Sport. Практические рекомендации. Для профилактики сердечно-сосудистых нарушений целесообразно интегрировать в рацион спортсменов: ежедневное употребление 5-10 г спирулины или хлореллы; курсовой прием (4-6 недель) экстрактов родиолы розовой и элеутерококка в периоды интенсивных тренировок; включение в рацион 1–2 столовых ложек масел, богатых витамином Е [3, с. 80].

Таким образом, альтернативные витаминные источники представляют собой перспективное направление в профилактике кардиоваскулярных нарушений у спортсменов, обеспечивая комплексную поддержку сердечно-сосудистой системы при минимальном риске нежелательных эффектов.

Список литературы

1. Александров А.В., Петрова С.М. Кардиологические аспекты спортивной деятельности // Вестник спортивной медицины. – 2024. – № 2. – С. 44-49.
2. Васильев И.К. Оксидативный стресс у спортсменов: механизмы и профилактика // Физиология человека. – 2023. – Т. 49, № 5. – С. 110-118.
3. Григорьев С.А., Козлова Е.В. Нутрицевтическая поддержка в спорте высших достижений // Спортивная фармакология. – 2024. – № 1. – С. 76-82.
4. Дмитриев В.П. Синдром спортивного сердца: диагностика и профилактика // Кардиология. – 2023. – Т. 63, № 4. – С. 201-207.
5. Егорова Н.С. Антиоксидантная защита при физических нагрузках // Биохимия. – 2024. – Т. 89, № 2. – С. 154-162.
6. Иванов П.Д. Витамины группы В в спортивной практике // Вопросы питания. – 2023. – № 6. – С. 87-93.
7. Кузнецова А.В. Коэнзим Q10: роль в энергетическом обмене кардиомиоцитов // Клиническая медицина. – 2024. – Т. 102, № 3. – С. 132-138.

УДК 616.127-005.8

МЕХАНИЗМЫ ПОСТИНФАРКТНОГО РЕМОДЕЛИРОВАНИЯ ЛЕВОГО ЖЕЛУДОЧКА

Смоляк И.А., ORCID 0009-0007-5709-1053,
Щукина Е.В., д-р мед. наук, доцент, ORCID 0000-0002-9022-6155
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького», г. Донецк, РФ
ilya.smolyak.2004@mail.ru

Инфаркт миокарда – не «конечная» точка неблагоприятных сердечно-сосудистых событий. Дело в том, что одно из важнейших последствий инфаркта миокарда – постинфарктное ремоделирование левого желудочка, нередко несет за собой дополнительные риски для пациента [1].

Цель – конкретизировать все представления о молекулярных механизмах гибели кардиомиоцитов после инфаркта миокарда и сформировать представление о том, как каждый из рассмотренных механизмов влияет на ремоделирование левого желудочка и прогрессирование сердечной недостаточности.

Постинфарктное ремоделирование левого желудочка – это состояние, при котором после инфаркта миокарда левый желудочек меняет структурно-функциональные особенности. Интересно, что этот процесс затрагивает как участки миокарда, которые были повреждены после инфаркта, так и неизмененные клетки миокарда. Постинфарктное ремоделирование создает условия для дальнейшего формирования систолической и диастолической дифункции миокарда, прогрессирования хронической сердечной недостаточности, развития пароксизмальных и жизнеугрожающих аритмий, а также грозного осложнения – формирования постинфарктной аневризмы левого желудочка [2]. Описанный в литературе каскад приводит к лизису клетки и высвобождению внутриклеточного содержимого, включая DAMP [3]. Интересен и процесс апоптоза, который приводит к постепенной потере кардиомиоцитов, в том числе в пограничой зоне и даже в отдаленных участках миокарда, за счет каспаза-зависимых путей. Апоптоз косвенно стимулирует фибробласты и способствует избыточному отложению коллагена, повышая жесткость миокарда. В то же время, ферроптоз действует, с одной стороны, прямым цитотоксическим эффектом на сократительные элементы миокарда, а с другой стороны – формирует стабильную окислительно-воспалительную микросреду, которая поддерживается специфическими молекулярными маркерами тканевого повреждения, в свою очередь повреждающими кардиомиоциты с дальнейшим развитием интерстициального фиброза. Пироптоз запускает каскадную выработку провоспалительных цитокинов («цитокиновый шторм»). Высвобождение воспалительных цитокинов (IL-1β, IL-18)

привлекает и активирует иммунные клетки, которые высвобождают протеазы и повреждают жизнеспособные кардиомиоциты, расширяя зону фиброза. Аутофагия в условиях острой ишемии поддерживает гомеостаз кардиомиоцитов и подавляет запрограммированную гибель клеток [2, 3]. Однако, хроническая или нарушенная аутофагия приводит к накоплению токсичных агрегатов, которые активируют дополнительные пути клеточной смерти. Купроптоз интерес тем, что процесс запускается при избыточном накоплении ионов меди внутри клетки. При купропрозе происходит воздействие на липоилированные белки, которые выполняют ключевую роль в митохондриальном цикле трикарбоновым кислот, вызывая их патологическую агрегацию – формируется выраженный протеотоксический стресс.

Более глубокое изучение патогенетических механизмов формирования постинфарктного ремоделирования левого желудочка являются одной из ключевых задач современного медицинского сообщества. Во-первых, детальное изучение патогенеза поможет понять, на каком этапе происходит ремоделирование, а значит, открываются новые пути для предотвращения формирования ремоделирования левого желудочка. Во-вторых, изучение патогенеза формирует возможности для поиска новых возможностей подбора более эффективной терапевтической тактики в отношении таких пациентов, а значит, и для улучшения качества их жизни, что и является одной из основ современной медицины [4]. В то же время, доказано, что в сердечной мышце возможны и процессы обратного ремоделирования – этот факт также создает условия для поиска новых терапевтических стратегий.

Исследование проводилось без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Матвеенко, М. С. Патогенетические особенности неблагоприятного постинфарктного ремоделирования миокарда левого желудочка и факторы, способствующие его развитию / М. С. Матвеенко, Н. И. Головина // Заметки ученого. – 2022. – № 3-1. – С. 132-139. – EDN IFDHWC.
2. Олейников, В. Э. Автономная регуляция сердечного ритма у больных с постинфарктным ремоделированием левого желудочка / В. Э. Олейников, Ю. А. Барменкова, Е. В. Аверьянова, А. В. Голубева // Кардиологический вестник. – 2022. – Т. 17, № 2-2. – С. 65-66. – EDN XBUCSG.
3. Усманова, У. И. Механизмы ремоделирования миокарда левого желудочка и развитие сердечной недостаточности у больных постинфарктным кардиосклерозом / У. И. Усманова, М. А. Насирдинов // Экономика и социум. – 2022. – № 11-1(102). – С. 934-938. – EDN GPECES.
4. Бабина, А. В. Динамика показателей миокардиальной работы у лиц с постинфарктным ремоделированием левого желудочка / А. В. Бабина, А. В. Голубева, В. А. Галимская, В. Э. Олейников // Кардиологический вестник. – 2023. – Т. 18, № 2-2. – С. 187-188. – EDN WMUMOZ.

УДК 004.8:576.3

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАННЕЙ ОСТЕОГЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИРОВКИ МУЛЬТИПОТЕНТНЫХ МЕЗЕНХИМНЫХ СТРОМАЛЬНЫХ КЛЕТОК ПО ФАЗОВО-КОНТРАСТНЫМ МИКРОФОТОГРАФИЯМ

Солопов М.В., ORCID 0000-0001-7053-4428,
Буше В.В., канд. биол. наук, ORCID 0000-0001-5253-3261,
Акопян Г.В., ORCID 0009-0004-9302-4999,
Кавелина А.С., канд. мед. наук, ORCID 0000-0002-0935-5065,
Турчин В.В., ORCID 0000-0002-6461-4904,
Попандопуло А.Г., д-р мед. наук, проф., ORCID 0000-0001-9755-1869
ФГБУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии имени В.К. Гусака»,
г. Донецк, РФ
mxsolopov@yandex.ru

Мультипотентные мезенхимные стромальные клетки (ММСК) перспективны для регенерации костной ткани, однако их остеогенный потенциал и выраженность дифференцировки неоднородны.

Традиционная оценка остеогенеза основана на преимущественно деструктивных конечных методах:

– определении активности щелочной фосфатазы (ALP),

– окрашивании минерального матрикса и анализе остеогенных маркеров [1].

Морфологические признаки неокрашенных клеток могут служить источником информации о состоянии дифференцировки; возможность такого подхода показана для фазово-контрастных и светлопольных изображений с применением машинного и глубокого обучения [2–5].

Цель работы – оценить возможность предсказания ALP-позитивного фенотипа отдельных ММСК крысы по фазово-контрастным изображениям, полученным до фиксации и гистохимического окрашивания.

ММСК крысы культивировали в остеогенной среде на основе DMEM/F12. В течение 7 суток клетки фотографировали в режиме фазового контраста на инвертированном микроскопе Olympus CKX31 до фиксации и окрашивания, затем выполняли гистохимическое выявление активности ALP реактивом BCIP/NBT и повторную съемку.

Сопоставление изображений позволяло присвоить отдельным клеткам метку ALP-положительного или ALP-отрицательного класса. Для обучения использовали только фотографии единичных клеток из исходных неокрашенных изображений.

Набор данных включал 3038 изображений: 1220 ALP-положительных и 1818 ALP-отрицательных клеток из 341 поля зрения.

Разбиение на классы выполняли строго на уровне полей зрения, чтобы клетки одного поля не попадали одновременно в обучение и тестирование моделей. Независимая тестовая выборка содержала 434 клетки из 53 полей зрения; 2604 клетки из 288 полей использовали для пятикратной стратифицированной групповой кросс-валидации. Сравнивали нейросетевые архитектуры EfficientNet-B0, ResNet18, MobileNetV3-Large, DenseNet121, ResNet50 и VGG16-BN методом трансферного обучения. Изображения приводили к размеру 224×224 пикселя; применяли пространственные и фотометрические аугментации и взвешенную выборку для компенсации дисбаланса классов. Сначала обучали классификационную голову нейросети, затем донастраивали два верхних блока сети. Порог решения выбирали по объединенным валидационным предсказаниям без использования независимой выборки. Качество оценивали по ROC-AUC, сбалансированной точности, F1-мере, чувствительности и специфичности; 95% доверительные интервалы рассчитывали методом бутстрэп-перевыборок (1000 повторов).

Наилучшие результаты показала ResNet50: средняя ROC-AUC при кросс-валидации составила 0,754±0,015, объединенная внефолдовая ROC-AUC – 0,753, а на независимой тестовой выборке ROC-AUC достигла 0,788 (95% ДИ 0,742–0,829). При пороге 0,497 сбалансированная точность была 71,5% (95% ДИ 66,8–75,8%), F1-мера – 0,661, чувствительность – 67,2%, специфичность – 75,8%. ROC-AUC на независимой выборке для DenseNet121, VGG16-BN, ResNet18, EfficientNet-B0 и MobileNetV3-Large составила соответственно 0,744; 0,729; 0,724; 0,686 и 0,684. Следовательно, ALP-положительные и ALP-отрицательные клетки различаются по совокупности морфологических признаков, доступных еще до гистохимического окрашивания, причем наиболее эффективной оказалась архитектура ResNet50.

При агрегации результатов на уровне поля зрения в 46 полях независимой выборки доля предсказанных ALP-положительных клеток умеренно коррелировала с фактической долей: r Пирсона=0,500 ($p<0,001$; $R^2=0,250$), ρ Спирмена=0,472 ($p<0,001$). Это подтверждает наличие воспроизводимого морфологического сигнала не только на уровне отдельной клетки, но и на уровне клеточной популяции. Более низкие значения ROC-AUC по сравнению с рядом опубликованных работ [2, 3] могут быть связаны с более сложной постановкой: классифицировались отдельные клетки одной остеогенно индуцированной культуры по гистохимической ALP-позитивности, то есть оценивалась внутрикультурная гетерогенность.

Принципиальным элементом схемы валидации было групповое разделение по полям зрения: клетки из одного исходного кадра имеют общие характеристики освещения, фона и локального микроокружения,

поэтому их случайное распределение между обучением и тестом могло бы искусственно повысить оценки качества. Дополнительное использование полностью независимой выборки и выбор порога классификации только по данным кросс-валидации снижали риск оптимистического смещения. Полученные результаты согласуются с работами, в которых ранние морфологические признаки ММСК использовали для прогнозирования остеогенного потенциала без разрушения исследуемой культуры [4, 5].

Вероятностный выход классификатора может использоваться как количественная оценка при динамическом наблюдении культуры. Это особенно важно при клеточной гетерогенности, когда усредненные показатели популяции маскируют различия между отдельными клетками.

Неокрашенные фазово-контрастные изображения позволяют статистически значимо распознавать ALP-позитивный фенотип отдельных ММСК на ранних сроках остеогенной дифференцировки. ResNet50 обеспечила ROC-AUC 0,788 на полностью независимых полях зрения, что демонстрирует принципиальную возможность неразрушающей оценки состояния клетки до фиксации и окрашивания. Подход не заменяет биохимическую верификацию, но может стать основой прижизненного автоматизированного мониторинга культур. Для дальнейшей валидации необходимы независимые серии экспериментов, оценка переносимости между условиями микроскопии и внешняя проверка модели.

Исследования проводились в рамках государственного задания (номер госрегистрации 125050605790-0).

Список литературы

1. Application of Machine Learning in Predicting Osteogenic Differentiation of Mesenchymal Stem Cells / H. Mao, Zh. Zhou, Y. Yang [et al.] // Bioengineering. – 2025. – Vol. 12, No. 10. – P. 1089. – DOI 10.3390/bioengineering12101089. – EDN IENGTB.
2. Early Predicting Osteogenic Differentiation of Mesenchymal Stem Cells Based on Deep Learning Within One Day / Q. Shi, F. Song, X. Zhou [et al.] // Annals of Biomedical Engineering. – 2024. – Vol. 52, No. 6. – P. 1706-1718. – DOI 10.1007/s10439-024-03483-3. – EDN DCLWHB.
3. Morphology-based deep learning approach for predicting adipogenic and osteogenic differentiation of human mesenchymal stem cells (hMSCs) / M. Mai, Sh. Luo, S. Fasciano [et al.] // Frontiers in Cell and Developmental Biology. – 2023. – Vol. 11. – DOI 10.3389/fcell.2023.1329840. – EDN JXOSEJ.
4. Label-free morphology-based prediction of multiple differentiation potentials of human mesenchymal stem cells for early evaluation of intact cells / H. Sasaki, K. Kanie, H. Honda [et al.] // PLoS ONE. – 2014. – Vol. 9, No. 4. – P. e93952. – DOI 10.1371/journal.pone.0093952. – EDN YBZCLC.
5. Matsuoka F. Characterization of time-course morphological features for efficient prediction of osteogenic potential in human mesenchymal stem cells / F. Matsuoka, I. Takeuchi, H. Agata [et al.] // Biotechnology and Bioengineering. - 2014. - Vol. 111, No. 7. - P. 1430-1439. DOI 10.1002/bit.25189

УДК 614.253:331.101.32:159.9

НЕРВНО-ПСИХИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КАК КРИТЕРИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТАЦИИ ВРАЧЕЙ-СТАЖЕРОВ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АНЕСТЕЗИОЛОГИЯ-РЕАНИМАТОЛОГИЯ» К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Стадник А.Д., ORCID 0009-0006-2646-2176,
Россомахина О.М., канд. пед. наук, ORCID 0000-0001-7424-6378
ФГБОУ ВО «Луганский государственный медицинский университет имени Святителя Луки», г. Луганск, РФ
lesya_ros@mail.ru

Приоритетной задачей кадровой стратегии в сфере здравоохранения выступает обеспечение качественной профессиональной подготовки медицинских специалистов [1]. Современная система подготовки медицинских специалистов с активным применением практико-ориентированного подхода в образовательном процессе способствует развитию гибких профессиональных навыков и психологической готовности к самостоятельной работе врачей-ординаторов в период их обучения по программам высшего образования (ординатуры) [2].

В рамках федерального проекта «Медицинские кадры» предусмотрена возможность трудоустройства врачей-ординаторов второго года обучения в медицинские учреждения на должность врачей-стажёров, что способствует как ликвидации существующего кадрового дефицита, так и их последующей реализации в профессиональной сфере [1, 3].

Цель исследования – изучить состояние адаптации врачей-стажеров по специальности «Анестезиология-реаниматология» к профессиональной деятельности на основании оценки их нервно-психической устойчивости.

В проспективном когортном исследовании приняли добровольное участие 16 врачей-стажеров по специальности «Анестезиология-реаниматология» совмещающих обучение в ФГБОУ ВО ЛГМУ им. Свт. Луки Минздрава России с трудовой деятельностью в профильных отделениях медицинских учреждений городов и районов ЛНР. Для оценки нервно-психической устойчивости проведено анонимное тестирование с использованием электронного варианта экспресс методики «Прогноз-2» В.Ю. Рыбникова [4]. По результатам анкетирования установлено, что большинство врачей-стажеров имеют удовлетворительный и хороший уровень нервно-психической устойчивости, что характеризует достаточно высокую готовность к работе в существующих условиях. Бальная оценка их нервно-психической устойчивости составила 4 [3].

Ординаторы, осуществляющие свою профессиональную деятельность в отделениях анестезиологии, демонстрировали низкий

уровень нервно-психической устойчивости – 3 [2;4], что объясняется их высоким уровнем тревожности и эмоциональным перенапряжением в ситуациях обусловленными характерными особенностями оказания медицинской помощи в зоне военного конфликта. Необходимость быстрого принятия решений в критических ситуациях и условиях повышенной нагрузки определяет высокую вероятность нервно-психических срывов и требует психологического сопровождения профессиональной деятельности обучающихся, поскольку снижение их адаптационных возможностей может привести к синдрому эмоционального выгорания.

У всех врачей-стажеров, работающих в отделениях интенсивной терапии, был выявлен удовлетворительный и хороший уровень нервно-психической устойчивости – 6 [4], что объясняет их более успешную адаптацию к ежедневным высокоинтенсивным стрессорам.

Высокая эмоциональная вовлеченность в лечебно-диагностический процесс, высокий уровень ответственности за качество оказываемой медицинской помощи и жизнь пациентов безусловно определяет вероятность умеренных нарушений нервно-психической деятельности различного спектра у врачей-ординаторов при самостоятельном проведении интенсивной терапии и стабилизации критических состояний пациентов с нарушением жизненно-важных функций.

Проведенное исследование показало, что у преобладающего числа ординаторов по специальности «Анестезиология-реаниматология» показатели нервно-психической устойчивости находятся в пределах удовлетворительных и высоких значений. Тем не менее, специфика адаптационных механизмов к учебным и профессиональным нагрузкам обуславливает необходимость проведения дальнейшего системного мониторинга данного процесса.

Список литературы

1. Возможности совершенствования кадрового обеспечения медицинских организаций путем привлечения молодых специалистов / О. С. Михальченко, С. А. Князев, А. В. Юркевич [и др.] // Дальневосточный медицинский журнал. – 2020. – № 1. – С. 70-73. – DOI 10.35177/1994-5191-20120-1-70-73. – EDN LVSNNT.
2. Правовые аспекты допуска ординаторов к осуществлению медицинской деятельности на должности врача-стажера / О. Ю. Микита, Е. М. Ефимова, А. А. Виноградов [и др.] // Медицинское образование и профессиональное развитие. – 2023. – Т. 14, № 3(51). – С. 56-67. – DOI 10.33029/2220-8453-2023-14-3-56-67. – EDN IPIIBL.
3. Современные аспекты профессиональной подготовки анестезиологов-реаниматологов в ординатуре / С. А. Перепелица, В. В. Мороз, В. Т. Долгих [и др.] // Общая реаниматология. – 2021. – Т. 17, № 5. – С. 80-95. – DOI 10.15360/1813-9779-2021-5-80-95. – EDN MFUQQH.
4. Практикум по психологии состояний: Учебное пособие / Под ред. А.О. Прохорова. - СПб: Речь, 2004. - 480 с.

УДК 575.22

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ ГЕНЕТИЧЕСКИХ ПОЛИМОРФИЗМОВ, АССОЦИИРОВАННЫХ С ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ ЖИЗНИ

Столярова Т.П., ORCID 0009-0005-7116-1084
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
tatiana.tia64@mail.ru

Целью исследования являлся анализ генетических маркеров, ассоциированных с продолжительностью жизни человека, посредством данных полногеномных ассоциативных исследований (GWAS), полученных в рамках различных групп населения. Представленный подход к обработке масштабных массивов информации подтвердил взаимосвязь между длительностью жизни и генетическими вариациями в локусе, ответственном за синтез аполипопротеина Е (APOE).

Многочисленные исследования подтверждают, что ген *APOE*, в частности, его аллели *ε2* и *ε4*, выступает в роли локуса, связанного с продолжительностью жизни и отличающегося высокой степенью воспроизводимости. Этот ген имеет существенное значение для возникновения когнитивных расстройств у пожилых людей и признан фактором риска развития болезни Альцгеймера. Аполипопротеин Е, продукт гена *APOE*, выполняет функцию доставки липидов и холестерина к клеточным структурам. В тканях нервной системы этот белок критически необходим для поддержания целостности мембран нейронов и восстановления синаптических связей. Это соединение синтезируется астроцитами, нейронами и микроглией, а также иммунными клетками, включая макрофаги, лимфоциты и моноциты.

По данным исследований, полиморфизм *rs429358* способен модулировать подвижность молекулы, обеспечивая стабильность структуры домена, связывающего липиды. Подобные изменения приводят к снижению аффинности белка по отношению к липидам и снижению результативности их переноса [1]. Наличие аллеля *ε4* уменьшает вероятность дожить до глубокой старости. Среди долгожителей эта вариация фиксируется реже, в то время как *ε2* встречается чаще. Генотип *ε4* служит примером антагонистической плейотропии, при которой действие гена зависит от возраста человека. Частота последнего колеблется от 6 до 37% в разных популяциях [2]. В исследовании GWAS, проведённом на выборке из 16066 представителей европеоидной расы, 2178 уроженцев стран Восточной Азии и 177 темнокожих жителей Америки, достигших возраста 90 лет и старше (группа случаев), а также на данных 8382 европейцев, 2999 азиатов и 211 темнокожих из младшей возрастной группы (18-75 лет) (группа контроля), не только было подтверждено ранее

известное влияние вариантов гена *APOE* на продолжительность жизни, но и выявлен этот генный локус как статистически значимый фактор [3].

Поскольку исследование всего генома, посвящённое ассоциациям с долголетием у разных групп населения, выявило локус *APOE*, имеющий генетическую связь с рядом болезней, эти результаты могут содействовать выявлению фенотипов, способных служить потенциальными биомаркерами продолжительности жизни в последующих генетических исследованиях [4]. Выявленные расовые колебания в данной характеристике обусловлены взаимодействием факторов «ген-среда» или «ген-ген» [5]. В популяциях Европы этот показатель проявился как значимый критерий, достигнув максимума у представителей южноевропейской группы (рис.).

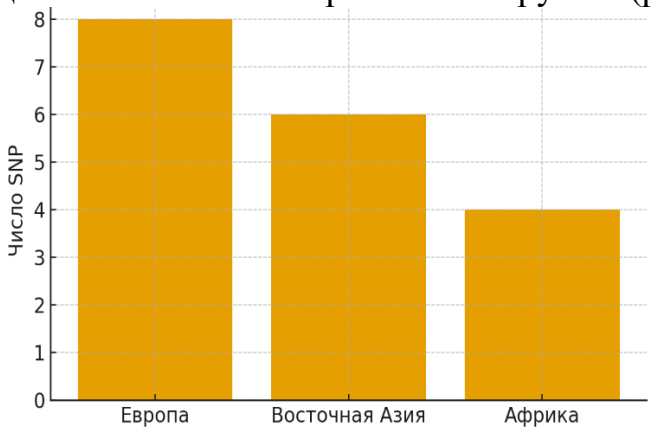


Рис. – Распределение SNP, ассоциированных с долголетием, по популяциям.

Полногеномные ассоциативные исследования выявили корреляцию между долголетием и генетическими вариациями в локусе *APOE*, несущем информацию об аполипопротеине Е, белке, ответственном за метаболизм липидов в центральной нервной системе.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности FENW-2026-0030.

Список литературы

1. Kashtanova, D. A., Mamchur, A. A., Dzhumaniyazova, I. H., et al. Cognitive impairment in longliving adults: a genome-wide association study, polygenic risk score model and molecular modeling of the APOE protein // Frontiers in Aging Neuroscience, 2023, 15. DOI 10.3389/fnagi.2023.1273825.
2. Wintjens, R., Bozon, D., Belabbas, K., et al. Global molecular analysis and APOE mutations in a cohort of autosomal dominant hypercholesterolemia patients in France // Journal of lipid research, 57(3), 482-491. DOI10.1194/jlr. P055699.
3. Столярова, Т. П., Шкурат, Т. П., Изучение локусов, ассоциированных с долголетием по результатам полногеномных ассоциативных исследований (GWAS) // Живые и биокосные системы. – 2026. – № 55. DOI: 10.18522/2308-9709-2026-55-6.
4. Smulders, L., Deelen, J. Genetics of human longevity: From variants to genes to pathways. J. Intern Med, 2024, 295, 416–435. DOI 10.1111/joim.13740.
5. Satria, R. D., Sukorini, U., Lesmana, M. H. S., et al. Bioinformatic and genomic analysis identifies allele of APOE rs7412 as the most prominent variant limiting extreme human longevity. Scientific Reports, 15(1), 21688. DOI 10.1038/s41598-025-02848-5.

УДК 616.1

РЕЗИСТЕНТНАЯ АРТЕРИАЛЬНАЯ ГИПЕРТЕНЗИЯ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИЮ

Тищенко С.В., канд. мед. наук
ГБУЗ «Беловодская ЦРМБ», пгт. Беловодск, ЛНР, РФ
sergeytishchenko90@yandex.ru

Цель исследования – описать современные подходы к диагностике и лечению резистентной артериальной гипертензии.

Классическое определение РАГ подразумевает неконтролируемое АД (≥140/90 мм рт. ст. в кабинете врача) на фоне приёма трёх и более антигипертензивных препаратов, включая диуретик, в максимально переносимых дозах. Однако диагностика РАГ не ограничивается констатацией факта неконтролируемого АД – критически важным этапом является исключение псевдорезистентности. Для подтверждения истинной РАГ необходимыми являются: использование методов амбулаторного мониторирования АД; объективная оценка приверженности пациента к терапии; исключение вторичных причин АГ (первичный альдостеронизм выявляется у 5-25% пациентов с РАГ, синдром обструктивного апноэ сна – более чем у половины, а стеноз почечных артерий – примерно у 24%).

Модификация образа жизни остаётся фундаментальным компонентом терапии РАГ. Рекомендации включают ограничение натрия до менее 1500 мг в сутки, снижение или исключение алкоголя, не менее 150 минут аэробных упражнений в неделю и снижение массы тела. Диета DASH демонстрирует снижение систолического АД примерно на 6,97 мм рт. ст. Необходимо также избегать приёма препаратов, повышающих АД (нестероидные противовоспалительные средства, некоторые антидепрессанты), и при подтверждённом диагнозе апноэ сна – обеспечивать его лечение.

Фармакологическая терапия представляет собой оптимизацию медикаментозного лечения при РАГ и предполагает последовательное наращивание терапевтического воздействия. Предлагается использование комбинированных таблетированных форм, интенсификация диуретической терапии с заменой гидрохлоротиазида на хлорталидон. В последние годы в клиническую практику внедряются новые классы препаратов. Ингибиторы синтеза альдостерона – лорундростат и баксдростат – продемонстрировали снижение систолического АД на 9,1 и 9,8 мм рт. ст. соответственно, по сравнению с плацебо, а апрецитентан – на 3,7 мм рт. ст.

Ренальная денервация (РДН) является наиболее изученным интервенционным методом и представляет собой катетерную процедуру, направленную на прерывание симпатических нервных волокон,

окружающих почечные артерии. Механизм действия основан на роли повышенной активности симпатической нервной системы в патогенезе РАГ. После первоначально неоднозначных результатов ранних исследований последующие рандомизированные контролируемые испытания (SPYRAL HTN-ON/OFF MED, RADIANCE-HTN TRIO) продемонстрировали умеренную, но статистически значимую эффективность РДН: снижение систолического АД варьировало от 3,9 до 18,7 мм рт. ст. в зависимости от популяции пациентов. Метаанализ подтвердил устойчивое снижение амбулаторного систолического АД примерно на 13,6 мм рт. ст. при благоприятном профиле безопасности. Технологические усовершенствования (многоэлектродные катетеры, воздействие на дистальные ветви почечных артерий) повышают воспроизводимость результатов. Рекомендации ESH 2023 и ESC 2024 включают РДН в качестве дополнительной терапевтической опции для пациентов с истинной РАГ после исключения вторичных причин и подтверждения приверженности к медикаментозной терапии. Российские исследования также подтверждают безопасность и эффективность РДН у коморбидных пациентов с РАГ, сахарным диабетом 2 типа и ишемической болезнью сердца, демонстрируя положительное влияние на уровни АД, параметры углеводного обмена и регуляторные факторы ренин-ангиотензин-альдостероновой системы. Однако, необходим тщательный отбор пациентов и выполнение вмешательства в опытных центрах.

Приверженность терапии представляет собой отдельную и крайне значимую проблему. Даже при наличии эффективных схем лечения низкая приверженность сводит на нет их потенциал. Исследования показывают, что общая приверженность как фармакологическому, так и нефармакологическому лечению среди амбулаторных пациентов с АГ составляет лишь около 53,8%, при этом приверженность только медикаментозной терапии достигает 73,9%. Для решения этой проблемы необходимы комплексные вмешательства, включающие образовательные программы, упрощение режимов приёма (предпочтение фиксированных комбинаций), использование цифровых инструментов напоминания и активное вовлечение пациентов в процесс лечения.

Резистентная артериальная гипертензия остаётся серьёзным клиническим вызовом, требующим системного диагностического подхода и персонализированной терапевтической стратегии. Современная парадигма ведения РАГ включает обязательное подтверждение истинной резистентности с помощью амбулаторных методов измерения АД, тщательную оценку приверженности, скрининг вторичных причин и последовательную интенсификацию как медикаментозной, так и, при необходимости, интервенционной терапии.

УДК 591.182: 612.015.6/.018: 612.741: 57.084.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ L-КАРНИТИНА В УЛУЧШЕНИИ МЫШЕЧНОЙ ФУНКЦИИ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА КРЫСАХ

Труш В.В., д-р биол. наук, доц., ORCID 0000-0001-8514-8431,
Лисун А.О., ORCID 0009-0000-5861-3262,
Овчаренко В.А., ORCID 0009-0005-9934-2696
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет», г. Донецк, РФ
ver.trush@yandex.ru

Карнитин (γ-триметил-β-гидроксибутиробетаин) – биологически активное вещество метаботропного действия с хорошим профилем безопасности, аналог естественного эндогенного вещества карнитина, родственный витаминам группы В и играющий ключевую роль в клеточном метаболизме [1]. Причем подавляющая часть карнитина в животном организме (90-95%) сосредоточена в скелетных мышцах [2], наиболее чувствительных к его эффектам. Это вещество, участвуя в транспорте длинноцепочечных жирных кислот в митохондрии клеток и тем самым стимулируя β-окисление в них, используется как средство энерготропной терапии [3], оказывает антиоксидантное [4], антиапоптотическое [5], анаболическое [6], мембранностабилизирующее [7] действие.

Уже достаточно давно в ряде исследований обнаружены позитивные эффекты карнитина на скелетную мускулатуру, но до сих пор вопрос о влиянии добавок L-карнитина на мышечную работоспособность окончательно не решен.

Данные относительно влияния экзогенно вводимого карнитина на физическую работоспособность и выносливость весьма противоречивы: от существенного [8] или незначительного ее улучшения [9] до отсутствия существенных изменений [10].

Цель исследования состояла в оценке влияния субхронического (на протяжении 10–60 дней) введения L-карнитина (в дозе 100 мг/кг/сут, эквивалентной умеренной терапевтической дозе для человека в 1,5 г/сутки) на функциональное состояние *m. tibialis anterior* крыс, характеризующейся преимущественным преобладанием гликолитических мышечных волокон.

Эксперименты выполнены на 40 половозрелых крысах женского пола (возраст 4–5 месяцев, исходная масса тела 190–200 г), распределенных на две группы: интактную (контрольная, n = 10, животные не подвергались каким-либо экспериментальным воздействиям) и опытную (n = 30), получавшую L-карнитин (L-CAR, «Элькар», ООО «ПИК-ФАРМА», Россия) в дозе 100 мг/кг/сутки, внутрибрюшинно на протяжении 10, 30 или 60 суток.

В зависимости от длительности курса опытную группу впоследствии разделили на три подгруппы (n=10 в каждой): L-CAR-10, L-CAR-30 и L-CAR-60.

После завершения курса введения препарата у животных в условиях глубокого наркоза (тиопентал натрия, 100 мг/кг, внутрибрюшинно) проводили острый эксперимент, в ходе которого определяли электрофизиологические и эргометрические характеристики *m. tibialis anterior* с использованием методических подходов, подробно описанных в более ранней нашей работе [11].

Анализ полученных данных показал, что L-карнитин (100 мг/кг/сутки, на протяжении 10-60 дней) существенно повышал, в сравнении с контролем ($p<0,05$), устойчивость мышцы к утомлению и скорость восстановления ее сократительных ответов после утомляющей работы.

В пользу этого указывают, во-первых, особенности изменения параметров М-ответа скелетной мышцы животных опытных групп после утомления, отражающие деактивацию меньшего количества двигательных единиц: большая степень удлинения М-ответов (на 54±4,0% в сравнении с удлинение в 36±5,4% у контроля, $p<0,05$) на фоне сопоставимого с контролем изменения их амплитуды. Кроме того, у животных, получавших L-карнитин, число активируемых двигательных единиц практически не изменялось относительно исходных значений, тогда как в контрольной группе этот показатель достоверно уменьшался (на 26±2%, $p<0,05$ относительно исходного значения).

Во-вторых, для мышцы животных опытных групп не было характерно уменьшения амплитуды и укорочения периода активного состояния мышцы при одиночных сокращениях после утомляющей нагрузки, тогда как у контрольной группы эти параметры значимо изменялись относительно исходных (амплитуда уменьшалась на 24±2,2%, продолжительность активного состояния мышцы – на 14±3,5%, $p<0,05$ относительно соответствующих исходных значений).

L-карнитин при субхроническом введении (спустя 30-60 дней применения) обусловливал улучшение ($p<0,05$ относительно контроля) параметров тетанического сокращения мышцы: увеличение его скорости (на 46-163%), абсолютной (на 163-295%) и удельной (на 120-195%) силы, ускорение периода послететанического полурасслабления (на 55-57%), удлинение максимальной (на 49-55%) и субмаксимальной (на 65-69%) работоспособности.

Полученные данные позволяют допустить эффективность субхронического применения L-карнитина в улучшении параметров мышечной работоспособности как при динамических, так и при статических физических нагрузках.

Список литературы

1. Evans, A. M. Pharmacokinetics of L-Carnitine / A. M. Evans, G. Fornasini // Clinical Pharmacokinetics. – 2003. – Vol. 42, No. 11. – P. 941-967. – DOI 10.2165/00003088-200342110-00002. – EDN FDJSMK.
2. Carnitine transport into muscular cells. Inhibition of transport and cell growth by mildronate / B. Georges, F. Le Borgne, S. Galland [et al.] // Biochemical Pharmacology. – 2000. – Vol. 59, No. 11. – P. 1357-1363. – DOI 10.1016/S0006-2952(00)00265-3. – EDN YFWWCL.
3. Опыт применения L-карнитина в лечении секреторного бесплодия у мужчин (обзор литературы) / И. В. Виноградов, А. В. Блохин, Л. М. Афанасьева [и др.] // Андрология и генитальная хирургия. – 2009. – Т. 10, № 2. – С. 19-22. – EDN KUYIRP.
4. L-Carnitine supplementation reduces biomarkers of inflammatory and oxidative stress in patients with coronary artery disease: a randomised controlled trial / S. M. Nachvak, R. Mostafai, J. Moludi [et al.] // Archives of Physiology and Biochemistry. – 2020. – DOI 10.1080/13813455.2020.1797102. – EDN YEYBLP.
5. Protective effect of L-carnitine on apoptosis, DNA fragmentation, membrane integrity and Lipid peroxidation of spermatozoa in the asthenoteratospermic men / S. Naderi Noreini, M. Malmir, A. Ghafarizadeh [et al.] // Andrologia. – 2021. – Vol. 53, No. 2. – DOI 10.1111/and.13932. – EDN MGFGMJ.
6. L-carnitine supplementation in recovery after exercise / R. Fielding, L. Riede, J. P. Lugo, A. Bellamine // Nutrients. – 2018. – Vol. 10, No. 3. – P. 349. – DOI 10.3390/nu10030349. – EDN OFMXTN.
7. Carnitine in Human Muscle Bioenergetics: Can Carnitine Supplementation Improve Physical Exercise? / A. Gnoni, S. Longo, G. V. Gnoni, A. M. Giudetti // Molecules. – 2020. – Vol. 25, No. 1. – P. 182. – DOI 10.3390/molecules25010182. – EDN TTHXET.
8. Drăgan, G.I., Wagner, W., Ploeşteanu, E. Studies concerning the ergogenic value of protein supply and L-carnitine in elite junior cyclists // Physiologie. – 1988. – V. 25. – P. 129–132. – DOI: 10.1515/physiol-1988-0211
9. The effect of oral supplementation with l-carnitine on maximum and submaximum exercise capacity / C. Greig, K. M. Finch, D. A. Jones [et al.] // European Journal of Applied Physiology. – 1987. – Vol. 56, No. 4. – P. 457-460. – DOI 10.1007/bf00417775. – EDN IDKYJE.
10. Effect of l-carnitine supplementation on the body carnitine pool, skeletal muscle energy metabolism and physical performance in male vegetarians / K. Novakova, O. Kummer, Ja. Bouitbir [et al.] // European Journal of Nutrition. – 2016. – Vol. 55, No. 1. – P. 207-217. – DOI 10.1007/s00394-015-0838-9. – EDN UPMUQW.
11. Трущ, В.В., Соболев, В.И. Эффекты длительно вводимой α-липоевой кислоты на нервно-мышечный аппарат в модельных экспериментах на животных // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского Биология. Химия. – 2019. – Т. 5(71), № 4. – С. 158-181.

УДК 616.831-005.1-08:615.357:577.17

НЕЙРОПРОТЕКТОРНЫЕ СВОЙСТВА СТРУКТУРНО-МОДИФИЦИРОВАННОГО АНАЛОГА ТИРОНАМИНОВ CA-T0AM В МОДЕЛИ ИШЕМИЧЕСКОГО ИНСУЛЬТА IN VITRO

Филимонов Д.А., д-р мед. наук, ORCID 0000-0002-4542-6860,
Турчин В.В., ORCID 0000-0002-6461-4904,
Солопов М.В., ORCID 0000-0001-7053-4428
ФГБУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии имени В.К. Гусака»,
г. Донецк, РФ
turchin.dn@mail.ru

Ишемическое повреждение головного мозга остается одной из наиболее значимых медико-социальных проблем вследствие высокого риска стойкого неврологического дефицита. Повреждение нейронов при ишемии и последующей реперфузии связано с формированием окислительного стресса, нарушением клеточного метаболизма и активацией программируемой клеточной гибели. Одним из перспективных направлений поиска средств нейропротекции является исследование эндогенных биологически активных соединений и их синтетических аналогов. Тиронамины представляют собой производные тиреоидных гормонов и рассматриваются в качестве лигандов рецептора 1, ассоциированного со следовыми аминами (TAAR1). Для тиронаминов и их структурных аналогов описаны плейотропные эффекты, в том числе потенциальное нейропротекторное действие [1-3]. При этом механизмы реализации этих эффектов, особенно в условиях ишемического повреждения, изучены недостаточно. Анализ транскриптомных данных показывает наличие экспрессии TAAR1 в ряде структур головного мозга, включая кору больших полушарий и гиппокамп [4]. Структурно-модифицированный аналог тиронамина 4-[4-(2-аминоэтокси)бензил]анилин (CA-T0AM) ранее был охарактеризован с применением комплекса физико-химических и вычислительных методов [5]. На предыдущем этапе исследования концентрация 50 мкМ была определена как перспективная для дальнейшего изучения биологической активности соединения.

Цель работы – оценить нейропротекторные свойства CA-T0AM и определить участие TAAR1-зависимых сигнальных механизмов в реализации его эффектов при моделировании ишемического повреждения in vitro.

Исследование проводили на первичных нейро-астроглиальных культурах, полученных из коры больших полушарий крыс WYK. Для воспроизведения ишемического повреждения была разработана

экспериментальная установка и отработана модель кислородно-глюкозной депривации с последующей реперфузией (КГДР). Использовали два варианта повреждающего воздействия: умеренную КГДР – 7,5% O_2 и 2,5 мМ глюкозы, и тяжелую КГДР – 2% O_2 и 2,5 мМ глюкозы. Исследуемое соединение CA-T0AM применяли в концентрации 50 мкМ.

Нейропротекторное действие оценивали по уровню некроза и апоптоза клеток, а также по показателям, характеризующим окислительный стресс. Для изучения молекулярных механизмов методом вестерн-блоттинга определяли экспрессию сигнальных белков pERK, Bcl-2, Bax, pro-Casp3 и расщепленной каспазы-3 Cl-Casp3(p17). Для проверки участия TAAR1 в реализации эффектов CA-T0AM использовали специфический ингибитор данного рецептора EPPTB в концентрации 10 мкМ. В качестве положительного контроля применяли остеопонтин в концентрации 0,5 мкг/мл.

При умеренной КГДР применение CA-T0AM сопровождалось снижением уровня некроза нейронов на 43%, а апоптоза – на 65%. Уровень ТБК-активных продуктов метаболизма снижался на 48% соответственно. При тяжелом варианте КГДР защитное действие сохранялось, однако было менее выраженным: уровень некроза снижался на 18%, апоптоза – на 35%, ТБК-активных продуктов – на 22%. Таким образом, выраженность нейропротекторного действия CA-T0AM зависела от тяжести моделируемого ишемического повреждения.

Наиболее выраженные изменения сигнальных путей наблюдались при умеренной КГДР. На фоне применения CA-T0AM экспрессия pERK возрастала приблизительно в 2,8 раза, Bcl-2 – в 2,1 раза. Несмотря на увеличение экспрессии проапоптотического белка Bax на 31%, соотношение Bcl-2/Bax возрастало в 1,7 раза относительно нормоксии/нормогликемии, тогда как в группе без применения исследуемого соединения оно снижалось в 1,5 раза. Соотношение pro-Casp3/Cl-Casp3(p17) при применении CA-T0AM было лишь на 22% ниже нормоксических значений, в то время как без исследуемого соединения оно снижалось в 6,4 раза. Полученные результаты свидетельствуют о преимущественной активации антиапоптотических сигнальных механизмов и подавлении активации каспазы-3. При тяжелой КГДР на фоне CA-T0AM также сохранялась повышенная экспрессия pERK и Bcl-2 – в 2,4 и 1,9 раза соответственно. Одновременно наблюдалось повышение Bax, вследствие чего отношение Bcl-2/Bax снижалось в 2 раза по сравнению с условиями нормоксии/нормогликемии. Тем не менее отношение pro-Casp3/Cl-Casp3(p17) сохранялось на уровне 3,4, в то время как без CA-T0AM отношения Bcl-2/Bax и pro-Casp3/Cl-Casp3(p17) снижались соответственно в 4,6 и 7,9 раза.

Применение ингибитора TAAR1 EPPTB существенно снижало эффекты CA-T0AM, что подтверждает участие TAAR1 в механизме

действия исследуемого соединения. Остеопонтин, использованный в качестве положительного контроля, оказывал сопоставимый с CA-T0AM нейропротекторный эффект на уровне исследованных сигнальных путей. Эти результаты согласуются с ранее опубликованными данными о TAAR1-зависимой нейропротекции тиронаминов при кислородно-глюкозной депривации и других вариантах повреждения нервной ткани [2, 3].

CA-T0AM в концентрации 50 мкМ оказывает выраженное нейропротекторное действие на первичные нейро-астроглиальные культуры в условиях моделирования ишемического инсульта in vitro. Эффект проявляется в уменьшении степени некроза и апоптоза клеток и изменении молекулярных маркеров, свидетельствующими о поддержании антиапоптотической направленности сигнальных процессов. Выраженность действия зависит от тяжести КГДР и наиболее отчетливо проявляется при умеренном повреждении. Повышение уровня pERK и Bcl-2, сохранение высокого соотношения Bcl-2/Bax и ограничение активации каспазы-3 позволяют рассматривать подавление апоптотических механизмов как одно из основных звеньев нейропротекторного действия CA-T0AM. Снижение выявленных эффектов ингибитором EPPTB подтверждает TAAR1-опосредованный характер действия соединения. Полученные результаты обосновывают дальнейшее исследование CA-T0AM в качестве потенциального нейропротекторного средства при ишемическом повреждении головного мозга.

Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда (номер проекта № 25-25-20601).

Список литературы

1. New insights into the potential roles of 3-Iodothyronamine (T1AM) and newly developed thyronamine-like TAAR1 agonists in neuroprotection / L. Bellusci, M. Sabatini, R. Zucchi [et al.] // Frontiers in Pharmacology. – 2017. – Vol. 8, No. DEC. – P. 905. – DOI 10.3389/fphar.2017.00905. – EDN YDYRZJ.
2. T1AM-TAAR1 signalling protects against OGD-induced synaptic dysfunction in the entorhinal cortex / F. Tozzi, G. Rutigliano, M. Borsò [et al.] // Neurobiology of Disease. – 2021. – Vol. 151. – P. 105271. – DOI 10.1016/j.nbd.2021.105271. – EDN CZMXAO.
3. Landucci E. N-(3-Ethoxy-phenyl)-4-pyrrolidin-1-yl-3-trifluoromethyl-benzamide (EPPTB) prevents 3-iodothyronamine (T1AM)-induced neuroprotection against kainic acid toxicity / E. Landucci, M. Gencarelli, C. Mazzantini [et al.] // Neurochemistry International. – 2019. – Vol. 129. – Art. 104460. – DOI 10.1016/j.neuint.2019.05.004.
4. Клеточно-специфическая экспрессия рецептора к следовым аминам 1 (TAAR1) в нейронах различных отделов головного мозга: транскриптомный анализ с использованием общедоступных баз данных / Д. А. Филимонов, М. Ю. Котловский, М. П. Потапов [и др.] // Пациентоориентированная медицина и фармация. – 2026. – Т. 4, № 1. – С. 67-76. – DOI 10.37489/2949-1924-0132. – EDN CEOKTR.
5. Structural Descriptors and Antioxidant Activity Markers of 4-[4-(2-Aminoethoxy)benzyl]aniline / D. A. Filimonov, A. B. Eresko, N. N. Trubnikova [et al.] // Antioxidants. – 2026. – Vol. 15, No. 2. – P. 256. – DOI 10.3390/antiox15020256. – EDN URZZSC.

УДК 616-001.4

ЦИТОСОВМЕСТИМОСТЬ ЛИЗАТОВ ГЕНЕТИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ *LACTOBACILLUS ACIDOPHILUS* И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МИГРАЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ ДЕРМАЛЬНЫХ ФИБРОБЛАСТОВ IN VITRO

Турчин В.В., ORCID 0000-0002-6461-4904,
Белоцерковская М.А., ORCID 0009-0004-3019-144X,
Солопов М.В., ORCID 0000-0001-7053-4428,
Лебедь Е.Д., ORCID 0009-0003-2746-2061
ФГБУ «Институт неотложной и восстановительной хирургии имени В.К. Гусака»,
г. Донецк, РФ
turchin.dn@mail.ru

Инфицированные раны остаются значимой клинической проблемой вследствие высокой микробной нагрузки, формирования биоплёнок и распространения лекарственной устойчивости. Перспективным направлением является местная бактериотерапия пробиотическими микроорганизмами, которые способны не только подавлять патогены, но и влиять на воспаление и репарацию тканей [1].

В рамках проекта получены генетически модифицированные *Lactobacillus acidophilus* штаммы:

– SE33,

– экспрессирующий антимикробный пептид SE-33 и

– SE33-WCG, дополнительно содержащий фрагмент белка теплового шока Hsp90α (WCG), рассматриваемый как регенеративный компонент.

Цель работы – оценить цитосовместимость лизатов контрольных и трансгенных *L. acidophilus* и их влияние на миграционную активность дермальных фибробластов человека in vitro, а также определить рабочую концентрацию живых культур в альгинатном гидрогеле по бактериостатическому эффекту.

Исследовали немодифицированный контрольный штамм *L. acidophilus*, трансгенный SE33 и SE33-WCG.

Цитосовместимость ультразвуковых лизатов в белковой концентрации 10 мкг/мл оценивали на дермальных фибробластах человека и клеточных линиях HaCaT, Jurkat, HLFb-1 и HeLa.

Влияние лизатов на миграционную и пролиферативную активность дермальных фибробластов изучали методом скратч-теста [3] в течение 48 ч с контрольными точками 0, 2, 6, 12, 24, 36 и 48 ч.

Достоверно выраженного цитотоксического эффекта лизатов в белковой концентрации 10 мкг/мл на исследованных клеточных культурах

не выявлено, что указывает на их цитосовместимость в использованных условиях.

В скратч-тесте лизаты немодифицированного штамма и SE33 достоверно не изменяли миграционную и пролиферативную активность фибробластов. Лизат SE33-WCG, напротив, достоверно увеличивал скорость миграции на 14,04%, 23,57% и 21,23% через 6, 12 и 24 ч соответственно ($p < 0,05$). Через 36 ч во всех группах отмечалось полное закрытие зоны повреждения. Таким образом, эффект SE33-WCG проявлялся преимущественно на ранней фазе восстановления монослоя. Его наличие при отсутствии значимого эффекта SE33 согласуется с предполагаемой регенеративной ролью компонента WCG, однако требует отдельной верификации. В частности, перспективно изучение сигнальных путей PI3K/AKT и TGF-β/Smad, которые рассматриваются как участники клеточного ответа на пробиотики и их продукты [4].

В дополнительном эксперименте контрольные и трансгенные *L. acidophilus* в концентрациях 10^6, 10^7, 10^8 и 10^9 КОЕ/мл иммобилизовали в 2% альгинатном гидрогеле и оценивали их бактериостатическую активность в отношении *Staphylococcus aureus* диск-диффузионным методом в течение 12 ч.

Максимальный эффект для всех штаммов достигался при 10^8 КОЕ/мл; повышение концентрации до 10^9 КОЕ/мл не приводило к достоверному усилению подавления роста *S. aureus*. Трансгенные штаммы демонстрировали тенденцию к более выраженному ингибирующему действию, однако различия с контролем не достигали статистической значимости. С учётом результатов предыдущего этапа проекта, где альгинат обеспечивал высокую жизнеспособность и бактериостатическую активность лактобактерий, концентрация 10^8 КОЕ/мл может рассматриваться как исходная для дальнейшей оптимизации раневого покрытия.

Полученные данные поддерживают концепцию раневого покрытия, сочетающего противомикробное и репаративное действие. Для лизатов лактобактерий ранее описано благоприятное влияние на свойства эпидермальных клеток [2] и стимуляция миграции в скратч-тесте [3]. В настоящей работе миграционный эффект выявлен именно для SE33-WCG, что указывает на возможный вклад WCG в регенеративное действие конструкции. Однако это не является прямым доказательством механизма Hsp90α и требует сравнения с изолированным WCG и анализа молекулярных маркеров репаративных сигнальных путей [4].

Отсутствие усиления бактериостатического эффекта при повышении концентрации с 10^8 до 10^9 КОЕ/мл подтверждает необходимость оптимизации дозы, а не простого увеличения бактериальной нагрузки.

Ограничениями этапа являются исследование лизатов в одной концентрации, модели in vitro, невозможность полностью разделить вклад миграции и пролиферации в скратч-тесте и отсутствие прямого анализа молекулярных механизмов SE33-WCG. Дальнейшая работа должна включать дозозависимую оценку и верификацию эффекта. В целом результаты согласуются с развитием «живых» гидрогелевых систем, в которых пробиотики выступают функциональным компонентом биоматериала для локального лечения инфицированных ран [5].

Лизаты контрольных и генетически модифицированных *L. acidophilus* в концентрации 10 мкг/мл не проявили достоверно выраженной цитотоксичности на исследованных клеточных моделях. SE33-WCG достоверно ускорял миграцию дермальных фибробластов на ранних этапах скратч-теста, тогда как контрольный штамм и SE33 значимого эффекта не оказывали. Для живых культур в 2% альгинатном гидрогеле наибольший бактериостатический эффект в отношении *S. aureus* получен при 10^8 КОЕ/мл. Результаты обосновывают дальнейшую разработку раневого покрытия на основе генетически модифицированных лактобактерий, потенциально объединяющего контролируемую антимикробную активность и стимуляцию клеточных механизмов репарации.

Исследование выполнено в рамках гранта Российского научного фонда (номер проекта 25-15-20602).

Список литературы

1. Ищенко Р. В. Механизмы терапевтического действия живых пробиотиков в местном лечении инфицированных ран / Р. В. Ищенко [и др.] // Клиническая практика. – 2026. – Т. 17, № 1. – С. 86–95. – DOI 10.17816/clinpract698528. – EDN CPWCCC.
2. Sultana R. Strain-dependent augmentation of tight-junction barrier function in human primary epidermal keratinocytes by *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* lysates / R. Sultana, A. J. McBain, C. A. O'Neill // Applied and Environmental Microbiology. – 2013. – Vol. 79, No. 16. – P. 4887–4894. – DOI 10.1128/AEM.00982-13.
3. Mohammedsaeed W. *Lactobacillus rhamnosus* GG lysate increases re-epithelialization of keratinocyte scratch assays by promoting migration / W. Mohammedsaeed [et al.] // Scientific Reports. – 2015. – Vol. 5. – Art. 16147. – DOI 10.1038/srep16147.
4. Zhang S. Probiotics promote cellular wound healing responses by modulating the PI3K and TGF-β/Smad signaling pathways / S. Zhang [et al.] // Cell Communication and Signaling. – 2025. – Vol. 23, No. 1. – Art. 195. – DOI 10.1186/s12964-025-02179-y. – EDN DTQSBG.
5. Tao S. An injectable living hydrogel with embedded probiotics as a novel strategy for combating multifaceted pathogen wound infections / S. Tao [et al.] // Advanced Healthcare Materials. – 2024. – Vol. 13, No. 27. – Art. e2400921. – DOI 10.1002/adhm.202400921. – EDN RVCLWX.

УДК 616.127-005.8:616.132.2-002

ПАТОГЕНЕЗ ИНФАРКТА МИОКАРДА С НЕОБСТРУКТИВНЫМ ПОРАЖЕНИЕМ КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ (MINOCA)

Цыхмистро А.А., ORCID 0009-0007-1483-1656,
Швечикова В.А., ORCID 0009-0004-0221-5598
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького», г. Донецк, РФ
alina.tsykhmistro@mail.ru

MINOCA (Myocardial Infarction With Nonobstructive Coronary Arteries) – это инфаркт миокарда, вызванный гетерогенной группой причин, при котором ишемия миокарда не связана с обструкцией коронарных артерий. Данное состояние наблюдается у 6-8% пациентов со спонтанным инфарктом миокарда, чаще проявляясь у женщин, а также молодых людей [1, 2].

Цель – изучить современные представления о патогенетических механизмах развития инфаркта миокарда с необструктивным поражением коронарных артерий.

В медицинском сообществе различают следующие этиологические факторы развития MINOCA:

1) разрыв и эрозия атеросклеротической бляшки;
2) спонтанное расслоение коронарной артерии;
3) коронарный вазоспазм;
4) дисфункция микрососудистого русла;
5) коронарная тромбоэмболия;
6) несоответствие между потребностью миокарда в кислороде и его поступлением [3].

Ниже рассмотрим основные этиологические факторы развития MINOCA более подробно.

Но прежде всего отметим, что среди клинических состояний, имитирующих MINOCA, следует выделить миокардит и кардиомиопатию Такоцубо, но, несмотря на схожую клиническую картину, повышение уровня тропонина в крови по данным лабораторной диагностики и отсутствие обструкции коронарных артерий при коронарографии, повреждение миокарда при них имеет неишемическую природу [3].

Разрушение и эрозия атеросклеротической бляшки являются наиболее распространенными этиологическими факторами инфаркта миокарда с необструктивным поражением коронарных артерий (до 40% случаев). В результате разрыва фиброзной покрышки атеросклеротической бляшки и контакта крови с липидным ядром или повреждения эндотелия на фоне эрозии бляшки создаются условия для запуска процесса

тромбообразования. Основным отличием MINOCA от инфаркта миокарда на фоне ишемической болезни сердца является степень стеноза, которая является менее 50% на момент проведения коронарографии [4].

Спонтанное расслоение коронарной артерии – достаточно редкая причина инфаркта миокарда. Данное состояние сопровождается формированием ложного просвета внутри стенки сосуда и образованием интрамуральной гематомы, что препятствует кровотоку ввиду сдавления истинного просвета артерии и боковых ветвей [3, 4].

Коронарный вазоспазм может быть вызван функциональным и структурным факторами. Основную роль в формировании функционального вазоспазма играет повышение чувствительности миоцитов сосудистой стенки к эндогенным сосудосуживающим веществам (норадреналину, эндотелину-1, ангиотензину II, серотонину) либо к экзогенным факторам (например, у пациентов с зарегистрированным приемом амфетамина в анамнезе) [4].

Ключевым регулятором коронарного вазоспазма выступает фермент Rho-киназа, ингибирующий активность миозинсвязывающей субъединицы миозинфосфатазы, что приводит к поддержанию фосфорилированного состояния легких цепей миозина и усилению взаимодействия миозина с актином. Также описанный фермент участвует в регуляции кальциевого гомеостаза внутри клетки путем повышения активности потенциалзависимых кальциевых каналов и увеличения поступления кальция внутрь клетки [5].

Структурным фактором вазоспазма является наличие у пациента мышечного миокардиального мостика – это анатомическая особенность, при которой коронарная артерия не на всем протяжении проходит эпикардиально, потому что имеются участки, где артерия проходит интрамиокардиально. Во время систолы происходит сокращение миокарда, приводящее к сдавлению просвета участка аномально расположенного сосуда и ограничению кровотока в нем. Наиболее часто мышечный миокардиальный мостик локализуется в области проксимальной или средней трети передней межжелудочковой артерии [4, 5].

Дисфункция микрососудистого русла может быть вызвана двумя группами причин:

1) эндотелий-зависимыми;

2) эндотелий-независимыми.

Эндотелий-зависимая дисфункция обусловлена нарушением соотношения циркулирующих в крови медиаторов, отвечающих за констрикцию и дилятацию микроциркуляторного русла – серотонина, ацетилхолина, норадреналина. Эндотелий-независимая дисфункция объясняется дисрегуляцией вегетативной нервной системы, а именно преобладанием симпатической активности над парасимпатической [5].

Коронарная тромбоэмболия может наблюдаться у пациентов с фибрилляцией предсердий, потому что неэффективные сокращения предсердий создают условия для снижения скорости кровотока – одного из звеньев триады Вирхова – в области ушка левого предсердия. В случае последующей эмболии тромба в систему коронарных артерий возможны следующие патогенетические варианты. При окклюзии крупных коронарных сосудов у пациента развивается инфаркт на фоне ишемической болезни сердца, в то время как окклюзия сосудов меньшего калибра приводит к классической картине MINOCA – некрозу миокарда при отсутствии признаков обструкции при проведении коронарографии [2].

Несоответствие между потребностью миокарда в кислороде и его поступлением также приводит к развитию инфаркта миокарда. Данный дисбаланс может возникать как при увеличении потребности миокарда в кислороде, например, у пациентов с тахиаритмией, гипертонической болезнью, так и вследствие недостаточной доставки кислорода к кардиомиоцитам при гипотензии, шоке, анемии [2, 5].

объединяет различные патогенетические механизмы формирования инфаркта миокарда. Установление конкретного этиологического звена и понимание дальнейшего патогенеза развития инфаркта миокарда имеет важное клиническое значение, поскольку напрямую влияет на дальнейшую тактику врача и выживаемость пациентов.

Исследование проводилось без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Pathophysiology of Myocardial Infarction With Nonobstructive Coronary Artery Disease: A Contemporary Systematic Review / L. A. Boivin-Proulx, K. Haddad, M. Lombardi [et al.] // CJC Open. – 2024. – Vol. 6, No. 2. – P. 380-390. – DOI 10.1016/j.cjco.2023.11.014. – EDN RTWAIJ.
2. Reynolds, H. R. Myocardial Infarction with Nonobstructive Coronary Arteries / H. R. Reynolds, N. R. Smilowitz // Annual Review of Medicine. – 2023. – Vol. 74, No. 1. – P. 171-188. – DOI 10.1146/annurev-med-042921-111727. – EDN VOFGGW.
3. MINOCA: A Pathophysiological Approach of Diagnosis and Treatment – A Narrative Review / E. Khattab, D. Karelas, T. Pallas [et al.] // Biomedicines. – 2024. – Vol. 12, No. 11. – P. 2457. – DOI 10.3390/biomedicines12112457. – EDN ZUURAV.
4. Myocardical Infarction with Non-Obstructive Coronary Arteries (MINOCA): pathogenesis, diagnosis and treatment / V. Sucato, F. Comparato, A. Ortello, A. R. Galassi // Current Problems in Cardiology. – 2024. – Vol. 49, No. 7. – P. 102583. – DOI 10.1016/j.cpcardiol.2024.102583. – EDN WXCLLY.
5. Мовсисян, Д. М. Ишемия миокарда без обструкции коронарных артерий (INOCA). Часть I. Современное представление об INOCA / Д. М. Мовсисян, Е. А. Комиссаров, Х. Г. Алиджанова // Медицинский алфавит. – 2025. – № 18. – С. 12-19. – DOI 10.33667/2078-5631-2025-18-12-19. – EDN OZEXOU.

УДК 616.379-008.64-085.3:612.112.94

РЕГУЛЯТОРНЫЕ Т-КЛЕТКИ В ТЕРАПИИ САХАРНОГО ДИАБЕТА 1 ТИПА

Ченикалова А.С., ORCID 0009-0002-0971-6630,
Пивнев Б.А., ORCID 0009-0008-0864-8289
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный медицинский университет имени М. Горького», г. Донецк, РФ
atchenikalova@yandex.ru

Сахарный диабет 1 типа (СД 1 типа) представляет собой аутоиммунное заболевание, характеризующееся абсолютным дефицитом инсулина из-за Т-клеточно-опосредованной деструкции бета-клеток поджелудочной железы. По данным Всемирной организации здравоохранения, по состоянию на 2025 год, в мире насчитывается 9,5 миллионов человек с СД 1 типа, что на 13% больше по сравнению с 2021 годом. На момент постановки диагноза, как правило, около 90% бета-клеток поджелудочной железы у пациента уже разрушены, что обуславливает пожизненную инсулинотерапию. Однако, инсулинотерапия не предотвращает прогрессирование заболевания и возникновение микрососудистых и макрососудистых осложнений [1]. Фактически, инсулинотерапия является симптоматическим лечением, несмотря на то что существует острая необходимость в поиске этиологических (направленных на устранение причины развития заболевания) и патогенетических (направленных на патогенез заболевания) подходов в терапии. Поэтому современные исследования направлены на изучение иммунологических процессов развития СД 1 типа и вариантов воздействия на патогенетические механизмы развития заболевания. В качестве одного из современных вариантов лечения патологии рассматривается терапевтическая методика, связанная с регуляторными Т-клетками.

Цель – проанализировать современные данные о Т-клеточной терапии СД 1 типа и оценить ее влияние на предотвращение прогрессирования заболевания.

Регуляторные Т-клетки (Treg) – это субпопуляция CD4 Т-лимфоцитов, играющая ведущую роль в поддержании периферической иммунной толерантности. Основная функция регуляторных Т-клеток состоит в предотвращении развития аутоиммунных заболеваний путем дезактивации иммунных клеток. К основным механизмам иммуносупрессии, опосредованной Treg, относятся: 1) вовлечение в процесс ингибирующих цитокинов; 2) цитолиз; 3) модуляция функций дендритных клеток. Терапевтическая стратегия с применением Treg реализуется двумя путями: 1) фармакологическая модуляция – стимуляция

эндогенных Treg in vivo; 2) адаптивный перенос- размножение Treg ex vivo и «возвращение» их пациенту [2]. В свою очередь, адаптивный перенос подразделяется на поликлональные Treg, обладающие неспецифическим иммуносупрессивным эффектом, и антиген-специфические Treg, представленные CAR-Treg и TCR-Treg [3]. В исследовании группы Джозефа Блюстоуна было доказано, что при лечении взрослых с СД 1 типа поликлональными Treg отмечалась транзиторное возрастание числа Treg и длительное сохранение широкого фенотипа. У части пациентов уровень С-пептида (специфический маркер, который образуется в поджелудочной железе в процессе синтеза инсулина и служит для оценки выработки собственного инсулина), оставался стабильным свыше двух лет после введения клеток, но уровень Treg не обнаруживался спустя 3 месяца после инфузии [2]. В исследование TILT, являющимся продолжением исследования группы Джозефа Блюстоуна, сочетали в терапии поликлональные клетки и низкую дозу рекомбинантного интерлейкина-2, что привело к повышению выживаемости введенных и эндогенных Treg-клеток [4]. Однако, ученые столкнулись с новой задачей – интерлейкин-2, конечно, повысил выживаемость Treg, но влияние интерлейкина-2 распространялось не только на регуляторные, но и эффекторные и цитотоксические клетки, что потенциально смещало иммунный баланс не в сторону толерантности, а в сторону активации [2].

Регуляторные Т-клетки являются перспективным инструментом для восстановления иммунной толерантности. В настоящее время ключевое направление для разработки – это антиген-специфические Treg, которые прицельно могут подавлять аутоиммунные процессы и преодолевать ограничения поликлональной терапии.

Информация о финансовой поддержке: исследование проводилось без финансовой поддержки.

Список литературы

1. Global type 1 diabetes prevalence, incidence, and mortality estimates 2025: Results from the International diabetes Federation Atlas, 11th Edition, and the T1D Index Version 3.0 / G. D. Ogle, F. Wang, A. Haynes [et al.] // Diabetes Research and Clinical Practice. – 2025. – Vol. 225. – P. 112277. – DOI 10.1016/j.diabres.2025.112277. – EDN ZOKHFQ.
2. Фишер, М. С. Клеточные технологии в иммунотерапии аутоиммунных заболеваний / М. С. Фишер, С. В. Сенников // Иммунология. – 2023. – Т. 44, № 6. – С. 813-825. – DOI 10.33029/1816-2134-2023-44-6-813-824. – EDN JXHXHK.
3. Zhang, W. Targeting Regulatory T Cells to Remodel Peripheral Immune Tolerance: Research Advances and Future Directions / W. Zhang, Z. Li, H. Liang [et al.] // Journal of Sichuan University (Medical Sciences) logo. – 2025. – Vol. 56. – P. 1459-1466. – DOI 10.12182/20251160301
4. Dong, S. The effect of low-dose IL-2 and Treg adoptive cell therapy in patients with type 1 diabetes / S. Dong, K. J. Hiam-Galvez, C. T. Mowery [et al.] // JCI Insight. - 2021. - Vol. 6. - P. 147474. - DOI 10.1172/jci.insight.147474 EDN SONIPX

УДК 611.817.1:611.718.5-003.93:615.099

ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ МОЗЖЕЧКА И КОСТНОГО РЕГЕНЕРАТА БОЛЬШЕБЕРЦОВЫХ КОСТЕЙ ПРИ ВВЕДЕНИИ НАТРИЯ БЕНЗОАТА И ТАРТРАЗИНА

Чурилин О.А., канд. мед. наук, доц., ORCID 0000-0001-6932-2807,
Лузин В.И., д-р мед. наук, проф., ORCID 0000-0001-8983-2257,
Золотаревская М.В., канд. мед. наук, доц., ORCID 0000-0002-2276-1973,
Левенец С.В., канд. мед. наук, доц., ORCID 0000-0002-4285-8035,
Золотаревский О.Р.
[1]ФГБОУ ВО «Луганский государственный медицинский университет имени Святителя Луки», г. Луганск, РФ
geloch@list.ru, doctor_pharm_79@mail.ru

Пищевые добавки – консервант бензоат натрия (Е211) и краситель тартразин (Е102) – широко применяются в пищевой промышленности и поступают в организм человека, нередко в дозах, кратно превышающих допустимые [1, 3]. Накопленные данные свидетельствуют о нейротоксическом и прооксидантном действии этих веществ, однако их влияние на морфогенез мозжечка – важнейшего центра координации движений – и на репаративный остеогенез изучено недостаточно [2, 4]. Практически не исследованной остаётся возможная сопряжённость реакций центральной нервной системы и костной ткани на общий системный повреждающий фактор, что представляет интерес в свете современной концепции двунаправленной оси «мозг–кость» [5].

Цель – установить характер и взаимосвязь структурных преобразований коры и зубчатого ядра мозжечка и кристаллической структуры костного регенерата большеберцовых костей у крыс после нанесения дефекта на фоне 60-суточного введения натрия бензоата или тартразина.

Эксперимент выполнен на 780 половозрелых белых крысах-самцах, распределённых на 26 групп. В течение 60 суток животным внутрижелудочно вводили натрия бензоат (500 или 1000 мг/кг/сут) либо тартразин (750 или 1500 мг/кг/сут). Оба вещества вызывали дозозависимые обратимые неспецифические изменения нейронов коры и зубчатого ядра мозжечка: гипо- и гиперхроматоз, эктопию ядра и ядрышек, очаговый и тотальный хроматолиз, вакуолизацию нейроплазмы и сморщивание клеток; при максимальных дозах в ранние сроки выявлялись единичные клетки-тени. Максимум изменений приходился на интервал 3-15 суток, а к 45-м суткам они сглаживались, хотя полного возврата к норме не наступало. Плотность клеток Пуркинье к этому сроку уступала контролю на 6,0% при бензоате 1000 мг/кг и на 9,0% и 11,0% при тартразине в дозах 750 и 1500

мг/кг ($p<0,05$). В ранние сроки уменьшалась и площадь ядер грушевидных нейронов – до 34,7% при тартразине 1500 мг/кг. Эффект тартразина превосходил эффект бензоата натрия; присоединение костного дефекта к введению добавок дополнительно углубляло морфометрические сдвиги. Ведущая роль принадлежала дозе: по результатам двухфакторного анализа на неё приходилось до 56,7% влияния на плотность клеток Пуркинье. Электронная микроскопия дополняла эту картину – набухание митохондрий, расширение цистерн эндоплазматического ретикулума, уменьшение числа телец Ниссля, что указывает на нарушение белкового синтеза. Аналогичная дозовая зависимость касалась и костного регенерата: чем выше была доза, тем сильнее страдала кристаллическая структура биоминерала. К 45-м суткам объём кристалла относительно изолированного дефекта превышал контроль на 14,3% (бензоат 1000 мг/кг) и 32,4% (тартразин 1500 мг/кг), а кристаллиты укрупнялись на 4,8% и 10,5%; кристаллы становились крупнее и менее упорядоченными, а созревание минерала замедлялось. Наконец, состояние мозжечка и регенерата оказалось статистически сопряжённым: площади ядер и тел клеток Пуркинье, равно как и крупных нейронов зубчатого ядра, изменялись обратно размерам и объёму кристаллов гидроксилапатита ($\rho = -0,49\ldots-0,59$; $p<0,05$), тогда как микродеформация решётки значимых связей не показала. Иначе говоря, глубина перестройки нейронов мозжечка соответствовала степени нарушения кристаллической структуры формирующегося биоминерала.

Список литературы

1. Чурилин О.А. Влияние пищевого красителя тартразина на мозжечок крыс репродуктивного возраста: исследование с применением дисперсионного анализа / О.А. Чурилин, В.И. Лузин, М.В. Золотаревская // Естественные науки: фундаментальные и прикладные вопросы. − Луганск: ЛГПУ, 2025. – С. 129-136.
2. Чурилин, О. А. Структурные характеристики коры мозжечка крыс после повреждения большеберцовой кости / О. А. Чурилин, В. И. Лузин, М. В. Золотаревская // Морфологический альманах имени В.Г. Ковешникова. – 2021. – Т. 19, № 4. – С. 87-96. – EDN LBSDLU.
3. Analysis of Melatonin-Modulating Effects Against Tartrazine-Induced Neurotoxicity in Male Rats: Biochemical, Pathological and Immunohistochemical Markers / A. E. Essawy, A. I. Mohamed, R. G. Ali [et al.] // Neurochemical Research. – 2023. – Vol. 48, No. 1. – P. 131-141. – DOI 10.1007/s11064-022-03723-9. – EDN KCMQNJ.
4. Ismail, O. I. Riboflavin attenuates tartrazine toxicity in the cerebellar cortex of adult albino rat / O. I. Ismail, N. A. Rashed // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12, No. 1. – P. 1-14. – DOI 10.1038/s41598-022-23894-3. – EDN SJJBGP.
5. Sodium benzoate induces neurobehavioral deficits and brain oxido-inflammatory stress in male Wistar rats: Ameliorative role of ascorbic acid / F. O. Asejeje, B. O. Ajayi, M. A. Abiola [et al.] // Journal of Biochemical and Molecular Toxicology. – 2022. – Vol. 36, No. 5. – DOI 10.1002/jbt.23010. – EDN PUNRKD.

УДК 616.71-001.5-053.2-036.22

СТРУКТУРНО-АНАТОМИЧЕСКИЕ И СЕЗОННО-ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СКЕЛЕТНОЙ ТРАВМЫ У ДЕТСКОГО НАСЕЛЕНИЯ г. ТИРАСПОЛЬ

Шабалин Н.В.
ГУ «Республиканский центр матери и ребенка», г. Тирасполь, ПМР
Rjkzy968@mail.ru

Детский травматизм в современном обществе является одной из наиболее значимых медико-социальных проблем здравоохранения, влекущей за собой выраженные последствия [1]. Согласно официальным статистическим данным Министерства здравоохранения ПМР, ключевыми причинами костных повреждений у детей выступают бытовые, уличные, школьные и дорожно-транспортные травмы. Анатомо-физиологические особенности растущего организма (наличие зон роста, высокая пластичность кортикального слоя, толстая надкостница) определяют специфику детских переломов [3]. Частота и характер травматических повреждений скелета напрямую зависят от возраста, пола, уровня физического развития и характера повседневной активности ребенка [1, 2]. Точная эпидемиологическая оценка локализации и структуры повреждений необходима для рационального распределения ресурсов неотложной помощи и разработки мер профилактики [2, 3].

Цель работы заключается в выявлении ведущих региональных закономерностей формирования, возрастно-половой структуры и анатомической локализации переломов у детского населения г. Тирасполя на основе ретроспективного анализа за 2024 год для последующей разработки и патогенетического обоснования комплексных дифференцированных программ первичной профилактики и оптимизации структуры ургентной ортопедической и травматологической помощи.

Нами проведен ретроспективный анализ данных журналов учета стационарных больных и амбулаторных карт детского хирургического отделения ГУ «Республиканский центр матери и ребенка» г. Тирасполя за весь период 2024 года.

Всего за указанный хронологический промежуток времени было зарегистрировано 412 случаев переломов различной анатомической локализации у пациентов в возрасте от 0 до 15 лет. В ходе исследования было установлено, что в структуре пострадавших преобладают мальчики – 62,4% (257 случаев), тогда как на долю девочек пришлось 37,6% (155 случаев). Данная закономерность согласуется со стандартными мировыми трендами повышенной двигательной активности и склонности к риску у лиц мужского пола [1, 2].

Анализ возрастного распределения пострадавших показал, что пик травматизма приходится на младший школьный (7-10 лет) и подростковый (11-14 лет) возраст, суммарно составляя 68,5% от всех клинических наблюдений. Периоды раннего детского и дошкольного возраста характеризуются существенно меньшей частотой костной патологии, что напрямую связано с повышенным контролем со стороны родителей [1, 3]. По анатомической локализации повреждений скелета безусловным лидером явились переломы костей верхней конечности, составившие 58,2% от общего числа случаев. Среди них наиболее часто фиксировались переломы дистального метаэпифиза лучевой кости («перелом луча в типичном месте») и переломы обеих костей предплечья по типу «зеленой ветки» [3].

Повреждения костей нижней конечности заняли второе место по частоте (31,3%), где доминировали переломы лодыжек и изолированные переломы большеберцовой кости без смещения, возникающие при непрямом механизме травмы [2, 3]. Доля тяжелых сочетанных травм, переломов бедренной кости и костей таза составила 4,1%. Переломы ключицы и костей кисти/стопы составили 6,4% от общей выборки, требуя в большинстве случаев амбулаторного наблюдения. Сезонный анализ структуры детского травматизма выявил выраженную волнообразность: пиковые значения частоты переломов приходятся на весенне-летний период (май — сентябрь) и тесно связаны с активным отдыхом детей на свежем воздухе во время каникул, интенсивным использованием немеханических транспортных средств (самокатов, роликовых коньков, велосипедов), а также падениями с высоты игровых комплексов и деревьев [4]. Второй, менее выраженный пик травматической активности зафиксирован в зимние месяцы (январь – февраль) из-за неблагоприятных метеорологических условий (гололед) и активного катания со стихийных горок [4]. В общей структуре механизмов травмы бытовой травматизм составил 48,2%, уличный – 32,1%, спортивный – 15,4%, дорожно-транспортный – 4,3%. Примечательно, что именно дорожно-транспортные происшествия являлись основной причиной множественных, сочетанных и наиболее тяжелых скелетных повреждений, требовавших экстренной оперативной репозиции, проведения металлоостеосинтеза и длительного лечения в условиях стационара [5].

Особое внимание заслуживает анализ госпитализированных пациентов. Из 412 детей 118 потребовали стационарного лечения (28,6%). Основным показанием к госпитализации служило наличие смещения костных отломков, требующее закрытой или открытой репозиции под общим обезболиванием [3]. В группе амбулаторных пациентов (71,4%) основным методом выбора оставалась традиционная гипсовая иммобилизация [3]. Своевременный рентгенологический контроль позволяет оптимизировать тактику ведения пациентов на этапах реабилитации.

Проведенный комплексный ретроспективный эпидемиологический анализ позволил верифицировать ведущие региональные особенности и структурно-анатомические закономерности формирования детского скелетного травматизма в г. Тирасполе за 2024 год. На основании полученных данных доказано преобладание лиц мужского пола (62,4%) и детей школьного возраста (68,5%), что детерминировано особенностями их поведенческой активности. Установленный выраженный бимодальный характер сезонности с весенне-летним и зимним пиками, а также доминирование бытового (48,2%) и уличного (32,1%) механизмов травмы научно обосновывают необходимость разработки дифференцированных программ превентивного контроля.

Высокий удельный вес повреждений верхних конечностей (58,2%), обусловленный действием непрямой силы и госпитализацией более четверти пострадавших (28,6%), определяет необходимость своевременной диагностики данной патологии у детей. Полученные результаты исследования служат основой для усовершенствования алгоритмов лучевой диагностики и усиления профилактической работы среди детского населения по предупреждению у них травматизма.

Список литературы

1. Баранов А. А. Травматизм у детей в Российской Федерации: тенденции и направления профилактики / А. А. Баранов, В. Ю. Альбицкий // Российский педиатрический журнал. – 2018. – Т. 21, № 4. – С. 283–288. – EDN XJKMNP.
2. Богданова, В. Е. Диагностика склонности к зависимому поведению у командно-инструкторского состава эксплуатационных локомотивных ДЕПО / В. Е. Богданова, В. В. Сериков, А. А. Закревская // Человеческий фактор в сложных технических системах и средах (Эрго-2018): Труды Третьей международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 07 июля 2018 года / Под редакцией А. Н. Анохина, А. А. Обознова, П. И. Падерно, С. Ф. Сергеева. – Санкт-Петербург: Межрегиональная общественная организация "Эргономическая ассоциация", 2018. – С. 368-374. – EDN YUOPQT.
3. Немсадзе В. П. Детский травматизм: организация медицинской помощи и профилактика / В. П. Немсадзе, Г. В. Дьяконова. – Москва: Медицина, 2019. – 195 с. – ISBN 978-5-225-10041-4.
4. Корниенко, В. О. Онтогенетические изменения в проростках кукурузы сахарной, вызванные влиянием низкочастотного переменного магнитного поля с различной формой сигнала / В. О. Корниенко, К. А. Авдеева, А. С. Яицкий // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : Материалы VIII Международной научной конференции, Донецк, 25–27 октября 2023 года. – Донецк: Донецкий государственный университет, 2023. – С. 36-38. – EDN DPIZNE.
5. Шалай, В. В. Экспериментальное исследование систем охлаждения с интенсификацией в поле инерционных сил / В. В. Шалай, К. В. Щербань // Омский научный вестник. Серия Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. – 2019. – Т. 3, № 3. – С. 63-72. – DOI 10.25206/2588-0373-2019-3-3-63-74. – EDN OWJZQV.

УДК 316.653:614.2

ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ КАЧЕСТВЕННЫМИ МЕДИЦИНСКИМИ УСЛУГАМИ

Яковлева И.П., канд. ист. наук, доц., ORCID 0000-0001-7826-0089,
Погребная П.Е.
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»,
г. Краснодар, РФ
pariny@rambler.ru, fishinasea101@gmail.com

Под проблемами обеспечения медицинскими услугами в широком смысле понимается комплекс взаимосвязанных барьеров, препятствующих получению населением своевременной и качественной медицинской помощи. Кадровая проблема выражается в нехватке врачей и среднего медперсонала, а также в неравномерном их распределении между городом и селом [1]. Инфраструктурная проблема связана с недостатком и физическим устареванием больниц, поликлиник, фельдшерско-акушерских пунктов [2]. Проблема доступности включает как финансовый аспект (стоимость услуг и лекарств), так и территориальный – необходимость выезда в другой населённый пункт. Организационная проблема проявляется в сложностях записи на приём, длительном ожидании и недостаточном внедрении электронных сервисов [3]. Проблема качества охватывает уровень подготовки и мотивацию медицинских работников. Для Краснодарского края эти проблемы обострены большой территорией региона, значительной долей сельского населения и выраженным дисбалансом в распределении ресурсов между городской и сельской местностью.

Цель работы – на основе сопоставления официальных статистических данных Росстата за 2020–2025 гг. и результатов социологического опроса населения 2026 г. выявить ключевые проблемы обеспечения городских и сельских территорий Краснодарского края качественными медицинскими услугами и определить направления их решения.

По данным Краснодарстата [4], численность среднего медперсонала сократилась за последние 5 лет с 51,8 тыс. до 50,3 тыс. человек, а обеспеченность на 10 тыс. населения снизилась с 89,1 (2020) до 85,4 (2024). Таким образом, при росте числа врачей обеспеченность средним медперсоналом ухудшилась. По данным министерства здравоохранения края, дефицит медицинских работников оценивается в 5,4 тыс. специалистов, особенно остро ощущается нехватка узких специалистов в сельских районах [1]. Укомплектованность кадрами составляет около 88% в городской и 86% в сельской местности [5].

Число больничных организаций колебалось от 149 (2022) до 171 (2025), коечный фонд круглосуточных стационаров относительно стабилен – 41,5-42,8 тыс. коек. Число врачебных амбулаторно-поликлинических организаций заметно выросло – с 370 в 2020 г. до 711 в 2025 г., что может свидетельствовать о реструктуризации сети. Число фельдшерско-акушерских пунктов (ФАП) сократилось с 666 до 626 – потеря 40 ФАП за пять лет, затрагивающая преимущественно сельские территории.

Рассмотрим результаты опроса, проведенного в 2026 году среди жителей края. За последний год 20% опрошенных обращались за медицинской помощью часто, 54% – иногда, 26% – редко. 36% респондентов в той или иной степени недовольны качеством медицинских услуг. Частные медицинские учреждения есть в населённых пунктах края, на что указали 88% респондентов. Это свидетельствует о развитости частного сектора, особенно в городах [6]. Дополнительные медицинские услуги полностью доступны для 38% опрошенных. Доступны, но требуют много времени – для 46%, труднодоступны – для 16%. Среди опрошенных 52% никогда не обращаются за медицинской помощью в другой населённый пункт, 14% делают это часто. Основные трудности, с которыми сталкиваются респонденты – длительное ожидание приёма (64%), сложность записи на приём (46%), отсутствие нужных специалистов (34%), долгая дорога до учреждения (24%). На вопрос о предложениях по улучшению 64% респондентов не видят необходимости в изменениях, 12% указывают на нехватку кадров и специалистов, 12% – на необходимость повышения скорости и доступности услуг, 4% – на необходимость повышения оплаты медработникам [7].

Сопоставление официальной статистики и мнения населения выявляет ряд закономерностей.

Во-первых, статистический рост числа врачей (+7,4%) не сопровождается ощущением улучшения у населения – 36% респондентов не удовлетворены качеством, что отражает качественную, а не только количественную сторону проблемы.

Во-вторых, основной жалобой населения является длительное ожидание приёма (64%) и сложность записи (46%), что согласуется с сокращением объёмов амбулаторной помощи с 1 730,8 до 1 447,2 тыс. человек.

В-третьих, развитость частной медицины (88%) частично компенсирует дефицит государственных услуг, но недоступна для всех групп населения.

В-четвертых, цифровизация здравоохранения – внедрение электронной записи и телемедицины – остаётся ключевым направлением решения организационных проблем, однако охват и качество сервисов требуют расширения [3].

Проведённый анализ позволил выявить пять ключевых проблем обеспечения городских и сельских территорий Краснодарского края качественными медицинскими услугами:

1) кадровый дефицит, особенно острый в сельской местности и по узким специальностям;

2) сокращение сети ФАП и среднего медперсонала при росте числа врачей;

3) организационные барьеры – очереди, сложность записи, снижение объёмов амбулаторной помощи;

4) рост заболеваемости, особенно новообразованиями, на фоне сокращения охвата амбулаторной помощью;

5) территориальное неравенство в доступе к медицинским услугам между городом и селом.

Перспективные направления решения включают расширение целевых программ подготовки и закрепления кадров, модернизацию первичного звена, развитие телемедицины и цифровых сервисов записи, а также адресную поддержку сельских медицинских организаций.

Список литературы

1. На Кубани сохраняется дефицит врачей: статистика, причины и пути решения [Электронный ресурс] // Кубань Пресс. – 2026. – URL: https://kubanpress.ru/news/2026-08-20/na-kubani-sohranyaetsya-defitsit-vrachey-statistika-prichiny-i-puti-resheniya-5663999 (дата обращения: 01.10.2026).
2. О развитии рынка медицинских услуг в Краснодарском крае [Электронный ресурс] // Коммерсантъ. – 2022. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/5608953 (дата обращения: 04.10.2026).
3. Записать за семь минут: как цифровизация отвечает на главные вызовы медицины Кубани [Электронный ресурс] // Эксперт Юг. – 2025. – URL: https://expertsouth.ru/articles/zapisat-za-sem-minut-kak-tsifrovizatsiya-otvechaet-na-glavnye-vyzovy-meditsiny-kubani (дата обращения: 03.10.2026).
4. Здравоохранение в Краснодарском крае [Электронный ресурс] // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Краснодарскому краю. – URL: https://23.rosstat.gov.ru/sphere_kk (дата обращения: 27.09.2026).
5. О кадровом дефиците в здравоохранении Краснодарского края [Электронный ресурс] // Коммерсантъ. – 2026. – URL: https://www.kommersant.ru/doc/8922005 (дата обращения: 04.10.2026).
6. Снегирева, Ю. Ю. Основные показатели развития рынка медицинских услуг в Краснодарском крае Российской Федерации / Ю. Ю. Снегирева, О. В. Кальницкая, М. С. Стрижак // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. – 2020. – Т. 28, № 1. – С. 88-93. – DOI 10.32687/0869-866X-2020-28-1-88-93. – EDN BSDIQX.
7. О состоянии здравоохранения в Краснодарском крае [Электронный ресурс] // Дзен. – URL: https://dzen.ru/a/aPDmo478HGA5gOJO (дата обращения: 02.10.2026).

УДК 616.12-008.331.1-053.9:796.034

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯРНЫХ ЗАНЯТИЙ СКАНДИНАВСКОЙ ХОДЬБОЙ НА ПОКАЗАТЕЛИ ГЕМОДИНАМИКИ У ПАЦИЕНТОВ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА С АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИЕЙ

Яров Д.С., ORCID 0009-0009-0727-5393*,*
Щербинина М.И*.,* ORCID 0009-0008-7380-2828,
Зарати М.С.
Владимирский филиал ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет», г. Владимир, РФ
danila.yarov03@mail.ru, marrisherb@gmail.com

Артериальная гипертензия (АГ) является одной из ведущих причин сердечно-сосудистой заболеваемости и смертности в популяции пожилого возраста. Распространённость АГ среди лиц старшего возраста сохраняется на высоком уровне, при этом контроль артериального давления (АД) у данной категории пациентов представляет значительные сложности вследствие возрастных изменений сосудистой стенки, снижения эластичности магистральных артерий, дисфункции эндотелия и уменьшения чувствительности барорефлекторного механизма регуляции [1].

Фармакотерапия остаётся основой лечения АГ, однако немедикаментозные методы коррекции, включающие регулярные физические нагрузки, приобретают всё большее значение как компонент комплексной терапии, способствующий улучшению гемодинамических показателей и снижению риска сердечно-сосудистых осложнений [2].

Скандинавская ходьба (СХ) представляет собой дозированную аэробную нагрузку, особенностью которой является использование специальных палок, что обеспечивает вовлечение в двигательный акт большинства мышечных групп, разгрузку суставов нижних конечностей и повышение энергетической эффективности движений [3].

В отличие от обычной ходьбы, СХ сопровождается более выраженным кардиореспираторным ответом и оказывает позитивное влияние на гемодинамические параметры, что делает её перспективным средством физической реабилитации при сердечно-сосудистой патологии.

Цель работы – систематизация данных литературы о влиянии регулярных занятий скандинавской ходьбой на показатели центральной и периферической гемодинамики у пожилых пациентов с артериальной гипертензией, а также оценка её эффективности как немедикаментозного метода коррекции АД.

Патогенетической основой АГ в пожилом возрасте выступают структурно-функциональные изменения сосудистой стенки,

характеризуемые увеличением жёсткости артерий, утолщением комплекса интима-медиа и снижением эндотелий-зависимой вазодилатации [1]. Указанные изменения обусловливают повышение пульсового давления и постнагрузки на левый желудочек, что создаёт предпосылки для развития гипертрофии миокарда и сердечной недостаточности. В этой связи физические нагрузки аэробной направленности рассматриваются как эффективный немедикаментозный метод, способствующий снижению сосудистого тонуса и улучшению эластических свойств артерий [4].

Скандинавская ходьба как вид физической активности обладает рядом преимуществ перед другими формами аэробных тренировок применительно к пожилым пациентам. Использование палок уменьшает осевую нагрузку на суставы нижних конечностей, что снижает риск травматизации и позволяет безопасно выполнять упражнения лицам с остеоартрозом и избыточной массой тела [3]. Одновременно с этим палки обеспечивают активное включение мышц верхнего плечевого пояса, что увеличивает общий метаболический эквивалент нагрузки, способствуя более выраженному тренирующему эффекту на сердечно-сосудистую систему [5].

Влияние регулярных занятий СХ на гемодинамику реализуется через несколько механизмов. Прежде всего, систематические аэробные тренировки приводят к снижению активности симпатоадреналовой системы, что сопровождается уменьшением общего периферического сосудистого сопротивления (ОПСС) и снижением систолического и диастолического АД [2]. Дополнительным механизмом выступает улучшение эндотелиальной функции, опосредованное повышением синтеза оксида азота и снижением продукции эндотелина-1, что способствует вазодилатации и улучшению реологических свойств крови. Важным эффектом СХ является повышение эластичности магистральных артерий, что проявляется снижением пульсового давления и уменьшением скорости распространения пульсовой волны – независимых предикторов сердечно-сосудистого риска [4].

Имеющиеся клинические наблюдения свидетельствуют о том, что регулярные занятия СХ при соблюдении рекомендованного режима приводят к клинически значимому снижению систолического и диастолического АД у пациентов с АГ. Кроме того, отмечается положительная динамика показателей вариабельности сердечного ритма, что свидетельствует об улучшении вегетативной регуляции и повышении парасимпатического тонуса. Важно подчеркнуть, что гипотензивный эффект СХ сопоставим с эффектом некоторых антигипертензивных препаратов, однако не сопровождается побочными реакциями, характерными для фармакотерапии.

При организации занятий СХ у пожилых пациентов с АГ необходимо учитывать индивидуальные особенности:

– исходный уровень АД,

– наличие сопутствующей патологии,
– функциональный класс сердечной недостаточности и
– физическую подготовленность.

Контроль частоты сердечных сокращений в процессе тренировки обязателен; целевые значения определяются индивидуально на основе возрастных нормативов [5]. Противопоказаниями к проведению занятий являются неконтролируемая АГ, аневризмы сосудов, тяжёлая сердечная недостаточность, острые коронарные события в недавнем анамнезе [3].

Регулярные занятия скандинавской ходьбой являются эффективным и безопасным немедикаментозным методом коррекции гемодинамических показателей у пожилых пациентов с артериальной гипертензией. Положительный эффект СХ реализуется через снижение ОПСС, улучшение эндотелиальной функции, повышение эластичности сосудистой стенки и оптимизацию вегетативной регуляции.

Включение СХ в комплексную программу кардиореабилитации позволяет достичь клинически значимого снижения АД, улучшить качество жизни пациентов и снизить риск сердечно-сосудистых осложнений.

Необходимы дальнейшие проспективные исследования для оценки долгосрочной эффективности СХ и её влияния на сердечно-сосудистую заболеваемость и смертность в данной возрастной группе.

Список литературы

1. Ефремушкин, Г. Г. Влияние физических тренировок на центральную гемодинамику больных пожилого возраста с артериальной гипертонией и хронической сердечной недостаточностью / Г. Г. Ефремушкин, Н. А. Ломакина // CardioСоматика. – 2015. – № S1. – С. 32. – EDN TPSLMT.
2. Król-Zielińska, M. Effect of 3-month Nordic Walking training on arterial blood pressure in women aged 60 years and over / M. Król-Zielińska, W. Osiński, B. Krasińska [et al.] // Nadciśnienie Tętnicze. – 2011. – Vol. 15, No. 6. – P. 335-340.
3. Скандинавская ходьба для пожилых: памятка для населения / ГБУЗ РКГВВ; сост. М. А. Абдуллина. – Уфа, 2021. – 6 с.
4. Ефремушкин, Г. Г. Сравнительная характеристика гемодинамики в правых и левых магистральных артериях у больных пожилого возраста с артериальной гипертензиейи ее изменение при комплексном лечении с физическими тренировками / Г. Г. Ефремушкин, Н. А. Ломакина // CardioСоматика. – 2013. – Т. 4, № 4. – С. 5-9. – EDN RVFQDH.
5. Влияние занятий скандинавской ходьбой на функциональное состояние женщин пожилого возраста / Л. А. Якимова, И. К. Спирина, Л. Н. Порубайко [и др.] // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2022. – № 9(211). – С. 520-523. – DOI 10.34835/issn.2308-1961.2022.9.– P. 520-524. – EDN GUENMA.

УДК 616.831-009.11:612.825

ОСОБЕННОСТИ МЕЖПОЛУШАРНОЙ АСИММЕТРИИ И НЕЙРОРЕГУЛЯТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПРИ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЯХ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Яров Д.С., ORCID 0009-0009-0727-5393,
Щербинина М.И., ORCID 0009-0008-7380-2828,
Зарати М.С.
Владимирский филиал ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет», г. Владимир, РФ
danila.yarov03@mail.ru, marrisherb@gmail.com

Межполушарная асимметрия представляет собой фундаментальный принцип структурно-функциональной организации головного мозга, обусловливающий латерализацию высших психических функций, сенсомоторных и вегетативных реакций. В норме функциональная специализация полушарий обеспечивает интегративную деятельность мозга, при этом доминантное левое полушарие ответственно за речевые, логико-аналитические и последовательные процессы, тогда как правое — за пространственное восприятие, эмоционально-образное мышление и параллельную обработку информации. Органические поражения головного мозга различного генеза (ишемические и геморрагические инсульты, черепно-мозговые травмы, опухолевые процессы, нейродегенеративные заболевания) приводят к нарушению баланса межполушарного взаимодействия, что клинически манифестирует когнитивными, эмоциональными и вегетативными расстройствами.

Цель работы – анализ современных представлений о структурно-функциональных изменениях межполушарной асимметрии при органических поражениях мозга и оценка их роли в патогенезе нарушений нейровегетативной регуляции.

Структурно-функциональная организация межполушарных взаимодействий обеспечивается комиссуральными волокнами мозолистого тела, передней и задней спайками, а также подкорковыми образованиями, участвующими в интеграции афферентных сигналов и координации эфферентных импульсов [1].

При органических поражениях происходит нарушение как внутриполушарных связей, так и межполушарного трансфера информации, что сопровождается дезинтеграцией регуляторных процессов на корковом и подкорково-стволовом уровнях.

Поражение левого полушария, как правило, сопровождается расстройствами символических функций: моторной и сенсорной афазией, алексией, аграфией, акалькулией, а также апраксией [3].

Нарушение аналитической обработки информации проявляется дефицитом последовательных операций, трудностями планирования и контроля деятельности. В вегетативной сфере при левополушарной патологии чаще наблюдается повышение тонуса симпатического отдела вегетативной нервной системы, что ассоциируется с повышенным риском кардиоваскулярных осложнений и тахиаритмий.

Поражение правого полушария характеризуется иными клиническими проявлениями:

– синдромом игнорирования левой стороны пространства (неглект),

– эмоциональной уплощённостью,

– анозогнозией,

– нарушением восприятия времени и

– пространственных отношений [4].

В отличие от левополушарных повреждений, правополушарная патология чаще сопровождается дисбалансом в сторону преобладания парасимпатических влияний, что клинически может проявляться брадикардией, лабильностью артериального давления и ортостатическими реакциями [2].

Указанные различия вегетативного обеспечения обусловлены асимметрией в распределении вегетативных центров в стволовых и лимбических структурах, а также различиями в корково-подкорковых связях правого и левого полушарий.

Особого внимания заслуживает роль мозолистого тела в обеспечении межполушарного взаимодействия [5]. При его дисфункции или органическом повреждении развивается синдром расщеплённого мозга, при котором каждое полушарие функционирует относительно автономно, что приводит к диссоциации сенсорной, моторной и когнитивной сфер. Нарушение трансфера информации между полушариями проявляется в трудностях межмодального переноса, конфликте между вербальными и невербальными реакциями, а также в рассогласовании вегетативных ответов на эмоционально значимые стимулы.

Современные методы нейровизуализации (диффузионно-тензорная МРТ, функциональная МРТ, позитронно-эмиссионная томография) позволяют выявлять структурные изменения проводящих путей и оценивать функциональную активность различных отделов мозга при органической патологии [3]. Однако интерпретация данных нейровизуализации должна проводиться с учётом клинической картины и результатов нейропсихологического тестирования, что обеспечивает комплексный подход к оценке нарушений межполушарного взаимодействия.

Перспективным направлением является изучение компенсаторных механизмов нейропластичности, которые в условиях органического поражения позволяют перераспределять функции между сохранившимися структурами [6]. Эффективность реабилитационных мероприятий во

многом определяется степенью сохранности межполушарных связей и возможностью формирования новых функциональных объединений в процессе восстановительного обучения [7]. Персонализированный подход к оценке профиля межполушарной асимметрии у пациентов с органической патологией мозга позволяет оптимизировать программы нейрореабилитации, дифференцируя методы восстановления речевых, двигательных и когнитивных функций.

Органические поражения головного мозга сопровождаются значительными изменениями профиля межполушарной асимметрии, что проявляется специфическими клиническими синдромами, различающимися при лево- и правополушарной локализации патологического процесса. Характер нарушений нейровегетативной регуляции также зависит от стороны поражения и степени сохранности комиссуральных связей. Углублённое изучение механизмов межполушарного взаимодействия у пациентов с органическими поражениями необходимо для разработки эффективных алгоритмов диагностики и персонализированной нейрореабилитации, направленной на максимальное восстановление функциональной интеграции мозга.

Список литературы

1. Современные аспекты изучения функциональной межполушарной асимметрии мозга (обзор литературы) / Ю. П. Игнатова, И. И. Макарова, О. Ю. Зенина, А. В. Аксенова // Экология человека. – 2016. – № 9. – С. 30-39. – DOI 10.33396/1728-0869-2016-9-30-39. – EDN UDZZKI.
2. Самохин, М. В. Межполушарная асимметрия головного мозга / М. В. Самохин // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2019. – № 1. – С. 78-84.
3. Маркина, Л. Д. Межполушарная асимметрия головного мозга: морфологический и физиологический аспекты / Л. Д. Маркина, А. А. Баркар // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2014. – № 1(55). – С. 66-70. – EDN SNMJGL.
4. Лукьянова, И. Е. Дисфункция правого полушария головного мозга, или издержки воспитания и образования / И. Е. Лукьянова, Е. А. Сигида, С. Н. Утенкова // Специальное образование. – 2019. – № 1(53). – С. 41-53. – DOI 10.26170/sp19-01-04. – EDN ZCQROX.
5. Черноситов, А. В. Функциональная межполушарная асимметрия мозга в организации доминантных функциональных систем женской репродукции и центральных механизмов резистентности / А. В. Черноситов, Т. Л. Боташева, В. В. Васильева // Журнал фундаментальной медицины и биологии. – 2016. – № 3. – С. 31-41. – EDN XQSIEF.
6. Гольдшмидт, Е. С. Перспективы развития психического потенциала и управление асимметрией мозга / Е. С. Гольдшмидт, Н. И. Корытченкова // Идеи и идеалы. – 2017. – Т. 2, № 4(34). – С. 134-149. – DOI 10.17212/2075-0862-2017-4.2-134-149. – EDN ZWZPBB.
7. Новикова, Г. А. Функциональная асимметрия полушарий головного мозга при алкогольной зависимости / Г. А. Новикова, А. Г. Соловьев // Обзоры по клинической фармакологии и лекарственной терапии. – 2012. – Т. 10, № 3. – С. 13-17. – EDN QZKXPF.

СОДЕРЖАНИЕ

Биофизика

Авдеева К.А. Влияние электромагнитного поля (400мгц) на морфометрические показатели кукурузы сахарной 7

Аникина Е.А., *Романчук С.М.*, *Беспалова С.В.* Оценка токсичности проточных водоёмов методом биотестирования на клетках фитопланктона 10

Антропова Л.П., Чуфицкий С.В. Сезонная динамика состояния фотосинтетического аппарата рода *Ulmus* 12

Антропова Л.П., Чуфицкий С.В. Изменение фотосинтетической активности растений беллигеративных ландшафтов 14

Горбунов Р.И., Романчук С.М. Определение гидрофизических и биологических показателей водной среды в устье реки Кальмиус 17

Кожокина О.М., Куприяновская Д.Е. Анализ уровня термостабильности глюкоамилазы 20

Корниенко В.О., Кишкань Р.В., Чибилёв А.А., Шкиренко А.О. Биомеханическая устойчивость старовозрастных древесных растений Донбасса на примере *Quercus robur* L. 23

Мирошникова М.С., *Чуфицкий С.В.* Оценка фотосинтетической активности у хвойных растений в условиях городской среды 26

Морозов С.В., Никифоров Д.К. Математическое моделирование гидродинамических процессов в артериальном русле при переменных гравитационных и физических нагрузках 27

Реуцкая В.В., Корниенко В.О. Жизненное состояние *Populus nigra* var. *italica* MÜNCHH. в жилых массивах г. Тореза 30

Реуцкая В.В. Эколого-биологическая оценка *Populus alba* L. в городе Донецке . 33

Реуцкая В.В. Состояние *Populus bolleana* LAUCHE на территории студенческого парка города Донецка 36

Сирюк Ю.А. Фазовые переходы в спиральной доменной структуре плёнок феррита-граната 38

Ботаника и экология

Авраменко К.Д. Семенной почвенный банк беллигеративно трансформированных экосистем Донбасса в условиях полемостресса 41

Авраменко К.Д., Сорока М.В. Ботанико-педагогический потенциал видов природной флоры Донбасса в проектно-ориентированном обучении на базе мастерской «ПроСвет» (г. Донецк) 44

Адодина Е.В. Ландшафтная характеристика малых речных бассейнов Воронежской области 47

Адодина Е.В., Кочемасов К.В. Анализ современного состояния лесоаграрных ландшафтов организации ООО имени Тельмана Лискинского района Воронежской области 50

Анищенко Е.И. Оценка адаптивности городской дендрофлоры в целях биоиндикации 53

Анищенко Е.И., Гришина Д.А., Каменецкая К.С., Тимонина Т.С. Элементы ретроспективного дендромониторинга (на примере реперов опасных техногенных объектов Нечерноземья РФ) 56

Аныев Д.Б. Оценка и оптимизация режима орошения риса в аридных условиях Туркменистана на основе модели CROPWAT 8.0 и данных NASA POWER 59

Базунова А.А. Интеграция экосистемных услуг и фитоиндикации полемострессa в экологическое образование: потенциал цветковых и мохообразных растений постконфликтных ландшафтов Донбасса 62

Бакаева Н.П. Фракционный состав белка нута при возделывании в условиях Среднего Поволжья 65

Богданова М.А., Соков С.А. Оценка накопления тяжелых металлов в системе «почва-листья *Populus nigra* L.» (на примере г. Тольятти) 67

Братухинаа Е.А. Полемогенно-индуцированный тератоморфогенез *Asteraceae* Bercht. & J.Presl в беллигеративных ландшафтах Донбасса 69

Васильева Н.Н. Мохообразные Донбасса как объекты биоиндикации и ресурс проектно-исследовательской деятельности обучающихся 72

Габараев Б.А. Аэробиогеохимическая индикация загрязнения приземной атмосферы: элементная диагностика и оценка усиления токсической нагрузки в Донецке 75

Галактионова Е.В., Калинина А.В., Сафонов А.И. Фитотестирование техногенно нарушенных почв по структурным реакциям апикальных меристем 78

Голенков К.И. Экомониторинг городских малых рек по биологическим и химическим показателям 82

Головинова С.О. Подорожник большой как биоиндикатор антропогенной трансформации городской и промышленной среды 85

Голубев Ф.В., Сафонов А.И. Фитоиндикационный поиск и идентификация геохимических аномалий в условиях полифакторной трансформации экотопов Донбасса 88

Голубничая С.Н., Черноморова П.А., Распопова К.В. Потенциал и перспективы развития экологического туризма в Донецком регионе: проблемы и пути оптимизации 93

Гришечкина А. А., Анищенко Л. Н. Активность каталазы в листьях *Tilia cordata* как биохимический маркер окислительного стресса в урбанизированной среде г. Брянска 96

Гунченко И.А. Фитоквантификация факторов полемострессa в Донбассе – количественная фитоиндикация 97

Гунченкова А.Д., Войтеховский Ю.Л. Математические методы описания пространственной организации растений 100

Данилевич Л.И. Бриофиты Донбасса – индикаторы устойчивости и трансформации экотопов: морфодиагностика и сукцессионный потенциал 102

Дариенко О.Л., Брежнев А.Е. Анализ воздействия отходов кофейного потребления на кислотно-основное состояние почв 105

Демьяненко Т.В. Биодиагностика сезонного развития деревьев и кустарников города Донецка 108

Демьяненко Т.В., Сорока М.В. Цитологический анализ растений как инструмент биоиндикации беллигеративных ландшафтов 111

Джантимирова А.А. Трансформация травянистого покрова под влиянием полемостресса 114

Добжанская А.В. Фенотипическая изменчивость цветковых растений как реакция на факторы неоантропогенного стресса в Донбассе 117

Достовалова Д.А., Глухов А.З., Подгородецкий Н.С. Основные эдафические показатели и вегетационные индексы NDVI породных отвалов Донбасса .. 120

Доценко О.Г., Корецкая Е.Г. Тренды климатических изменений на территории ЛНР и их связь с водностью региона 123

Еременко Л.А. Пространственная дифференциация полемостресса в центральном Донбассе по данным ландшафтно-фитоиндикационного мониторинга 126

Жижко А.П. Научные направления ботаники и экологии растений в деятельности проектной мастерской «ПроСвет» 129

Жуков С.П., Лихацкая Е.Н. Инвазивные древесные виды в культурных насаждениях Донецка 132

Заболотная М.П. Принципы организации образовательного веб-квеста «БИОНИКУЛЫ»: роль видеовопросов в актуализации ботанических знаний будущих студентов биологического факультета 133

Зусарь К.Д. Идентификация параметров городского благоустройства по данным экологического фитомониторинга в Донецке 136

Иванов А.Д., Мирненко Э.И. Метод палеток в лихеноиндикации для городских парковых зон Донецка 138

Ильина В.Н., Шукурова С.А., Козловская О.В. Структура и состояние природных популяций подорожника наибольшего в Самарской области.... 141

Калинина А.В. Фитоиндикационная и инструментальная оценка реакции почв в условиях антропогенной трансформации экотопов 144

Калинина Ю.С. Зеленый код городов Донбасса: перспективы и пути реализации 147

Калинина Ю.С., Габараев Б.А. Экосистемные услуги индикаторно-ремедиационной растительности для постконфликтных экотопов Донбасса 149

Киргизова О.В., Степанцова Н.В. Виды-индикаторы рекреационной нагрузки на растительный покров окрестностей оз. щучье (Селенгинский район Республики Бурятия) 152

Конопля Н.И., Курдюкова О.Н. Семенная продуктивность некоторых эдификаторов степных участков нагольного кряжа 155

Коротенко Н.В. Региональная модель исследовательского обучения при использовании материалов «Белой книги Донецкой Народной Республики» 159

Крамаренко А.А. Диагностика хвойных растений в Донбассе как основа исследовательского практикума 163

Кувшинова Е.М. Ботанико-эстетическая оценка состояния рекреационных и озеленённых территорий г. Тореза и направления их оптимизации 166

Курьянова Ю.А. Экологические шкалы растений как инструмент индикационной диагностики экотопов Донбасса 169

Кустова О.К., Козуб-Птица В.В., Глухов А.З., Приходько Л.Г. Научно-методические аспекты летнего экофестиваля: опыт Донецкого ботанического сада 172

Лиштва А.В., Тресков Н.В. Географическая структура лихенофлоры карбонатного массива «Кадаликанские столбы» (Патомское нагорье, Восточная Сибирь) 175

Марков В.Н. Первичные сукцессионные процессы при формировании растительного покрова в местах милитаризации в Донбассе 178

Мирненко Н.С. Состояние мужского гаметофита *Aesculus hippocastanum* L. в условиях полемострессa в Донбассе 181

Мирненко Э.И. Биоиндикация полемострессa по фитопланктону бассейна реки Кальмиус 184

Могилевич А.Д. Эколого-ботаническая оценка участков с различной антропогенной нагрузкой и перспективы использования *Arabis alpina* L. в озеленении посёлка Новоамвросиевское 187

Пальязова Я.З., Закирджанова О.З. Теплофизические свойства соломенных покрытий для зимней защиты виноградников 190

Пашков Д.А. Специфика экспертных заключений при проведении экологического мониторинга фактора полемострессa в Донбассе 193

Плотников Д.А., Кулик Т.И. Экологическая опасность отходов упаковки строительной химии и меры предупреждения воздействия на почву и растительный покров 196

Попова М.В. Бриофиты трансформированных территорий Донбасса: полемострессс и потенциал фитооптимизации городской среды 199

Попова Н.А. Биологически активные соединения растительного сырья и перспективы их использования в функциональных продуктах питания 202

Потапенко Е.М. Plantago major L. как фитоиндикационный сенсор антропогенной трансформации индустриальных и беллигеративных экотопов Донбасса 205

Приходько С.А., Минкина Т.М., Штирц Ю.А., Федоренко А.Г., Агурова И.В., Березовский А.С. Изменчивость формы листа *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. в условиях антропогенно трансформированных экосистем Донецко-Макеевской городской агломерации 208

Пятница Н.В., Глухов А.З. Сезонная динамика индекса относительного содержания хлорофилла у видов и сортов рода Vinca в условиях Донецкого ботанического сада 211

Рущук А.Д., Рущук В.С., Чавдарь Н.С., Ескина Д.Ю., Котоман А.Р., Ковалёва С.В. Фитоэкологический профиль зелёной инфраструктуры города Бендеры 214

Рябцев А.А. Тератоморфогенез представителей *Brassicaceae* как инструмент биодиагностики беллигеративных ландшафтов Донбасса 217

Сафонов А.И. Решаемые задачи проекта РНФ «Индикация и реабилитация с помощью растений постконфликтных геопатогенных экосистем Донбасса» в 2026 г. 220

Сафонов Р.А. Аэродинамическая миграция биогенных волокнистых частиц в урбанизированной среде 223

Сорока М.В., Габараев Б.А. Эколого-ботанический опыт отбора представителей флоры Донбасса для химико-технологического исследования кумаринового профиля 225

Сотников Д.В., Сотникова Н.С., Сотников Я.Д., Слёта А.Д. Влияние органогенных субстратов на морфометрические показатели листьев абрикоса обыкновенного (*Armeniaca vulgaris* Lam.) в условиях ГБУ ЛНР «Луганский лесхоз» 228

Сотникова Н.С. Мониторинг состояния насаждений тополя (*Populus* L.) в Луганске 231

Тайсумов М.А., Астамирова М.А.-М., Байбатырова Э.Р. Краткий анализ флоры лесов восточной части Российского Кавказа 234

Фрунзе О.В. Физиолого-морфометрические показатели растений как основа фиторемедиации беллигеративно трансформированных экотопов Донбасса 237

Хлебников В.Ф. Пространственная инверсия видового богатства синантропной флоры сельских поселений в условиях депопуляции (на примере с. Мокра Рыбницкого района, Приднестровье) 240

Цыбульский Д.С., Конопля Н.И. Биологические особенности циклахены дурнишниколистной в условиях Донбасса 243

Чайковская М.В. Локальные флоры железнодорожных экотопов Донбасса как объекты для обучения студентов 245

Черных А.В., Конопля Н.И. Плодоношение *Rhus typhina* L. в условиях г. Луганска 248

Чунаева Н.В. Ретроспективная фитоиндикация Донбасса по материалам гербарного фонда кафедры ботаники и экологии ДонГУ 250

Якубович В.Е., Анищенко Л.Н. К оценке биоподвижности цезия в компонентах лесных сообществ в постчернобыльский период 253

Зоология и экология

Амолин А.В. Фауна и относительное обилие шмелей (Hymenoptera: Apidae) Донецко-Макеевской городской агломерации 256

Давыдова А.В., Балиоз Р.В., Рожкова Т.Н., Маслодудова Е.Н. Распространение паразитозов среди населения города Донецка Донецкой Народной Республики 259

Джантимирова А.А., *Прокопенко Е.В.* Вредители липы мелколистной в насаждениях г. Донецка 262

Джантимирова А.А., Прокопенко Е.В. Каштановая минирующая моль *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, 1986 (Lepidoptera, Gracillariidae) в урбоценозах г. Донецка 265

Ларина Т.А., Анищенко Л.Н. Сезонная динамика орнитофауны в Брянске как база биомониторинга 268

Маевская Ю.Е., Радковская М.С., Штирц А.Д. Структура доминирования орнитокомплексов Воробьинообразных (Passeriformes) Киевского и Ворошиловского районов г. Донецка 271

Оголь И.Н. Sceliphron caementarium (Drury, 1773) – новый вид роющих ос (Hymenoptera: Sphecidae) в фауне Донбасса 274

Оголь И.Н. Неожиданная находка бабочки *Danaus chrysippus* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Nymphalidae) на территории города Донецка 276

Оголь И.Н. Находки медянки *Coronella austriaca* Laurenti, 1768 (Serpentes: Colubridae) в Кировском районе города Донецка 278

Рева М.В., Климова Е.В., Феклина Т.Ю. Эврибионтные и стенобионтные виды мошек (Diptera, Simuliidae) Донбасса 280

Рева М.В., Литвинова С.А., Диденко М.С. Хищники и паразиты мошек рода *Wilhelmia* End. на территории Донбасса 282

Рева М.В., Ясинский В.Е., Чиркун Ю.Н. Биология преимагинальных фаз мошек Донбасса 285

Штирц А.Д., Полянина Л.Д., Заикин Д.Ю. Экологическая структура сообществ панцирных клещей парка им. Н.А. Вознесенского г. Енакиево 288

Физиология растений и грибов, микробиология, биотехнология

Загнитко Ю.П. Гидролиз яблочного пектина ферментным препаратом пектиназ грибного происхождения 290

Иванова Е.А., Фрунзе О.В. Индекс толерантности люцерны *(Medicago sativa* L.*)* при загрязнении почвы свинцом и цинком 292

Кравец В.Е., Гончаров А.В. Сортимент цветочных культур в ООО «Калужский цветочный холдинг» 295

Левищева А. И. Влияние микроперфорированной пленки субстратных блоков на продуктивность штамма *Pleurotus ostreatus* Этна 298

Мягкова А.С., Песцов Г.В. Изучение роста мицелия гриба *Lentinula edodes* (шиитаке) на питательных средах разных концентраций 300

Неустроев А.П., Тимакова Р.Т. Использование отечественного орехового сырья в рецептуре корпуса шоколадных конфет 303

Павлова А.М., Демченко С.И. Влияние органических добавок на продуктивность гриба *Cyclocybe cylindracea* (DC.) Vizzini & Angelini 306

Подсекалова Н.В. Биоресурсный потенциал молочной сыворотки 309

Прокудина О.В., Третьякова А.В., Мягкова А.С., Песцов Г.В. Хранение плодовых тел гриба *Flammulina velutipes* на питательных средах методом in vitro 312

Решетникова И.М., Фрунзе О.В. Влияние ионов цинка на ростовые процессы проростков *Petunia×hybrida* hort. Ex Vilm. 315

Румянцева Е.И. Сравнительная характеристика ростовых свойств отечественных компонентов питательных сред для культивирования требовательных микроорганизмов 317

Серегин В.Д., Третьякова А.В. Рост мицелия гриба *Pleurotus djamor* (вешенка розовая) на питательных средах на основе жмыхов масличных культур 320

Скоблицов А.Ю., Гончаров А.В. Мониторинг параметров микроклимата при выращивании шампиньона двуспорового *(Agaricus bisporus)* с использованием интеллектуальных систем анализа данных 323

Сысолятина М. А., Олькова А. С., Лыткина К. И. Чувствительность продуцента *Scenedesmus quadricauda* и консумента *Paramecium caudatum* к лантану, меди и их комбинациям 326

Третьякова А.В., Коваленко Н.С. Влияние объема субстратного блока на урожайность плодовых тел гриба *Pleurotus ostreatus* (вешенка обыкновенная) 329

Хазай И. А., Чемерис О. В. Физиолого-биохимические особенности штаммов *Irpex lacteus* (Fr.) Fr. – перспективных продуцентов гидролитических ферментов 331

Чайка А.В. Состояние прооксидантно-антиоксидантной системы штаммов ксилотрофных грибов при глубинном культивировании 334

Чемерис О. В. Использование базидиальных грибов для биодиагностики нарушенных ландшафтов 336

Физиология человека и животных, медицина

Белик И.А. Динамика органометрических показателей подмышечных лимфатических узлов у интактных крыс в процессе онтогенеза 339

*Белик И.А В*лияние кверцетина на органометрические показатели лимфоидных органов крыс-самцов при длительной интоксикации тартразином и репарации костного дефекта 341

Бондаренко Н.Ю., Белоусова В.С. Комплексное исследование влияния геометрических, яркостных и цветовых аугментаций на точность гибридной модели CNN + random forest в задачах бинарной классификации новообразований кожи 344

Бондарев В.А., Кошкина В.В. Формирование у обучающихся отношения к здоровью и к здоровому образу жизни в образовательной среде 347

Бондарев В.А., Долин Д.А. Оценка гигиенической активности школьников в формировании ЗОЖ и роль педагогов в этом направлении деятельности 349

Будко Е.В., Ямпольский Л.М. Конструирование гемостатических средств через направленную модификацию базовых структур 351

Гмыря А.А., Стефано Е.А. ESC 2026: ключевые новации в диагностике и лечении сердечной недостаточности 354

Данилова Т.И., Гришина Н.С. Медиаторная роль миофасциального синергизма нижней трети лица и шеи при изолированной ботулинотерапии депрессивных состояний 356

Добровольская Я.П. Роль изучения физиологии человека в формировании здорового образа жизни 358

Данилова Т.И., Ильницкий В.В. Роль кавеолинового комплекса в норме и патологии: от эндоцитоза до аутофагии 360

Зайберлих Е.М., Аношкина Н.Л. Синдром поликистозных яичников как комплексная проблема женского здоровья: репродуктивные, эндокринные и психоэмоциональные аспекты 362

Иванова Э.Р., Бибик Е.Ю., Кривоколыско С.Г. Оценка противовоспалительного потенциала и безопасности производных альфа-цианотиоацетамида в эксперименте in vivo 364

Исаев Г.И., Казагачева С.В. Нейроадаптивные образовательные среды: интеграция мобильной ЭЭГ и ИИ для управления вниманием и ментальным благополучием учащихся 367

Капустян С.С., Черкащенко С.О. Дилатационная кардиомиопатия – патогенез и подходы к лечению 370

Конев А. В., Конева К.А. Полиморфизмы гена TAS2R14 и вентиляционная функция легких при бронхиальной астме 372

Ларина Н.Г., Ларин Д.В. Показатели клинико-метаболического статуса у подростков с ожирением в гендерном аспекте 374

Лисун А.О., Труш В.В., Овчаренко В.А. Использование игровых механик в протекции нейродегенеративных процессов 376

Маркевич Я.В., Панчишко А.С. Ингибиторы натрийглюкозного котранспортера 2 типа в лечении сахарного диабета 2 типа 379

Мельник А.С., Стефано Е.А. УЗ-исследование в верификации злокачественных новообразований щитовидной железы 381

Менжулина Д.А., Мошурова Л.В., Кучменко Т.А., Волкова А.А. Оценка динамики сенсорных профилей летучих соединений кала детей 383

Михайлова М.Н., Гимафутдинова А.А., Гараев Р.Р. Влияние анатомических особенностей зубочелюстной системы на выбор ортодонтических методов лечения нарушений прикуса 386

Мороз А.А., Лисун А.О. Возрастные особенности регуляции артериального давления 389

Наумов Р.В. Исследование влияния преобладающего типа памяти на эффективность запоминания учебного материала у студентов 392

Негматуллаева С.С., Козлова Р.С. Современные подходы к профилактике и раннему выявлению артериальной гипертензии у лиц молодого возраста 395

Никитина Л.И., Джураева Ш.Ф., Бардасова Ю.В. Оптимизация тактики герметизации фиссур у детей на основе данных флуоресцентной диагностики 397

Новикова У.А., Никифоров Д.К. Физиологические механизмы профессионального выгорания и его влияние на когнитивные функции 400

Пестрякова Я.Ф., Герценберг О.Б., Запорожец Т.С., Богданович Л.Н., Шварева Н.И., Крыжановский С.П. Характеристика зрительных функций у пациентов с нейродегенеративной патологией 402

Потапов А.А., Козакова Д.А. Оценка понимания причин нарушений режима питания у студентов-медиков 405

Репкин Т.О., Петров П.П. Пограничное расстройство личности: от критериев диагностики к современным моделям психотерапии 408

Сайгачёв Н.В., Щеглова А.Н. Профилактика сердечно-сосудистых нарушений у спортсменов: потенциал альтернативных витаминных источников 410

Смоляк И.А., Щукина Е.В. Механизмы постинфарктного ремоделирования левого желудочка 412

Солопов М.В., Буше В.В., Акопян Г.В., Кавелина А.С., Турчин В.В., Попандопуло А.Г. Прогнозирование ранней остеогенной дифференцировки мультипотентных мезенхимных стромальных клеток по фазово-контрастным микрофотографиям 414

Стадник А.Д., Россомахина О.М. Нервно-психическая устойчивость как критерий эффективности адаптации врачей-стажеров по специальности «анестезиология-реаниматология» к профессиональной деятельности 417

Столярова Т.П. Анализ некоторых генетических полиморфизмов, ассоциированных с продолжительностью жизни 419

Тищенко С.В. Резистентная артериальная гипертензия: современные подходы к диагностике и лечению 421

Труш В.В., Лисун А.О., Овчаренко В.А. Эффективность L-карнитина в улучшении мышечной функции в экспериментах на крысах 423

Филимонов Д.А., Турчин В.В., Солопов М.В. Нейропротекторные свойства структурно-модифицированного аналога тиронаминов СА-Т0АМ в модели ишемического инсульта in vitro 426

Турчин В.В., Белоцерковская М.А., Солопов М.В., Лебедь Е.Д. Цитосовместимость лизатов генетически модифицированных *lactobacillus acidophilus* и их влияние на миграционную активность дермальных фибробластов in vitro 429

Цыхмистро А.А., Швечикова В.А. Патогенез инфаркта миокарда с необструктивным поражением коронарных артерий (MINOCA) 432

Ченикалова А.С., Пивнев Б.А. Регуляторные Т-клетки в терапии сахарного диабета 1 типа 435

Чурилин О.А., Лузин В.И., Золотаревская М.В., Левенец С.В., Золотаревский О.Р. Взаимосвязь структурных преобразований мозжечка и костного регенерата большеберцовых костей при введении натрия бензоата и тартразина 437

Шабалин Н.В. Структурно-анатомические и сезонно-возрастные особенности скелетной травмы у детского населения г. Тирасполь 439

Яковлева И.П., Погребная П.Е. Проблемы обеспечения городских и сельских территорий Краснодарского края качественными медицинскими услугами... 442

Яров Д.С., Щербинина М.И., Зарати М.С. Влияние регулярных занятий скандинавской ходьбой на показатели гемодинамики у пациентов пожилого возраста с артериальной гипертензией 445

Яров Д.С., Щербинина М.И., Зарати М.С. Особенности межполушарной асимметрии и нейрорегуляторных механизмов при органических поражениях головного мозга 448

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

ДОНЕЦКИЕ ЧТЕНИЯ – 2026: ОБРАЗОВАНИЕ, НАУКА, ИННОВАЦИИ, КУЛЬТУРА И ВЫЗОВЫ СОВРЕМЕННОСТИ

Материалы
XI Международной научной конференции,
10–12 ноября 2026 г.,
г. Донецк

ТОМ 3
Биологические, химические, медицинские науки и экология

Часть 1

под общей редакцией проф. *С.В. Беспаловой*

Дизайн обложки	*В. Дёмина*
Технический редактор	*М.В. Фоменко*
Компьютерная верстка	*А.И. Сафонов*

Адрес оргкомитета:
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»,
ул. Университетская, 24, г. Донецк, 283001, ДНР, РФ.
E-mail: *science.prorector@donnu.ru*

Подписано в печать 28.10.2026 г.
Формат 60×84/16. Бумага офисная.
Печать – цифровая. Усл.-печ. л. 26,8.
Тираж 50 экз. Заказ № 26окт121/3а.
ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.
Издательство ФГБОУ ВО «ДонГУ»
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 22
E-mail: donnu.izdatelstvo@mail.ru