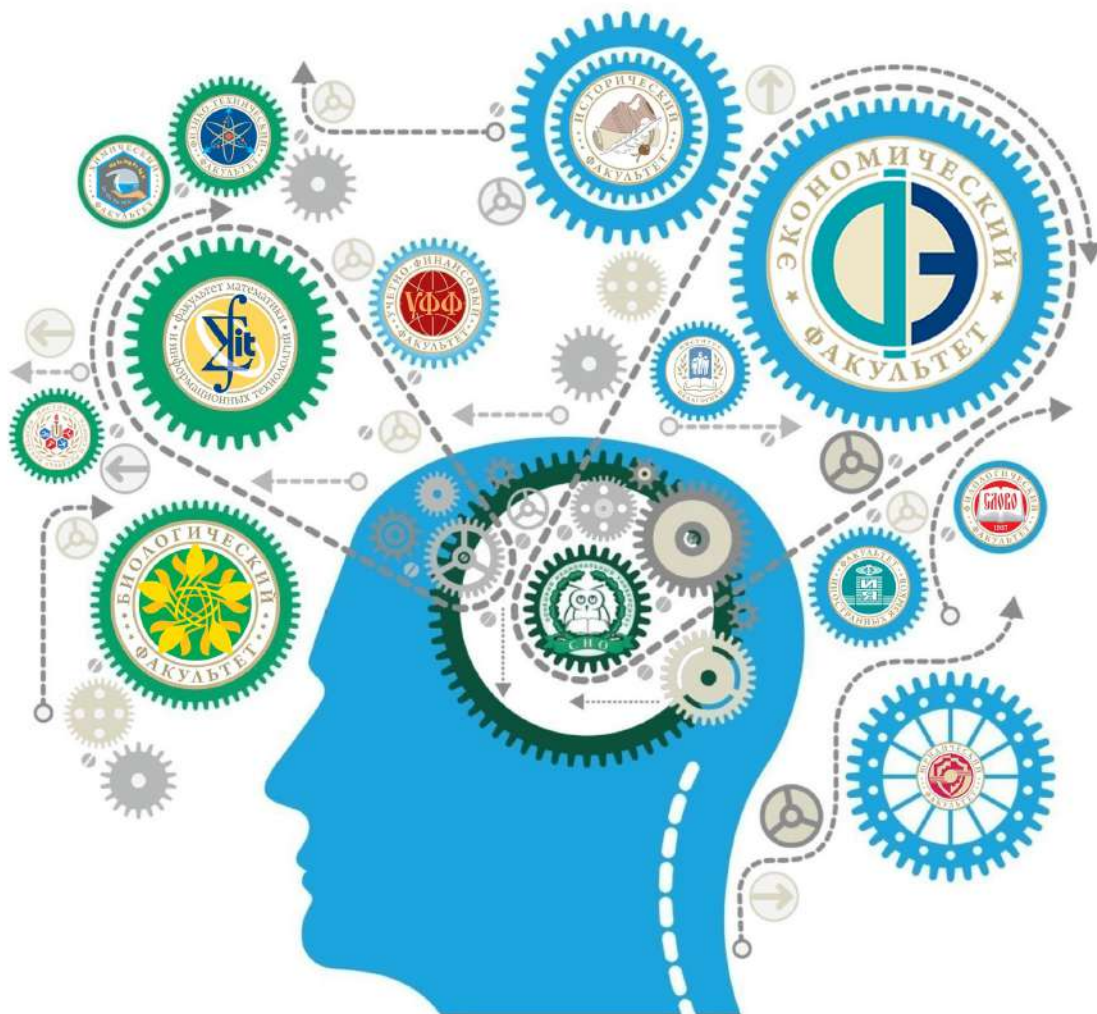


ВЕСТНИК СНО

ВЫПУСК 16

ТОМ 1:

Естественные науки



ISSN 2522-4824

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
СТУДЕНЧЕСКОЕ НАУЧНОЕ ОБЩЕСТВО**

ВЕСТНИК

**СТУДЕНЧЕСКОГО НАУЧНОГО ОБЩЕСТВА
ГОУ ВПО «ДОННУ»**

ВЫПУСК 16

ТОМ 1

Естественные науки

Донецк – 2024

ББК У.я52
УДК 378:33(05)

Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО «ДОННУ». – Донецк: ДонГУ, 2024. – Вып. 16, том 1: *Естественные науки.* – 249 с.

**Редакционная коллегия
Вестника студенческого научного общества
ГОУ ВПО «ДОННУ»**

Главный редактор – Белый А.В., канд. хим. наук, доцент, проректор
Зам. главного редактора – Дегтярев С.В., председатель Совета СНО
Ответственный секретарь – Самарева Т.Н.
Технический редактор – Торба А.А.

Члены редакционной коллегии:

Бурляй А.С., ассистент

Ветрова Э.С., докт. филол. наук, профессор

Воробьева Ю.С., старший преподаватель

Разумный В.В., канд. ист. наук, доцент

Ручица Т.С., старший преподаватель

Сафонов А.И., канд. биол. наук, доцент

Третьяков И.А., канд. тех. наук, доцент

Финкина А.П., старший преподаватель

Химченко А.Н., канд. экон. наук, доцент

Щепин Н.Н., канд. физ.-мат. наук, доцент

Щепина Н.Д., канд. хим. наук, доцент

В шестнадцатом выпуске ежегодного сборника (в 4 томах) опубликованы результаты научных исследований студентов ФГБОУ ВО «ДонГУ» в области естественных (том 1), социально-гуманитарных (том 2 в 3-х частях), экономических (том 3) и юридических наук (том 4). Работы печатаются в авторской редакции, максимально снижено вмешательство в структуру отобранных материалов. *Ответственность за содержание статей, аутентичность цитат, правильность фактов и ссылок несут авторы статей.* Редакционная коллегия не несет ответственность за достоверность информации, представленной в рукописях, и оставляет за собой право не разделять взгляды некоторых авторов на те или иные вопросы.

Вестник СНО включен в Аналитическую базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), номер договора № 452-11/2018.

Адрес редакции:

283001, г. Донецк, пр-т Гурова, 14, гл. корпус ДонГУ, к. 215;

Тел.: +7 (856) 302-92-26;

E-mail: sovetsno@donnu.ru

URL: <http://donnu.ru/science/sno>

*Печатается по решению Ученого совета
ФГБОУ ВО «ДонГУ»
протокол № 3 от 29.03.2024 г.*

© ФГБОУ ВО «ДонГУ», 2024

Содержание

Биологические науки, экология

<i>Абрусник М.А.</i> ФРАГМЕНТ ЧЕК-ЛИСТА ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ В ДОНБАССЕ (ГЕРБАРНЫЙ ФОНД КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ)	5
<i>Абуснайна М.В.</i> ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ РАБОТЫ В МУЗЕЕ КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ	11
<i>Ангельский Р.А.</i> ФИТОПЛАНКТОН КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Г. ДОНЕЦКА	16
<i>Аникина Е.А.</i> ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОДА МАКЕЕВКИ, ДНР	20
<i>Антропова Л.П.</i> ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОДА ГОРЛОВКИ, ДНР	27
<i>Антропова Л.П.</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНОВ МЕДИ НА ФЛУОРЕСЦЕНЦИЮ КЛЕТОК ФИТОПЛАНКТОНА <i>CHLORELLA SOROKINIANA</i>	34
<i>Ахундова А.Г.</i> <i>ACER PLATANOIDES 'CRIMSON KING'</i> В УСЛОВИЯХ ЗУШУМЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ	38
<i>Баканидзе Д.Э.</i> ВИБРАЦИОННО-АКУСТИЧЕСКИЙ ШУМ, КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ГОРОДЕ ДОНЕЦКЕ, НА ПРИМЕРЕ ПРОСПЕКТА ЛЕНИНСКОГО	44
<i>Васильева Н.Н.</i> МЕТОД ДАТИРОВКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ БРИОФИТОВ В ДОНЕЦКЕ	50
<i>Выликов Е.А.</i> ЗАШУМЛЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДОНЕЦКА И ЕГО БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ НА ДЕНДРОЦЕНОЗЫ	55
<i>Гунченко И.А.</i> ПОЛЕМОСТРЕСС В ДОНБАССЕ: ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА	60
<i>Гунык В.Д.</i> ВИДОВОЙ СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА ПРУДОВ Г. ДОНЕЦКА	66
<i>Данилевич Л.И.</i> БРИОФИТЫ ДОНБАССА – ИНДИКАТОРЫ И МОНИТОРЫ СОСТОЯНИЯ АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННОЙ СРЕДЫ	71
<i>Епифанова С.И., Чайковская М.В.</i> РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «ФЛОРА НАРУШЕННЫХ ЭКОТОПОВ ГОРОДА ДОНЕЦКА»	76
<i>Еременко Л.А.</i> РАБОТА СНО КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ ДЛЯ ЛАНДШАФТНОГО ФИТОИНДИКАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ	81
<i>Жбадинский В.Е.</i> БРИОФИТЫ НА ПОВЕРХНОСТЯХ САМЫХ ПЕРВЫХ ЗДАНИЙ ДОНЕЦКА	86
<i>Зусарь К.Д.</i> ПРИМЕР РАСШИФРОВКИ ЛАНДШАФТНОГО ПРОФИЛЯ ФИТОИНДИКАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	91
<i>Иванова Д.В.</i> НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ СТУДЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА КАК РЕСУРС АССИСТЕНТСКОЙ ПРАКТИКИ	96
<i>Иванюк Е.П.</i> КОМПАКТИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НИШ В НАРУШЕННЫХ ОСКОЛОЧНЫМИ ВЗРЫВАМИ ГОРОДСКИХ СТРОЕНИЯХ	101
<i>Кинаш Т.А.</i> ОБЗОР МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ФИТОМОНИТОРИНГЕ ДОНБАССА	106
<i>Котюк П.Ф., Авдеева К.А.</i> БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОРОСТКИ КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ	111
<i>Крамаренко А.А.</i> СПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПЕРЕНОСИТЬ ЭКСТРИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ КАК РЕЗУЛЬТАТ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ	117
<i>Мельник С.В.</i> АТИПИЧНЫЙ МОРФОГЕНЕЗ ПЫЛЦЫ В МЕСТАХ ФОНОВЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ	123
<i>Палагута А.П.</i> ЭКСПОЗИЦИИ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ НА МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ 2023 ГОДА	128
<i>Попова М.В.</i> ОБЗОР БОТАНИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКИ В НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ ДОНЕЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА, РОЛЬ СТУДЕНТОВ	133
<i>Пьяных А.В., Шкиренко А.О.</i> ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ КРОВОСОСУЩИХ МОШЕК РОДОВ <i>WILHELMIA ENDERLEIN</i> , 1921 И <i>EUSIMULIUM ROUBAUD</i> , 1906 (DIPTERA, SIMULIIDAE) НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА	137
<i>Реуцкая В.В.</i> ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОДА ТОРЕЗА, ДНР	142
<i>Руденко Е.П.</i> МЕХАНИЗМ КОМПЛЕКТАЦИИ ДАННЫХ О КАФЕДРЕ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ КО ДНЮ РОССИЙСКОЙ НАУКИ	149
<i>Сафонов Р.А.</i> ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ Г. ДОНЕЦКА	155

<i>Турчанинова А.В.</i> РИЗОЛОГИЧЕСКОЕ ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ ПОЧВ ДОНБАССА	160
<i>Удод Я.А.</i> ПРЕДСТАВИТЕЛИ АСТРОВЫХ В ПРОГРАММАХ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ ФИТОМОНИТОРИНГУ	165
<i>Чунаева Н.В.</i> ГЕРБАРИЙ КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ КАК ИСТОЧНИК КЛИМАТИЧЕСКИЙ ДАННЫХ В ДОНБАССЕ С 1965 ГОДА	170
<i>Шевчук Н.А.</i> НАУКА В ОСНОВЕ ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА КАФЕДРЕ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ	175

Физико-технические науки

<i>Абрамова М.С.</i> РАЗРАБОТКА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ РАБОТЫ МЕНЕДЖЕРА ПО ПРОДАЖАМ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ	181
<i>Гришина А.А., Юрлов Ю.А.</i> О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО ТЕРМОМЕТРА DS18B20 ПРИ МОНИТОРИНГЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВ	186
<i>Дубченко И.И.</i> ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСХОДА ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ СТАНДАРТНОЙ ДИАФРАГМЫ СОГЛАСНО ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005	191
<i>Колесник Е.В.</i> УГРОЗЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНТЕРНЕТ-РЕТЕЙЛОВ В ДНР	197
<i>Колесников К. Д.</i> НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В СИСТЕМАХ ГОЛОСОВОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ	203
<i>Лебедев К.Е.</i> ОБХОД СИСТЕМЫ САРТСНА ПОСРЕДСТВОМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ	211
<i>Петров И.С.</i> РАСПОЗНАВАНИЕ ФАЛЬШИВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ	220
<i>Часник А.С.</i> СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК КАЛИБРОВКИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ	227
<i>Юрлов Ю.А.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЁХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОЗДУХА НА АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ СТЕНДЕ АС-5	231

Математика

<i>Андрюшкина Д.Е.</i> ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВОМ	235
<i>Пилипенко И.С.</i> УСИЛЕНИЕ ТЕОРЕМЫ ДЗЯДЫКА О РАВЕНСТВЕ ТРЁХ ПЛОЩАДЕЙ	240
<i>Яркова А.И.</i> РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА КИНЕМАТИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WINDOWS API И C++	245

Биологические науки, экология

УДК 581 : 502.75 : 712.253 : 57.087 (477.60)

ФРАГМЕНТ ЧЕК-ЛИСТА ОХРАНЯЕМЫХ ВИДОВ В ДОНБАССЕ (ГЕРБАРНЫЙ ФОНД КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ)

Абрусник М.А.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. На примере выбранной фракции (в алфавитном чек-листе редких и охраняемых растений в Донбассе) сделаны записи (выборка) видов растений, выделена их особенность сохранности в сложных санитарно-климатических условиях состояния кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета, подготовлен фотоматериал по отдельным представителям, используемым для экспозиции в музее кафедры. Рассмотрена возможность изучения представленной фракции флоры Донбасса для климатических ретроспектив и возможной биогеохимической аналитики в экологической экспертизе.

Ключевые слова: экологическое образование, научная работа студентов, фитоиндикация, Донецк, ботанический музей, экологический мониторинг, образовательная программа.

В программах изучения редких видов растений России [1, 2] и связанных с этими вопросами экологическими исследованиями почв [3], а также сведениях о резистентности видов растений в стрессовых условиях [4, 5] необходимым критерием является максимальная натуралистичность и гео-стратегическая привязка при формировании информационного массива о состоянии видов растений или их сообществ в конкретном регионе [6–9].

Цель работы – провести анализ актуального состояния фрагмента чек-листа раритетных видов растений из гербарной коллекции кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета, подготовить иллюстративный материал некоторых экспозиций охраняемых видов флоры Донбасса, дать перспективную оценку многоцелевого использования растений в экспериментах по фитоквантификации для территорий Северного Приазовья.

Общие принципы работы с ботаническим материалом основываются на местных диагностических мероприятиях [10, 11] и экспозиционных обзорах для музейных и гербарных фондов кафедры ботаники и экологии ДонГУ [12] с возможной их библиографической оценкой [13] в перспективе для использования в геохимическом мониторинге состояния сред Донбасса [14, 15], как это сделано для некоторых таксономических групп мохообразных [16–18] и обобщено в региональных сводках по биоразнообразию и фитомониторингу [19–23].

В чек листе на «R, S» обозначены виды, собранные в нашем исследовании:

– *Radiola linoides* Roth., *Ranunculus auricomus* L., *Ranunculus cassubicus* L., *Rhinanthus cretaceus* Vassilcz., *Rosa donetzica* Dubovik, *Rubus saxatilis* L., *Rumex euxinus* Klokov;

– *Salvia pratensis* L., *Salvia stepposa* Des.-Shost., *Schivereckia mutabilis* (M. Alexeenko), *Scrophularia cretacea* Fisch. ex Spreng., *Scrophularia donetzica* Kotov, *Scrophularia granitica* Klokov et A. Krasnova, *Scrophularia vernalis* L., *Scutellaria dubia* Taliev et Sirj., *Sempervivum ruthenicum* Schnittsp. et C. B. Lehm., *Senecio borysthenicus* (DC.) Andr. ex Czern., *Senecio euxinus* Minder, *Serratula coronata* L., *Silene cretacea* Fisch. ex Spreng., *Stellaria palustris* Retz., *Stipa adoxa* Klokov et Ossyczynjuk, *Stipa asperella* Klokov et Ossyczynjuk, *Stipa borysthenica* Klokov, *Stipa dasyphylla* (Czern. ex Lindem.) Trautv., *Stipa disjuncta* Klokov, *Stipa fallacina* Klokov et Ossyczynjuk, *Stipa grafiana* Steven, *Stipa graniticola* Klokov, *Stipa maeotica* Klokov et Ossyczynjuk, *Stipa tirsia* Steven, *Stipa zalesskii* Wilenski, *Syrenia talijevii* Klokov.

Из экологических характеристик видов установлено, что большинство из них являются сухостепными и уязвимыми к полномасштабному нарушению растительного по верхнего почвенного покрова в Донбассе.

Материалы рисунков 1–4 содержат фотографии от уцелевшей экспозиции музея кафедры ботаники и экологии по редким и охраняемым видам растений. Выбраны 4 вида, имеющие разные экологические приуроченности и разную уязвимость.



Рис. 1 – Образец плауна булавовидного в экспозиции музея кафедры ботаники и экологии («Редкие и охраняемые виды растений Донбасса»)

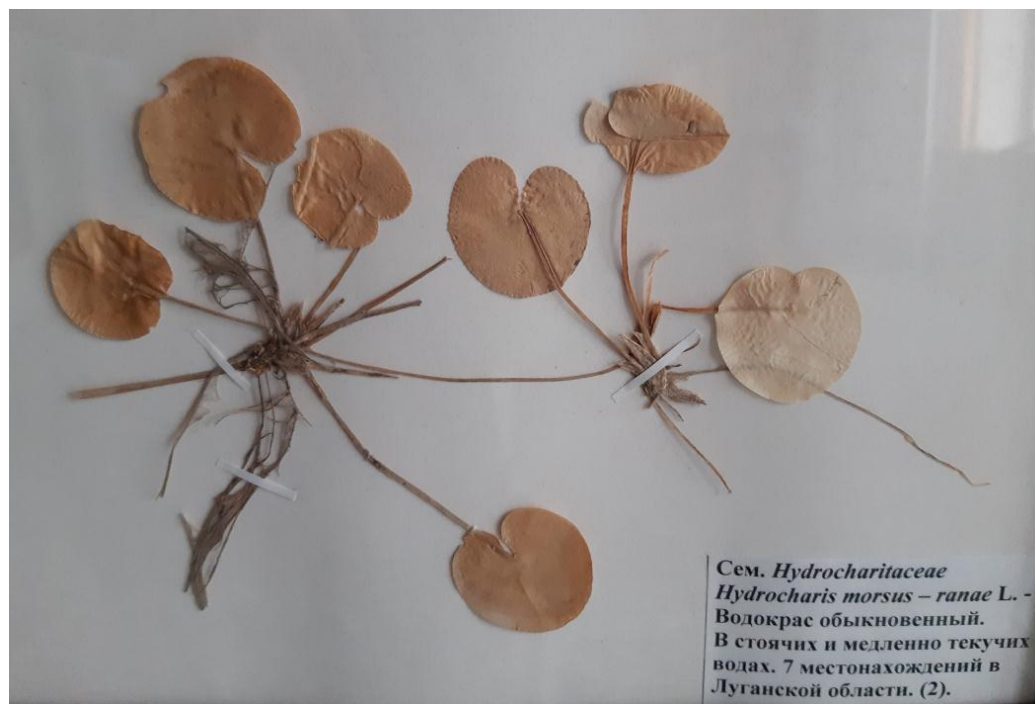


Рис. 2 – Образец водокраса обыкновенного в экспозиции музея кафедры ботаники и экологии («Редкие и охраняемые виды растений Донбасса»)



Рис. 3 – Образец скумпии кожевенной в экспозиции музея кафедры ботаники и экологии («Редкие и охраняемые виды растений Донбасса»)



Рис. 4 – Образец осоки низкой в экспозиции музея кафедры ботаники и экологии («Редкие и охраняемые виды растений Донбасса»)

Нами было установлено, что коллекционный фонд и чек-лист, описывающий его, находятся на грани утраты из-за сложных условий сохранности в корпусе биологического факультета, который неоднократно пострадал в результате обстрелов. Большинство мезофитных видов утрачено из-за неблагоприятных условий.

В качестве перспектив для оценки не только таксономического разнообразия рассматриваем также возможность изучения некоторых групп растений как устойчивых климат-индикаторов по своему структурному статусу поверхности листовой пластинки и опушению стеблей. Сохранность многих объектов в репрезентативном количестве для анализа по статистической достоверности и использования в химических экспертизах также могут быть полезными в реконструкции микроклиматических сценариев и (или) геохимического фона, характерного для локальных участков (мест сбора растений), начиная с 1965 года при открытии в донецком регионе кафедры ботаники в составе государственного университета.

Таким образом, на примере выбранной фракции (в алфавитном чек-листе редких и охраняемых растений в Донбассе) сделаны записи (выборка) видов растений, выделена их особенность сохранности в сложных санитарно-климатических условиях состояния кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета, подготовлен фотоматериал по отдельным представителям, используемым для экспозиции в музее кафедры. Рассмотрена возможность изучения представленной фракции флоры Донбасса для климатических ретроспектив и возможной биогеохимической аналитики в экологической экспертизе.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щербаков А. В., Григорьевская А. Я., Владимиров Д. Р., Субботин А. С., Мирошникова А. А., Якименко О. В., Фатин С. Н. Охраняемые сосудистые растения Воронежской области. Воронеж : Цифровая полиграфия, 2021. 445 с. EDN : KAOOYP.
2. Волдаева С. Ю., Волкова Е. М. Гербарий ТулГУ как основа для мониторинга флоры Тульской области // Вестник Тульского государственного университета. 2021. С. 607–612. EDN : HCCCPX.
3. Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации / Е. В. Абакумов, А. Б. Александрова, В. А. Андроханов [и др.]. – Москва: НИИ-Природа, 2012. – 476 с. – EDN PZYLYP.
4. Кольченко, О. Р. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка / О. Р. Кольченко, В. О. Корниенко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 3-4. – С. 151-161. – EDN PAUIGC.
5. 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.
6. Семенищенков Ю. А., Булохов А. Д., Волкова Е. М., Полуянов А. В. База данных по мезофитным широколиственным лесам юго-западной России // Растительность Восточной Европы и Северной Азии. Брянск : Брянский гос. ун-т, 2020. С. 51. EDN : EOTUNT.
7. Сафонов, А. И. Итоги многоцелевого изучения биоразнообразия в Донбассе (2015-2022 гг.) / А. И. Сафонов // Вестник Тульского государственного университета. – Тула: ТулГУ, 2023. – С. 120-130. – EDN FQNQVV.
8. Сафонов, А. И. Фронтальный спектр фитодиагностики в Донбассе (2018-2019 гг.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2019. – С. 270-271. – EDN LJTXSY.
9. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
10. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
11. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 6-11. – EDN RMXEAQ.
12. Сафонов, А. И. Экспозиции раритетных растений на кафедре ботаники и экологии Донецкого государственного университета / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 4. – С. 18-33.
13. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
14. 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.
15. Нейтронно-активационный анализ редкоземельных элементов (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) в диагностике экосистем Донбасса / И. Зиньковская и др. // Письма в журнал Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2024. – Т. 21, № 2(253). – С. 231-245.
16. Морозова, Е. И. Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных / Е. И. Морозова // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: Издательство ЮФУ, 2016. – С. 317-318. – EDN YUAPBZ.
17. 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.
18. Морозова, Е. И. Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки / Е. И. Морозова // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. – С. 100-101. – EDN YOUSVF.
19. Сафонов, А. И. Фитомониторинг антропогенно измененной среды: формализация терминологии и реализация на практике / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 3. – С. 62-70. – EDN NTNOHR.
20. Петкогло, О. В. Научный ресурс ботанического музея в Донецке / О. В. Петкогло // Донецкие чтения 2016. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 139-140. – EDN WCLWCT.

21. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса / С. В. Беспалова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
22. Глухов, А. З. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов // Промышленная ботаника. – 2002. – Т. 2. – С. 7-14. – EDN LSYLJM.
23. Глухов, А. З. Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016. – Донецк: Издательство ЮФУ, 2016. – С. 311-312. – EDN YUAPAY.

FRAGMENT OF THE CHECK LIST OF PROTECTED SPECIES IN THE DONBASS (HERBARY FOUNDATION OF THE DEPARTMENT OF BOTANY AND ECOLOGY OF DONSU)

Annotation. Using the example of the selected fraction (in the alphabetical checklist of rare and protected plants in the Donbass), records (selection) of plant species were made, their peculiarity of preservation in difficult sanitary and climatic conditions of the Department of Botany and Ecology of Donetsk State University was highlighted, photographic material was prepared on individual representatives, used for display in the museum of the department. The possibility of studying the presented fraction of the Donbass flora for climate retrospectives and possible biogeochemical analytics in environmental assessment is considered.

Keywords: environmental education, scientific work of students, phytoindication, Donetsk, botanical museum, environmental monitoring, educational program.

Abrusnik M.A.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology
Donetsk State University
E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581.9 : 58.006 : 502.75 : 712.253 : 57.087 (477.60)

ОРГАНИЗАЦИЯ НАУЧНОЙ РАБОТЫ В МУЗЕЕ КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ

Абуснайна М.В.

Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой ФГБОУ ВО «ДонГУ»

Аннотация. На примере удачных практик совмещения научной и образовательной деятельности в Донецком государственном университете и в частности на биологическом факультете, рассмотрены вопросы использования ресурса ботанического музея кафедры в качестве механизма реализации некоторых научных проектов студентов и аспирантов, молодых ученых, а также при подготовке выпускных квалификационных работ бакалавров и магистров-биологов и экологов в Донецком регионе. Указаны и показаны некоторые экспонаты для научной и просветительской работы студентов, проведения профориентационных экскурсий.

Ключевые слова: ботанический музей, экологическое образование, научная работа студентов, фитоиндикация, Донецк, экологический мониторинг, образовательная программа.

Система естественнонаучного образования предполагает обязательное использование натуральных объектов в реализации специализации и научной профориентации на выпускающих кафедрах. Биологический факультет в центральной системе своего функционирования сохраняет традиции комплексного и планомерного изучения разнообразия [1], используя историко-научный и ретроспективный подходы [2–6] и объединяя современные (актуальные) результаты полевых исследований [5, 7–10] в обобщающих публикациях [11–14]. В таких подходах велика роль работы студенческого научного общества и объединенных межкафедральных программ ботанико-экологического профиля [15–20] для разработок технологий нормирования в экологии [21] и регионального образования [22] в опоре на собственные сборы и коллекционные фонды [23].

Цель работы – выделить научную составляющую образовательно-просветительской функции ботанического музея в Донецком государственном университете для формирования студентами должных компетенций при освоении учебных дисциплин и выполнении квалификационных работ различного уровня подготовки и обучения на биологическом факультете.

В результате многолетней работы в музейных фондах кафедры нами установлено, что коллекционные структуры и артефакты имеют свою закономерность и многоразовое функциональное назначение для поэтапного освоения отдельных тем, начиная со школьного возраста при определении собственных научных и интересов, углубляясь на каждом отдельном курсе освоения специфики образовательной деятельности по дисциплинам, например, Ботаники (морфологии растений), Анатомии растений (в разделе строения стеблей древесных растений), изучении жизненных циклов растений и стадий онтогенеза, дисциплин наук о Земле (геология, география, почвоведение), например, в палеоботанической летописи при анализе каменноугольных артефактов, в изучении геолокационных характеристик мест произрастания отдельных охраняемых видов, в концепциях охраны и рационального заповедания отдельных участков в государстве, по дисциплинам Цитологии, Генетике, Основам индивидуального развития организмов, Экологии, Теории эволюции, специализации по картографическим методам описания и оценки городской среды и сопредельных территорий, репродуктивным стратегиям и в целом стратегиям выживания растений на популяционном и субаутэкологическом уровнях развития фитосистем.

Важным элементом использования гербарных коллекций и артефактов музея является осознание роли человеческого фактора, вклада отдельных поколений, основателей в идейное содержание наполнение сохраняющегося материала. Рисунок 1 содержит 2 фотографии с первыми лабораториями, научно-педагогическом составом кафедры ботаники в 60-70-е годы XX века. Это ученые, которые закладывали традиции высшего ботанического образования в регионе.



Рис. 1 – Первые составы кафедры ботаники ДонГУ в 60-70-е годы XX в.

В диалектическом и идейно-нравственном подходе важно также при планировании новых исследовательских работ опираться на существующие достижения, традиции, успешные практики прошлого, которые были прогрессивными и во многом не утрачивают своей актуальности, например, тематика по секционной работе отдельных видов растений, усовершенствование существующих гибридов, разработка системы искусственного мутагенеза, методология фиксирования возможного естественного мутагенеза, стимулированного также неблагоприятными экологическими факторами в индустриально развитом регионе. Рисунок 2 посвящен отдельным выставочным блокам по результатам работ заведующего кафедрой доктора наук, профессора, члена-корреспондента АН УССР Ф.Л. Щепотьева.



Рис. 2 – Книжная выставка работ Ф.Л. Щепотьева, экспозиция по искусственному мутагенезу и орехотека на кафедре ботаники и экологии ДонГУ

Работа студентов в разные годы своего обучения в музейных фондах позволяет планомерно обеспечить дидактическую часть лабораторных практикумов, малого и большого практикума по ботанике, отдельных тем в методике преподавания и обучения биологии и экологии (как в школе, так и высших учебных заведениях). Экскурсионный метод является наиболее масштабным, позволяет использовать разработанные маршрутные экскурсии в нескольких тематических направлениях и по содержанию адаптированных на разный уровень начальной подготовки. Если для студентов первых курсов это больше ботанико-натуралистические программы, то для средних курсов – это углубленные вопросы изучения генетического разнообразия, молекулярных основ наследственности, изучения иллюстративного фотографического материала по хромосомным комбинациям и цитогенетическим аспектам строения растительных организмов на примере конкретных сценариев реализации эксперимента над конкретно определёнными видами сортами растений в конкретное время при фиксации результатов долгосрочного эксперимента.

Рисунок 3 содержит примеры (фрагменты) первичных – ознакомительных экскурсий в ботаническом музее кафедры ботаники и экологии.



Рис. 3 – Фрагменты экскурсионно-ознакомительной деятельности с экспозициями ботанического музея

Для наукометрической грамотности и реализации библиометрических аналитических программ студентами используются учебные и методические пособия, сохраняющиеся в фондах кафедры, выставка которых по отдельным темам часто бывает организована в рамках дней науки на факультете или по случаю отдельных конференций (рис. 4), а также отдельные сборы хозяйственно полезных и декоративных растений, имеющих экзотический статус для нашего региона (рис. 4) – для курсов География растений, Интродукция и сортоиспытание, Растениеводство.

Таким образом, музей кафедры ботаники и экологии является важным ресурсом для реализации научно-исследовательской работы студентов.



Рис. 4 – Выставка книг и пособий авторов кафедры и хозяйственно полезных и декоративных растений в ботаническом музее

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций / С. В. Беспалова, О. С. Горещкий, М. В. Рева [и др.] // Степная Евразия - устойчивое развитие: Ростов-на-Дону: ЮФУ. – С. 179-181. – EDN LUJGKG.
2. Петкогло, О. В. Ретроспективный анализ интерьерной и ландшафтной фитооптимизации промышленной среды (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) / О. В. Петкогло // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 3. – С. 72-79. – EDN GTDLEL.
3. Горещкий, О. С. К 100-летию основателя Донецкого ботанического сада М.Л. Ревы (1922-1996) / О. С. Горещкий, Т. П. Столярова, А. И. Сафонов // Историко-биологические исследования. – 2023. – Т. 15, № 1. – С. 187-204. – DOI 10.24412/2076-8176-2023-1-187-204. – EDN CHZGFD.
4. Горещкий, О. С. К 115-летию выдающегося биолога Фёдора Львовича Щепотьева (1906-2000) / О. С. Горещкий, Т. П. Столярова, А. И. Сафонов // Историко-биологические исследования. – 2021. – Т. 13, № 4. – С. 169-183. – DOI 10.24412/2076-8176-2021-4-169-183. – EDN ZUJVDA.
5. Сафонов, А. И. Ландшафтно-индикационные разработки как элемент оптимизации техногенных экотопов (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3-4. – С. 7-15. – EDN UALPJK.
6. Сафонов, А. И. Структурные аспекты оптимизации и фитоиндикации ландшафтов Донбасса (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 1. – С. 135-140. – EDN AXOXSS.
7. Сафонов, А. И. Итоги многоцелевого изучения биоразнообразия в Донбассе (2015-2022 гг.) / А. И. Сафонов // Вестник Тульского государственного университета. – Тула: ТулГУ, 2023. – С. 120-130. – EDN FQNQVV.
8. Сафонов, А. И. Фронтальный спектр фитодиагностики в Донбассе (2018-2019 гг.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2019. – С. 270-271. – EDN LJTXSY.
9. Морозова, Е. И. Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных / Е. И. Морозова // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности: Донецк: Издательство Южного федерального университета, 2016. – С. 317-318. – EDN YUAPBZ.
10. Морозова, Е. И. Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки / Е. И. Морозова // Донецкие чтения 2017. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. – С. 100-101. – EDN YOUSVF.

11. 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.
12. Сафонов, А. И. Опорные разработки в рамках тематического направления по ботанике антропогенеза (2022 г.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2022. – С. 113. – EDN ZSZAOG.
13. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
14. 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.
15. Шевчук, Н. А. Анализ представленности актуальной научно-образовательной информации фитоиндикационного содержания в системе обучения / Н. А. Шевчук // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 131-135. – EDN NDFQTQ.
16. 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.
17. Бондарь, Е. Н. Мохообразные Донбасса как объект выставочной работы / Е. Н. Бондарь // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 29-33. – EDN CVEDQF.
18. 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.
19. Критерии оценки экологического состояния среды по порогам чувствительности биоиндикаторов / С. В. Беспалова, О. С. Горецкий, А. З. Глухов [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2011. – № 1. – С. 25-43. – EDN VKPJBC.
20. Концептуальные подходы к нормированию в системе экологического биомониторинга / С. В. Беспалова, О. С. Горецкий, А. З. Злотин [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2013. – № 1. – С. 8-15. – EDN XRAESD.
21. Глухов, А. З. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов / А. З. Глухов // Промышленная ботаника. – 2002. – Т. 2. – С. 7-14. – EDN LSYLJM.
22. 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.
23. Петкогло, О. В. Научный ресурс ботанического музея в Донецке / О. В. Петкогло // Донецкие чтения 2016. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 139-140. – EDN WCLWCT.

ORGANIZATION OF SCIENTIFIC WORK IN THE MUSEUM OF THE DEPARTMENT OF BOTANY AND ECOLOGY DONSU

Annotation. Using the example of successful practices of combining scientific and educational activities at Donetsk State University and in particular at the Faculty of Biology, the issues of using the resource of the botanical museum of the department as a mechanism for implementing some scientific projects of students and graduate students, young scientists, as well as in the preparation of final qualifying works of bachelors and masters in biology and ecology in the Donetsk region. Some exhibits for scientific and educational work of students and career guidance excursions are indicated and shown.

Keywords: botanical museum, environmental education, students' scientific work, phytointication, Donetsk, environmental monitoring, educational program.

Abusnaina M.V.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 574.55; 574.58

ФИТОПЛАНКТОН КАК ИНДИКАТОР ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ Г. ДОНЕЦКА

Ангельский Р.А.

*Научный руководитель: Мирненко Э.И., старший преподаватель
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В данной статье рассматриваются сообщества фитопланктона как обитатели гидросферы и индикаторы экологического состояния водных объектов, установлен их видовой состав и рассчитана численность, а также определено содержание растворенного кислорода (по Винклеру) в водоемах г. Донецка.

Ключевые слова: гидробиология, альгофлора, фитопланктон, гидросистема, Донецк.

Введение. На современном этапе остается актуальной проблема загрязнения водных объектов не только в рассматриваемом регионе, а и во всем мире. Антропогенная нагрузка на водные объекты с каждым годом стремительно возрастает. Для разработки методов предотвращения и очищения уже загрязненных водных источников необходимо проводить многочисленные исследования по выявлению причин и мониторинг водоемов, подвергшихся деградации. Именно с этим связана актуальность вопросов, касающихся оценки качества воды в водных экосистемах нашего региона.

Целью исследования является идентификация таксономического состава фитопланктона как индикаторов состояния воды, а также определение содержания растворенного кислорода (по Винклеру) в водных объектах г. Донецка.

Фитопланктон – это группа преимущественно одноклеточных водорослей, обитающих в толще воды и играющих ключевую роль в морских и пресноводных экосистемах, способная осуществлять процесс фотосинтеза.

Фитопланктонные сообщества представляют собой совокупность различных видов водорослей, которые обитают в толще воды и являются основой пищевой цепи и важным звеном в общем балансе биогеохимических процессов (основной производитель кислорода и органических веществ).

Некоторые из наиболее распространенных видов фитопланктона включают в себя диатомовые (*Diatomeae*), зеленые (*Chlorophyta*), синезеленые (*Cyanobacteria*) и золотистые (*Chrysophyceae*) водоросли. Каждый из этих представителей имеет свои уникальные характеристики и особенности, которые определяют их место в экосистеме [1, 2, 3].

Для того чтобы фитопланктонные сообщества могли успешно развиваться и выполнять свои функции, им необходимы определенные условия окружающей среды. К таким относятся достаточное количество света, питательных веществ и температура воды. Если эти условия не соответствуют требованиям фитопланктона, то его численность может уменьшиться, что может привести к негативным последствиям для всей экосистемы.

Определение численности фитопланктона играет важную роль так как данные водоросли являются важным компонентом водных экосистем и влияют на качество воды. Его численность позволяет оценить состояние водных ресурсов и определить необходимость принятия мер по их очистке или восстановлению; помогает контролировать состояние окружающей среды, поскольку его обилие может быть индикатором различных загрязнений, таких как азот и фосфор, которые могут вызывать «цветение» воды [4, 5].

В качестве индикатора экологического состояния фитопланктон может быть использован благодаря его чувствительности к изменениям в окружающей среде. Водоросли фитопланктона очень быстро реагируют на изменения следующих основных факторов среды [6, 7]:

1. Уровень освещенности: фитопланктон использует солнечный свет для осуществления фотосинтеза. Таким образом, количество фитопланктона в водоеме обычно увеличивается с глубиной и уменьшается с приближением к поверхности. Изменение интенсивности света может влиять на количество и разнообразие фитопланктона.

2. Температура: повышение температуры воды может привести к увеличению темпов роста и размножения фитопланктона, а также к изменению видового состава.

3. Соленость: фитопланктон обычно более разнообразен в морской воде, чем в пресной. Изменения солености могут влиять на видовой состав фитопланктона и его численность.

4. Биогенные элементы: фитопланктон нуждается в азоте (N), фосфоре (P) и других биогенных элементах для своего роста и развития. Загрязнение водоемов этими веществами может вызывать бурное развитие фитопланктона (эвтрофирование, ведущее к «цветению» воды).

5. Загрязнение: фитопланктон особенно чувствителен к загрязнению тяжелыми металлами, пестицидами и другими токсичными веществами. Отравление фитопланктона может приводить к сокращению его численности и изменению видового разнообразия.

Все эти факторы делают фитопланктон важным индикатором состояния водной экосистемы.

Кроме того, фитопланктон играет важную роль в процессе биологической очистки воды. Водоросли и бактерии, входящие в состав фитопланктона, способны разлагать органические загрязнители и снижать уровень токсичности воды. Это делает фитопланктон не только индикатором, но и активным участником процесса очистки водоемов.

Однако, использование фитопланктона как индикатора состояния водоемов имеет свои ограничения:

1) на результаты исследования могут влиять различные факторы, относящиеся к сезонным изменениям, а также наличие других организмов в водоеме;

2) некоторые виды фитопланктона могут быть токсичными для человека и других животных, что также необходимо учитывать при использовании этих организмов в качестве индикаторов.

Тем не менее, фитопланктон остается одним из наиболее доступных и информативных индикаторов состояния водных экосистем.

Таким образом, изучение состояния фитопланктона позволяет получить информацию о качестве воды, состоянии экосистемы и возможных экологических проблемах в водоеме. Оценка численности, разнообразия и чувствительности представленных водорослей к факторам среды позволяет использовать его как надежный индикатор экологического состояния водных объектов [8, 9].

Основная часть. Материалом работы послужили пробы фитопланктона, исследования которых проводили в период с 25 декабря по 20 января 2022 г. Источниками проб водорослей являлись Первый и Второй городские пруды, р. Кальмиус г. Донецка.

Отбор количественных проб фитопланктона проводили пластиковым контейнером (пластиковая бутылка) объемом 1 л для содержания и транспортировки жидкостей, погружая в воду и удерживая в зоне поверхностного слоя воды 0,2-0,5 м. С целью образования осадка водорослей, пробы в емкостях помещали в шкаф для недопущения воздействия лучей дневного света и оставляли на некоторое время. Идентификацию представителей фитопланктона проводили в лабораторных условиях с помощью светового микроскопа и камеры Горяева.

Содержание растворенного кислорода в отобранных пробах определяли и рассчитывали методом Винклера [10].

В результате исследований альгофлоры Первого и Второго городских прудов, р. Кальмиус г. Донецка в зимний период 2022 г. было идентифицировано 72 вида фитопланктона, принадлежащих к 5 отделам (*Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Charophyta*, *Cyanobacteria*, *Euglenophyta*), 8 классам, 26 семействам и 33 родам.

Доминирующим отделом с наибольшим количеством представителей является *Bacillariophyta*, насчитывающий 28 видов (38,9%).

Следующий по численности отдел *Chlorophyta*, включающий 26 представителей (36,1%).

Третий отдел по количеству идентифицированных видов *Charophyta*, насчитывающий 13 водорослей фитопланктона (18%).

Одними из самых малочисленных по числу представителей являются отделы *Cyanobacteria*, включающий 3 вида (4,2%) и *Euglenophyta*, насчитывающий 2 вида (2,8%).

Таблица 1 – Результаты исследований по содержанию растворенного кислорода и численности фитопланктона в водных объектах г. Донецка.

Содержание растворенного кислорода (по Винклеру)	
Исследуемый объект	Полученные результаты
Первый городской пруд	4,8 мг/дм ³
Второй городской пруд	5,4 мг/дм ³
Кальмиус	5,8 мг/дм ³
Норма по ГОСТу (58797)	4.5-6.5 мг/дм ³
Численность фитопланктона	
Первый городской пруд	32,24 тыс. особей/л
Второй городской пруд	39,13 тыс. особей/л
Кальмиус	45,67 тыс. особей/л

Выводы. По результатам проведенных исследований, в зимний период в Первом и Втором городских прудах, р. Кальмиус г. Донецка идентифицировано 72 представителя фитопланктона, принадлежащих к 5 отделам: *Bacillariophyta* (28), *Chlorophyta* (26), *Charophyta* (13), *Cyanobacteria* (3) и *Euglenophyta* (2), 8 классам, 26 семействам и 33 родам. Для альгофлоры рассматриваемых водоемов характерно преобладание диатомовых (*Bacillariophyta*) и зеленых (*Chlorophyta*) водорослей.

Зимний период не оказал существенного влияния на состав и численность сообществ фитопланктона, что может быть связано с особенностями климатических условий данного региона (отсутствие суровой зимы).

Исходя из полученных данных в табл. 1 следует вывод о том, что в исследуемых водных объектах г. Донецка содержание растворенного кислорода находится в пределах нормы (по ГОСТу (58797)) [11].

Численность фитопланктона в исследуемых водоемах имеет следующие значения: Первый городской пруд 32,24 тыс. особей, Второй городской пруд 39,13 тыс. особей, р.

Кальмиус 45,67 тыс. особей. Исходя из представленных данных р. Кальмиус занимает доминирующее положение по численности водорослей фитопланктона в данное время года.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ государственной регистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зилов Е.А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем) : учеб. пособие. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – 147 с.
2. Макуха А.О., Мирненко Э. И. Фитопланктон как индикатор экологических условий в прудах г. Донецка // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. докл. XII Междунар. конф. – ДОННТУ, ДонНУ. – Донецк: ГОУ ВПО «ДОННТУ», 2018. – С. 189-192.
3. Мирненко Э.И. Особенности «цветения» водоемов в городе Донецке / Э.И. Мирненко. – Germany : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 93 с.
4. Структура и продукционный потенциал летнего фитопланктона озера Байкал в современный период / Н.А. Бондаренко, И.И. Русанов, С.М. Черницына [и др.] ; Водные ресурсы, Т. 49, № 1, 2022. – С. 66-76.
5. Мирненко, Э. И. Особенности развития фитопланктона Старобешевского водохранилища / Э. И. Мирненко // Экология родного края: проблемы и пути их решения : Материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров, 24–25 апреля 2023 года. Том Книга 1 Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 208-211.
6. Мирненко, Э. И. Особенности развития фитопланктона Старобешевского водохранилища / Э. И. Мирненко // Экология родного края: проблемы и пути их решения : Материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров, 24–25 апреля 2023 года. Том Книга 1. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 208-211.
7. Mirnenko, E. I. Taxonomic diversity of phytoplankton of the Kalmius River and its reservoirs / E. I. Mirnenko // Ecosystem Transformation. – 2022. – Vol. 5, No. 2(16). – P. 3-13. – DOI 10.23859/estr-220204.
8. Мирненко, Э. И. Минерализация водных экосистем как фактор трансформации комплексов фитопланктона прудов г. Донецка / Э. И. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2021. – № 3-4. – С. 30-35.
9. Гнатюк, И. А. Зеленые водоросли (Chlorophyta) в прудах Г. Донецка / И. А. Гнатюк, А. С. Ищенко, Э. И. Мирненко // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сборник материалов XV Международной конференции аспирантов и обучающихся : посвящается 100-летию Донецкого национального технического университета 95-летию Заповедника «Хомутовская степь», Донецк, 13–15 апреля 2021 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 218-219.
10. Лабораторный практикум по курсу «Гидробиология» (для студентов дневного отделения) / Борисюк М.В., Мирненко Э.И., Мирненко Н.С. – Донецк: ГОУ ВПО ДонНУ, 2017. – 35 с.
11. Национальный стандарт РФ ГОСТ 58797-2020 «Вода питьевая, расфасованная в емкости. Определение массовой концентрации растворенного кислорода. Методика измерений» (утв. и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 января 2020 г. N 8-ст).

PHYTOPLANKTON AS AN INDICATOR OF THE ECOLOGICAL STATE OF DONETSK WATER BODIES

Annotation. This article examines phytoplankton communities as inhabitants of the hydrosphere and indicators of the ecological state of water bodies, their species composition is established and their abundance is calculated, and the dissolved oxygen content (according to Winkler) in the reservoirs of Donetsk is determined.

Keywords: hydrobiology, algoflora, phytoplankton, hydraulic system, Donetsk.

Angelsky R.A.

Scientific supervisor: Mirnenko E.I. Senior lecturer

Donetsk State University

E-mail: facelessvillain@mail.ru

УДК 577.3

ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОДА МАКЕЕВКИ, ДНР

Аникина Е.А.

*Научный руководитель: Корниенко В.О., канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: В данной работе исследовано видовое разнообразие и жизнеспособность древесных растений произрастающих в условиях зашумления города Макеевка. В первом ряду жизнеспособность большинства растений тополя итальянского в возрасте 45 лет оценена 3-4 баллами, это ослабленные или сильно поврежденные растения. В условиях сниженной зашумленности деревья каштана конского обыкновенного и молодые деревья березы повислой находились в хорошем состоянии без признаков повреждения (1-2 балла).

Ключевые слова: вибрация, зашумление, антропогенная нагрузка, древесные растения, жизнеспособность.

Введение. Согласно мониторинговым исследованиям, ученые определили, что город Донецк, по совокупности экотопов, обязательно должен рассматриваться как техногенно трансформированная среда и своего рода экспериментальная площадка для реализации программы ингредиентного биомониторинга [1-7]. В рамках функционирования биологических научных школ Донецкого государственного университета, молодые ученые работают над вопросами диагностики природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса по следующим направлениям:

– оценка состояния поверхностных вод современными инструментальными методами, биоразнообразия водорослей искусственных водохранилищ, а также степени воздействия промышленных предприятий на водные ресурсы методами биоиндикации и установление современного состояния водного баланса рек [2, 8, 9, 10];

– биомониторинг с использованием мохообразных и лишайников в условиях геохимически контрастной среды [1, 5-7];

– изучение устойчивости древесных растений в условиях антропогенных воздействий и природно-климатических факторов [3, 4, 11-20];

– получение новых результатов по биоразнообразию фауны: инвентаризация, ареалы, описание образа жизни [21, 22].

В связи с вышесказанным, тема работы является актуальной и направлена на исследование влияния вибрационно-акустического зашумления на жизнеспособность древесных растений города Макеевки.

Задачи:

1. Оценить уровень интенсивности и вибрационно-акустического зашумления в городе Макеевка, на примере улицы Центральной, пгт Нижняя – Крынка.

2. Оценить состояние древесных растений на основе физиологических и морфологических показателей в условиях зашумления, на территории исследования.

Материалы и методы. Исследование вибрационно – акустического шума проводилось вдоль улицы Центральной, пгт Нижняя – Крынка, г. Макеевки (рис. 1). В ходе исследования оценивалась интенсивность движения транспорта, звукового давления и состояние деревьев. Измерения проводились в десяти точках, вблизи автотрассы (0,5 м) и в первом ряду деревьев (2,5 м) с учётом ГОСТ 20444 – 85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики».



Рис. 1 – Территория проведения исследований по улице Центральная, пгт Нижняя – Крынка, города Makeevki

Вибрационно-акустический шум регистрировали с помощью откалиброванного шумомера (рис. 2).



Рис. 2 – Внешний вид работающего приложения «Шумомер»

Измерения уровня шума проводили на двух участках в десяти точках. Измерение шума производилось: а) возле бордюра; б) в 1 ряду зеленых насаждений на расстоянии 3 – 4 м от дороги в будние дни с 8⁰⁰ до 18⁰⁰.

Интенсивность транспортного потока на улице Центральная оценивали по количеству единиц автотранспорта определенного типа, проезжающих мимо точки измерения за единицу времени по ГОСТ 20444-85. Жизнеспособность древесных растений оценивали с помощью интегральной общепринятой шкалы Алексева.

Результаты исследований и их обсуждение. Интенсивность транспортного потока имела значения, в среднем не превышающие 400 ед./час на всех участках, что

соответствует уровню антропогенного загрязнения ниже среднего (табл. 1). Большую долю из общего потока составляют легковые автомобили иностранного производства (75%).

Таблица 1 – Интенсивность движения автотранспорта по ул. Центральная, г. Макеевка

Промежуток времени 9 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	Вид транспорта						Сумма
	Грузовой		Пассажирский				
	Легкий (газель)	Тяжелый (фура)	Легковой			Муниципальный транспорт	
			1	2	3		
Участок 1	13	2	290	27	42	3	377
Участок 2	20	1	304	33	51	2	411
Среднее	17	2	297	30	47	3	394

Примечания: 1 – иномарки легковые; 2 – легковые автомобили отечественного производства; 3 – внедорожники

От интенсивности транспортного потока зависит и вибрационно-акустическое зашумление территории. Исследования показали, что по улице Центральной города Макеевки возле автомагистрали средние значения звукового давления располагаются в при 62±2 дБА (табл. 2).

Таблица 2 – Значения акустического шума на исследуемых участках № 1 и № 2 по улице Центральная, дБА

Территория исследований	Возле дороги (бордюр)			1 ряд деревьев*		
	max	min	Ср.знач.	max	min	Ср.знач.
Участок № 1						
Точка 1	70,7	52,5	61,6	67,3	48,6	57,9
Точка 2	72,5	54,5	63,5	65,2	52,3	58,7
Точка 3	72,2	50,0	61,1	63,5	42,8	53,1
Точка 4	71,5	48,9	60,2	62,3	39,7	51,0
Точка 5	71,9	53,0	62,4	67,5	41,8	54,7
Участок № 2						
Точка 6	72,6	48,1	60,3	70,5	52,2	61,4
Точка 7	73,4	49,8	61,6	65,6	45,9	55,8
Точка 8	73,8	49,1	61,4	66,4	42,3	54,4
Точка 9	78,1	54,8	66,4	69,5	44,3	56,9
Точка 10	75,8	55,3	65,5	69,4	44,0	56,7
<i>Среднее</i>	<i>73±2</i>	<i>52±23</i>	<i>62±2</i>	<i>67±3</i>	<i>45±4</i>	<i>56±3</i>

Примечания: Участок № 1 – Левая сторона, Участок № 2 – Правая сторона улицы Центральная.

Также оценили амплитудно-частотные спектры зашумления территории от различных видов автотранспорта (рис. 3). Установили, что среднее максимальное значение возле автомагистрали составляет 73 ± 2 дБА, а максимумы возле зеленых насаждений – 67 ± 3 дБА (рис. 3).

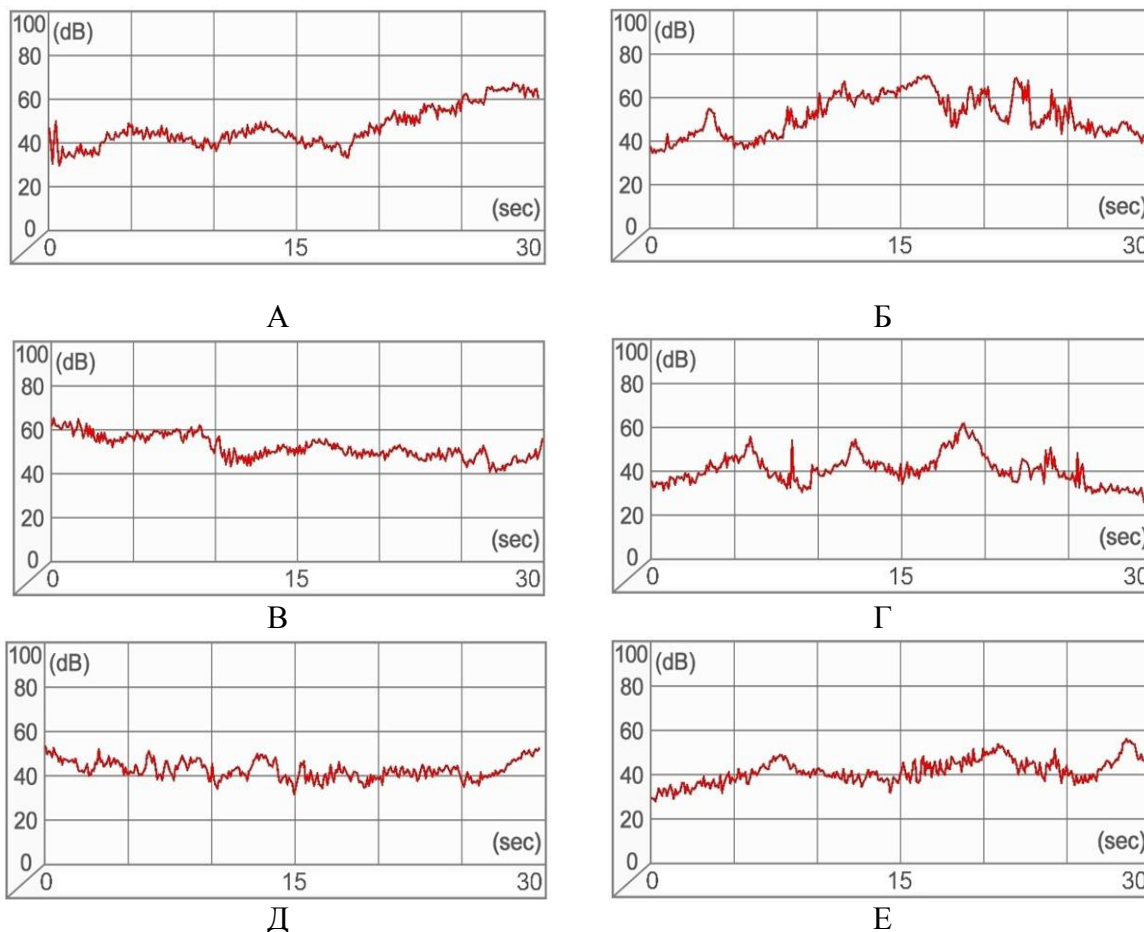


Рис. 3 – Амплитудно-частотные спектры зашумления территории от различных видов автотранспорта, в 1 ряду зеленых насаждений на расстоянии 2,5 м от дороги по улице Центральна, пгт Нижняя – Крынка, г. Макеевки

Обозначения: А – участок № 1, точка 1 (газель); Б – участок № 2, точка 6 (газель); В – участок № 1, точка 2 (легковой автомобиль отечественного производства); Г – участок № 2, точка 7 (легковой автомобиль отечественного производства); Д – участок № 1, точка 3 (внедорожник); Е – участок № 2, точка 8 (внедорожник).

В результате проведения мониторинговых исследований по оценке древесных растений учитывали также дефекты ствола и кроны: изменение архитектоники кроны с учетом суховершинности и т.д.; наличие грибковых болезней; не заросшие морозобоины, через которые могут проникать вредители; дупла, стволовая расширенная гниль, полости ствола; раковые наросты; механические повреждения коры, отслоение коры.

Для деревьев тополя итальянского в возрасте 45 лет были характерны морозобоины, асимметрия кроны (20 – 25 %), нарушение целостности ствола – дупла, внутренняя гниль. Состояние деревьев оценено как ослабленное и сильно поврежденное

(3-4 балла). Было отмечено снижение густоты кроны на 30 – 60%, повреждение и отслоение коры (рис. 4).

У каштана конского обыкновенного не было выявлено внешних повреждений кроны и ствола. Отмирающие ветви единичны. Состояние деревьев было оценено как здоровое (2 балла). Для березы повислой, так же не было выявлено внешних повреждений кроны и ствола. Отмирающих ветвей нет. Состояние деревьев было оценено как здоровое (1 балл).



А



Б

Рис. 4 – Основные нарушения ствола и кроны для деревьев тополя итальянского в возрасте 45 лет, произрастающих в условиях города Макеевка

Примечания: А – нарушения ствола: внутренняя гниль, отслоение коры; Б – нарушения кроны: суховершинность, сухобочинность.

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что на исследованной территории, со средним уровнем зашумления, наиболее сильно повреждены деревья тополя итальянского в виду достижения критического возраста, характерного для

Донбасса, а наименьше – деревья каштана конского обыкновенного и молодые деревья березы повислой.

Выводы

1. В результате проведенных исследований установили, что средний уровень интенсивности транспортного потока на выбранной территории не превышает 400 ед./час на всех участках, что соответствует уровню антропогенного загрязнения ниже среднего. Большую долю из общего потока составляют легковые автомобили иностранного производства (75%).

2. Исследования вибрационно-акустического шума показали, что по улице Центральная г. Макеевки возле автомагистрали средние значения звукового давления составляют в 62 ± 2 дБА. Также оценили амплитудно-частотные спектры зашумления территории от различных видов автотранспорта. Установили, что среднее максимальное значение возле автомагистрали составляет 73 ± 2 дБА, а максимумы возле зеленых насаждений – 67 ± 3 дБА.

3. В первом ряду жизнеспособность большинства растений тополя итальянского в возрасте 45 лет оценена 3-4 баллами, это ослабленные или сильно поврежденные растения. В условиях сниженной зашумленности деревья каштана конского обыкновенного и молодые деревья березы повислой находились в хорошем состоянии без признаков повреждения (1-2 балла).

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ государственной регистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алемасова А.С., Сафонов А.И. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. – 2022. – Т. 26. – №6. – С. 5-13. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13
2. Беспалова С.В., Романчук С.М., Чуфицкий С.В., Перебейнос В.В., Готин Б.А. Флуориметрический анализ влияния шламовых загрязнителей на фитопланктон // Биофизика. – 2020. – Т. 65. № 5. – С. 994-1002. DOI: 10.31857/S0006302920050178
3. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка: монография / В.О. Корниенко, В.Н. Калаев. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. – 109 с. ISBN: 978-5-9273-3220-5; EDN: HCFNFD
4. Корниенко В.О., Хархота Л.В. Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка // Самарский научный вестник. - 2023. - Т. 12. - №2. - С. 46-51. DOI: 10.55355/snv2023122107
5. Сафонов А.И., Алемасова А.С., Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Юшин Н.С., Кравцова А.В., Чалигава О. Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса // Геохимия. – 2023. – Т. 68. – №10. – С. 1032-1044. DOI: 10.31857/S0016752523100114
6. Сафонов А. И. Новые виды растений в экологическом мониторинге Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2020. – № 1. – С. 96–100. EDN: QKKMHN
7. Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Сафонов А.И., Юшин Н.С., Чалигава О., Кравцова А.В. *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
8. Мирненко Э.И. Диатомовый анализ водохранилищ, расположенных на р. Кальмиус // Самарский научный вестник. 2023. – Т. 12. – № 1. – С. 82-86. DOI: 10.55355/snv2023121112
9. Беспалова С.В., Чуфицкий С.В., Романчук С.М., Кривякин А.С. Биомониторинг поверхностных вод в условиях антропогенной нагрузки на примере реки Кальмиус // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2018. – № 3-4. – С. 137-145. EDN: VSNTJC

10. 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
11. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность деревьев березы повислой в г. Донецке // Лесоведение. – 2022. – №3. – С. 321-334. DOI: 10.31857/S0024114822020073
12. Корниенко В. О. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – № 134. – С. 93-100. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-93-100
13. Netsvetov M., Sergeyev M., Nikulina V., Korniyenko V., Prokopuk Yu. The climate to growth relationships of pedunculate oak in steppe // Dendrochronologia. – 2017. – Т. 44. – С. 31-38. DOI: 10.1016/j.dendro.2017.03.004
14. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Механическая устойчивость древесных пород и рекомендации по предотвращению их аварийности в городских насаждениях: монография / В.О. Корниенко, В.Н. Калаев. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2018. – 92 с. ISBN: 978-5-905181-21-4; EDN: XUYBFR
15. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. – 2022. – №12 (175). – С. 166-170. EDN: JJZVTE
16. Кольченко О. Р., Корниенко В. О. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2019. – №3-4. – С. 151-162. EDN: PAUIGC
17. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2022. – №11/2. – С. 28-34. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.11-2.13
18. Корниенко В. О., Приходько С. А., Яицкий А. С. Оценка жизненного состояния древесных насаждений в условиях урбанизированной среды // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2020. – № 03/2. – С. 14-19. EDN: GWBRPR
19. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Экологическое значение биомеханических свойств древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2018. – № 1. – С. 97-103. EDN: UORZMG
20. Корниенко В. О., Калаев В. Н., Елизаров А. О. Влияние температуры на биомеханические свойства древесных растений в условиях закрытого и открытого грунта // Сибирский лесной журнал. – 2018. – №6 – 91-102. DOI: 10.15372/SJFS20180608
21. Прокопенко Е.В. Пауки (Aranei) мезофитного луга в зоне влияния высоковольтной линии электропередачи // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2016. – № 4. – С. 110-115. EDN: YOBUFN
22. Прокопенко Е.В. Самая северная находка *Oecobius rhodiensis* Kritscher, 1966 (Aranei: oecobiidae) // Кавказский энтомологический бюллетень. – 2021. – Т. 17. – № 2. – С. 333-335. DOI: 10.23885/181433262021172-333335

VIABILITY OF WOODY PLANTS OF THE CITY OF MAKEYEVKA, DPR

Annotation. In this work, the species diversity and viability of woody plants growing in the noisy conditions of the city of Makeyevka are investigated. In the first row, the viability of most Italian poplar plants at the age of 45 was estimated at 3-4 points, these are weakened or severely damaged plants. In conditions of reduced noise, the trees of the horse chestnut and young birch trees were in good condition without signs of damage (1-2 points).

Keywords: vibration, noise, anthropogenic load, woody plants, viability.

Anikina E.A.

Scientific director: Korniyenko V.O., PhD in Biological sciences, Associate Professor
Donetsk state university
E-mail: elizavetaalexandrovna2505@yandex.ru

УДК 577.3

ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОДА ГОРЛОВКИ, ДНР

Антропова Л.П.

*Научный руководитель: Корниенко В.О., канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: В данной работе исследовано видовое разнообразие и жизнеспособность древесных растений произрастающих в условиях зашумления города Горловки. Средний уровень интенсивности транспортного потока на выбранной территории не превышает 500 ед./час на всех участках, что соответствует уровню антропогенного загрязнения ниже среднего. Средние значения звукового давления составляют в 60 ± 7 дБА. Значения лежат в пределах допустимого уровня. В первом ряду жизнеспособность большинства растений оценена как высокая, т.е. деревья находились в хорошем и отличном состоянии. В условиях сниженной зашумленности деревья, особенно хвойные, чувствуют себя отлично и находятся в здоровом, не поврежденном состоянии даже в возрасте 30-45 лет.

Ключевые слова: вибрация, зашумление, антропогенная нагрузка, древесные растения, жизнеспособность.

Введение. Мониторинговые исследования по оценке техногенно-трансформированных экосистем Донбасса являются актуальными и ведутся учеными постоянно, несмотря на новые вызовы и современные реалии обстановки [1-15]. Основными направлениями деятельности ученых Донецкого государственного университета за последние 10 лет являются:

- ингредиентный биомониторинг с использованием бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды [7, 9, 14, 15];
- оценка состояния поверхностных вод современными инструментальными методами, а также биоразнообразия водорослей искусственных водохранилищ [1, 4, 16];
- исследование степени воздействия промышленных предприятий на водные ресурсы методами биоиндикации и установление современного состояния водного баланса рек [4, 17];
- получение новых результатов по разнообразию животных: инвентаризация, ареалы, описание образа жизни [18, 19];
- изучение устойчивости древесных растений в условиях природно-климатических и антропогенных воздействий [3, 5, 6, 8, 10-13, 20, 21].

Цель настоящей работы – исследование влияния вибрационно-акустического зашумления на жизнеспособность древесных растений города Горловки.

Задачи:

1. Оценить уровень интенсивности и вибрационно-акустического зашумления в городе Торезе, на примере улицы Болотникова.
2. Оценить состояние древесных растений на основе физиологических и морфологических показателей в условиях зашумления, на территории исследования.

Материалы и методы. Мониторинговые исследования проводились в городе Горловке, вдоль улицы Болотникова (рис. 1). Исследуемая территория, на которой проводили исследования, была разделена на 2 участка: А и Б. Каждый из участков был разбит на 5 точек соответственно.

Вибрационно-акустический шум регистрировали с помощью откалиброванного шумометра (рис. 2). Измерения уровня шума проводили в десяти точках, расположенным на двух участках – А и Б. Исследования проводились с учётом ГОСТ 20444-85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики». Измерение шума производилось вблизи автотрассы (0,5 м) и в первом ряду древесных растений.



Рис. 1 – Территория проведения исследований вдоль автомагистрали по улице Болотникова, г. Горловки

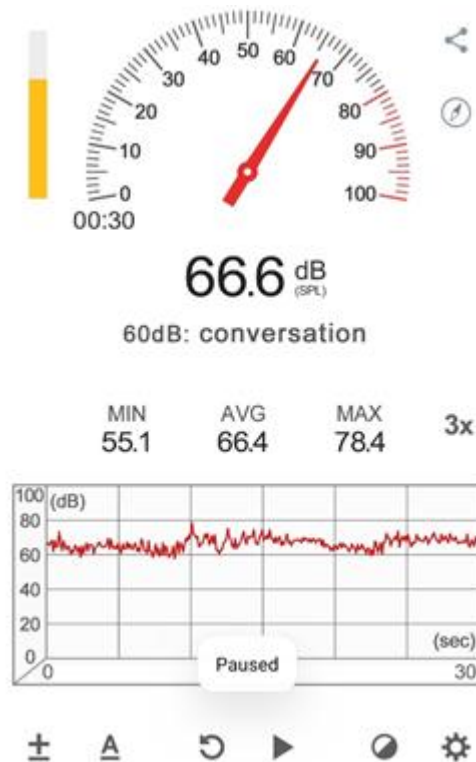


Рис. 2 – Внешний вид работающего приложения «Шумомер»

Интенсивность транспортного потока на улице Болотникова оценивали по

количеству единиц автотранспорта определенного типа, проезжающих мимо точки измерения за единицу времени по ГОСТ 20444-85. Жизнеспособность древесных растений оценивали с помощью интегральной общепринятой шкалы Савельевой. В ходе исследования было оценено более 100 древесных растений.

Результаты исследований и их обсуждение. Интенсивность транспортного потока имела значения, в среднем не превышающие 500 ед./час на всех участках, что соответствует уровню антропогенного загрязнения ниже среднего (табл. 1). Большую долю (57%) из общего потока составляют легковые автомобили иностранного производства.

Таблица 1 – Интенсивность движения автотранспорта по ул. Болотникова

Промежуток времени 9 ⁰⁰ –18 ⁰⁰	Вид транспорта						Сумма
	Грузовой		Пассажирский				
	Легкий (газель)	Тяжелый (фура)	Легковой			Муниципальный транспорт (автобусы № 2, № 29-Б)	
			1	2	3		
Участок А	16	4	240	126	24	7	417
Участок Б	14	6	310	187	27	7	551
Среднее	15	5	275	157	25	7	484

Примечания: 1 – иномарки легковые; 2 – легковые автомобили отечественного производства; 3 – внедорожники

От интенсивности транспортного потока зависит и вибрационно-акустическое зашумление территории. Исследования показали, что по улице Болотникова города Горловки возле автомагистрали средние значения звукового давления располагаются в при 60±7 дБА (табл. 2).

Таблица 2 – Значения акустического шума на исследуемых участках А и Б улицы Болотника г. Горловки

Территория исследований	Возле дороги (бордюр, 0,5 м)			1 ряд деревьев (2 м от дороги)		
	max	min	Ср.знач.	max	min	Ср.знач.
Участок А (точка 1)	73,2	49,9	51,5	69,9	44,9	46,3
Участок А (точка 2)	72,6	45,1	56,0	70,8	41	56,0
Участок А (точка 3)	80,1	56,3	69,8	78,3	45,3	54,0
Участок А (точка 4)	78,7	56,4	68,9	75,5	54,1	66,7
Участок А (точка 5)	80,4	59,5	70,5	78,1	50,6	61,7
Участок Б (точка 6)	73,1	45,3	53,5	69,8	43,8	52,8
Участок Б (точка 7)	75,5	45,5	56,5	71,0	51,6	60,5
Участок Б (точка 8)	77,5	44,9	58,7	71,1	46	56,8
Участок Б (точка 9)	75,0	42,8	56,4	71,7	48,1	49,0
Участок Б (точка 10)	78,3	51,8	62,5	75,1	47,1	55,9
<i>Среднее</i>	<i>76±3</i>	<i>50±6</i>	<i>60±7</i>	<i>73±3</i>	<i>47±4</i>	<i>56±6</i>

Примечания: Участок А – правая сторона ул. Болотникова, Участок Б – левая сторона ул. Болотникова

Также оценили амплитудно-частотные спектры зашумления территории от различных видов автотранспорта (рис. 3). Установили, что среднее максимальное значение возле автомагистрали составляет 76 ± 3 дБА, а максимумы возле зеленых насаждений – 73 ± 3 дБА (рис. 3).

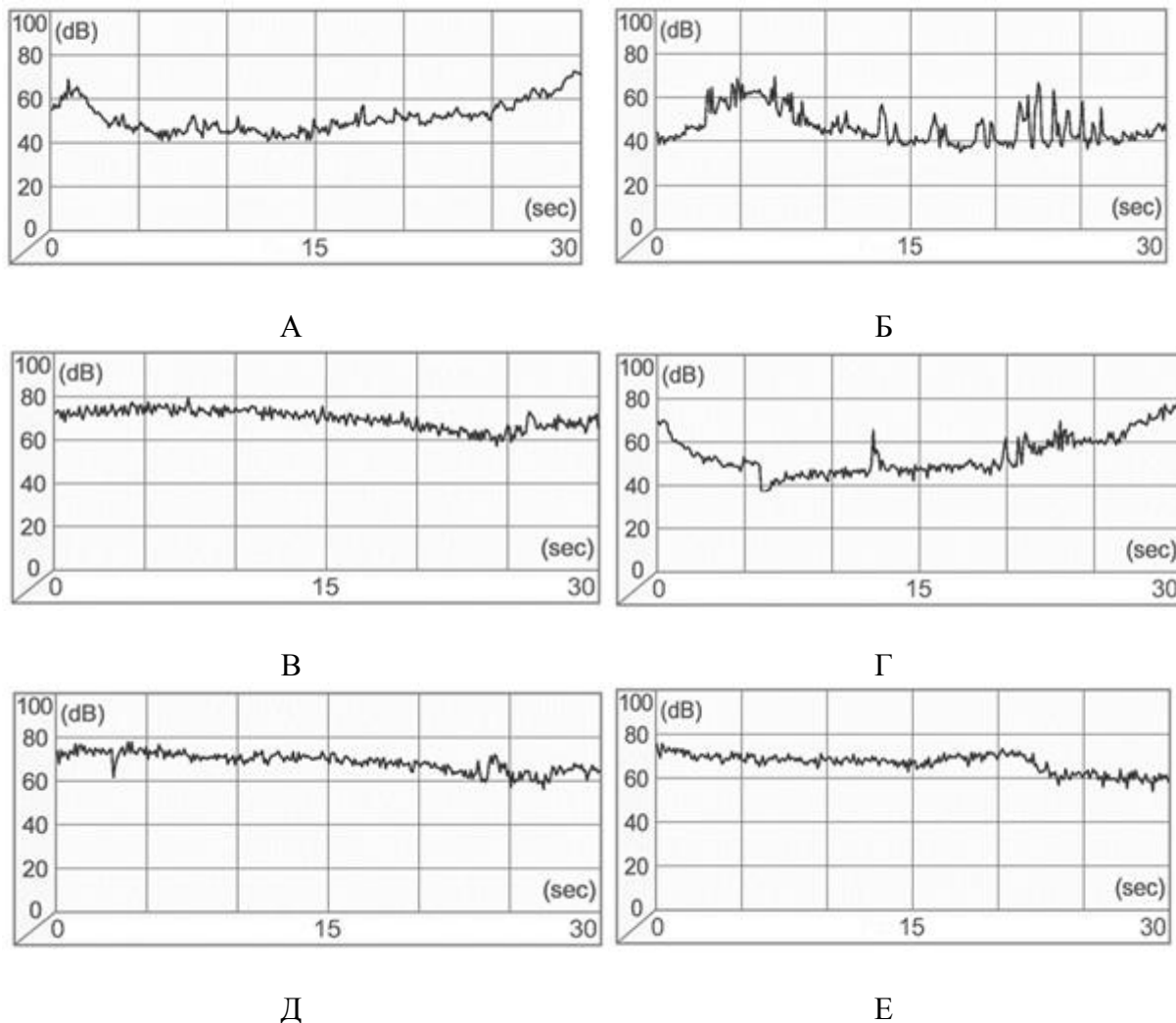


Рис. 3 – Амплитудно-частотные спектры зашумления территории от различных видов автотранспорта, города Горловки

Обозначения: А – участок А, точка замера 1-бордюр (газель); Б – участок А, точка замера 1–2 м от дороги (газель); В – участок А, точка замера 3–бордюр (легковой автомобиль отечественного производства); Г – участок А, точка замера 3–2 м от дороги (легковой автомобиль отечественного производства); Д – участок А, точка замера 4–бордюр (внедорожник); Е – участок А, точка замера 4–2 м от дороги (внедорожник).

В первом ряду представленность древесных растений имела следующее распределение: Ель колючая – 33 %; Абрикос обыкновенный – 11%; Берёза повислая – 9%; Ясень пенсильванский – 9%; Рябина шведская – 8%; Робиния псевдоакация – 6%; Липа мелколистная – 5%; Гледичия трёхколючковая – 3%; Ива плакучая – 3%; Грецкий орех – 2%; Клён ясенелистный – 2%; Конский каштан обыкновенный – 2%; Рябина

обыкновенная – 2%; Слива домашняя – 2%; Тополь серебристый – 2%; Черёмуха обыкновенная – 2%; Ясень обыкновенный – 2.

Жизнеспособность большинства растений оценена как высокая, т.е. деревья находились в хорошем и отличном состоянии (6-8 баллов). В условиях сниженной зашумленности деревья, особенно хвойные, чувствуют себя отлично и находятся в здоровом, не поврежденном состоянии даже в возрасте 30-45 лет. Так состояние ели колючей оценено в среднем 7 ± 1 балл – здоровые деревья, редко ослабленные.



Рис. 4 – Хвойные деревья, произрастающие в условиях города Горловка

Выводы

1. В результате проведенных исследований установили, что средний уровень интенсивности транспортного потока на выбранной территории не превышает 500 ед./час на всех участках, что соответствует уровню антропогенного загрязнения ниже среднего.

2. Исследования вибрационно-акустического шума показали, что по улице Болотника г. Горловки возле автомагистрали средние значения звукового давления составляют в 60 ± 7 дБА. Значения лежат в пределах ПДУ.

3. В первом ряду жизнеспособность большинства растений оценена как высокая, т.е. деревья находились в хорошем и отличном состоянии (6-8 баллов). В условиях сниженной зашумленности деревья, особенно хвойные, чувствуют себя отлично и находятся в здоровом, не поврежденном состоянии даже в возрасте 30-45 лет. Так состояние ели колючей оценено в среднем 7 ± 1 балл – здоровые деревья, редко ослабленные.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ государственной регистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалова С.В., Романчук С.М., Чуфицкий С.В., Перебейнос В.В., Готин Б.А. Флуориметрический анализ влияния шламовых загрязнителей на фитопланктон // Биофизика. – 2020. – Т. 65. № 5. – С. 994-1002. DOI: 10.31857/S0006302920050178
2. Корниенко В.О., Хархота Л.В. Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка // Самарский научный вестник. - 2023. - Т. 12. - №2. - С. 46-51. DOI: 10.55355/snvt2023122107
3. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность деревьев березы повислой в г. Донецке // Лесоведение. – 2022. – №3. – С. 321-334. DOI: 10.31857/S0024114822020073
4. Мирненко Э.И. Диатомовый анализ водохранилищ, расположенных на р. Кальмиус // Самарский научный вестник. 2023. – Т. 12. – № 1. – С. 82-86. DOI: 10.55355/snvt2023121112
5. Корниенко В. О. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – № 134. – С. 93-100. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-93-100
6. Netsvetov M., Sergeyev M., Nikulina V., Korniyenko V., Prokopuk Yu. The climate to growth relationships of pedunculate oak in steppe // Dendrochronologia. – 2017. – Т. 44. – С. 31-38. DOI: 10.1016/j.dendro.2017.03.004
7. Сафонов А. И. Новые виды растений в экологическом мониторинге Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2020. – № 1. – С. 96–100. EDN: QKKMHN
8. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка: монография / В.О. Корниенко, В.Н. Калаев. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. – 109 с. ISBN: 978-5-9273-3220-5; EDN: HCFNFD
9. Сафонов А.И., Алемасова А.С., Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Юшин Н.С., Кравцова А.В., Чалигава О. Морфогенетические аномалии бриобрионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса // Геохимия. – 2023. – Т. 68. – №10. – С. 1032-1044. DOI: 10.31857/S0016752523100114
10. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. – 2022. – №12 (175). – С. 166-170. EDN: JJZVTE
11. Кольченко О. Р., Корниенко В. О. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2019. – №3-4. – С. 151-162. EDN: PAUIGC
12. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2022. – №11/2. – С. 28-34. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.11-2.13
13. Корниенко В. О., Приходько С. А., Яицкий А. С. Оценка жизненного состояния древесных насаждений в условиях урбанизированной среды // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2020. – № 03/2. – С. 14-19. EDN: GWBRPR
14. Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Сафонов А.И., Юшин Н.С., Чалигава О., Кравцова А.В. *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
15. Алемасова А.С., Сафонов А.И. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. – 2022. – Т. 26. – №6. – С. 5-13. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13

16. Беспалова С.В., Чуфицкий С.В., Романчук С.М., Кривякин А.С. Биомониторинг поверхностных вод в условиях антропогенной нагрузки на примере реки Кальмиус // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2018. – № 3-4. – С. 137-145. EDN: VSNTJC
17. 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
18. Прокопенко Е.В. Пауки (Aranei) мезофитного луга в зоне влияния высоковольтной линии электропередачи // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2016. – № 4. – С. 110-115. EDN: YOBUN
19. Прокопенко Е.В. Самая северная находка *Oecobius rhodiensis* Kritscher, 1966 (Aranei: oecobiidae) // Кавказский энтомологический бюллетень. – 2021. – Т. 17. – № 2. – С. 333-335. DOI: 10.23885/181433262021172-333335
20. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Экологическое значение биомеханических свойств древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. – 2018. – № 1. – С. 97-103. EDN: UORZMG
21. Корниенко В. О., Калаев В. Н., Елизаров А. О. Влияние температуры на биомеханические свойства древесных растений в условиях закрытого и открытого грунта // Сибирский лесной журнал. – 2018. – №6 – 91-102. DOI: 10.15372/SJFS20180608

VIABILITY OF WOODY PLANTS IN GORLOVKA, DPR

Annotation. In this work, the species diversity and viability of woody plants growing in the noisy conditions of the city of Gorlovka are investigated. The average level of traffic intensity in the selected area does not exceed 500 units/hour in all sections, which corresponds to a lower-than-average level of anthropogenic pollution. The average sound pressure values are 60 ± 7 dBA. The values are within the acceptable level. In the first row, the viability of most plants was assessed as high, i.e. the trees were in good and excellent condition. In conditions of reduced noise, trees, especially conifers, feel great and are in a healthy, undamaged condition even at the age of 30-45 years.

Keywords: vibration, noise, anthropogenic load, woody plants, viability.

Antropova L.P.

Scientific director: Kornienko V.O., PhD in Biological sciences, Associate Professor
Donetsk state university
E-mail: antropovalilya@yandex.ru

УДК 577.0

ВОЗДЕЙСТВИЕ ИОНОВ МЕДИ НА ФЛУОРЕСЦЕНЦИЮ КЛЕТОК ФИТОПЛАНКТОНА *CHLORELLA SOROKINIANA*

Антропова Л.П.

*Научный руководитель: Чуфицкий С.В., старший преподаватель
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования изменения параметров флуоресценции клеток пресноводного фитопланктона *Chlorella sorokiniana*, а также изменения содержания фотопигмента в данной культуре под воздействием различных концентраций ионов меди. Показано, что при воздействии концентрации меди 5 мг/л снижалась эффективность функционирования фотосистемы II и содержание хлорофилла на 22% после 4 минут экспозиции. Концентрации меди от 2 до 4 мг/л имели схожие изменения и снижали содержание хлорофилла на 15-20% спустя 60 минут.

Ключевые слова: флуоресценция, медь, фитопланктон, *Chlorella sorokiniana*.

Введение. Водные экосистемы особенно восприимчивы к накоплению загрязняющих веществ. Из-за развития промышленного производства в пресноводные экосистемы сбрасываются большие количества соединений металлов, и за последнее столетие их уровни значительно возросли во всем мире [1]. Тяжёлые металлы в большом количестве попадают в окружающую среду в результате промышленной и сельскохозяйственной деятельности, а затем переносятся в пищевую цепь и в конечном итоге могут оказывать значительное токсическое воздействие на организмы, вызывая экологические нарушения. В отличие от сложных органических загрязнителей, соединения металлов не могут разлагаться микроорганизмами; напротив, они могут накапливаться организмами, а также принимать участие в процессе биоаккумуляции по всей пищевой цепи, тем самым угрожая здоровью человека. Поэтому соединения металлов являются одними из самых стойких загрязнителей в водной среде [2].

С конца прошлого века медь широко используется в качестве фунгицида в сельскохозяйственной практике, а также на различных промышленных предприятиях. В начале 20-го века, было замечено, что медь стимулирует развитие растений. Позже стало очевидно, что медь является одним из важнейших микроэлементов как для водорослей, так и для высших растений. Исследования, проведенные в 1920-х годах, показали, что Cu^{2+} влияет на многочисленные физиологические функции растений [3]. Она играет роль в дыхании как составляющая окислительно-восстановительных компонентов цепи переноса электронов, в белковом и углеводном обмене, биосинтезе хлорофилла, посредством метаболизма полифенолов влияет на одревеснение клеточных стенок и, таким образом, на водный баланс в растениях. Однако, медь является чрезвычайно токсичным элементом для человека, животных и растений. В организме растений воздействие меди препятствует усвоению, транспортировке и использованию различных макро- и микроэлементов, вызывает различные симптомы фитотоксичности, например, хлороз, уменьшение биомассы и, наконец, гибель [4].

В водных экосистемах фитопланктон является первичным продуцентом, который обеспечивает кислородом и органическими веществами другие формы жизни. В последние годы водоросли широко используются при оценке экологического риска и степени воздействия загрязнений металлами, гербицидами и другими ксенобиотиками, а также влияния данных загрязнителей на биодоступность водных систем [5]. Как следствие, возникает необходимость поиска индикаторных организмов, которые позволят на ранних этапах загрязнения обнаруживать токсиканты, попавшие в водную среду.

Так, *Chlorella* является одной из наиболее изученных одноклеточных водорослей, и она часто используется в качестве модельного организма для изучения влияния различных факторов, включая тяжелые металлы, на фитопланктон. Это связано с тем, что хлорелла обладает чувствительностью к воздействию тяжелых металлов, кроме того, данный тест-объект характеризуется высокой скоростью роста, широким распространением в различных водных экосистемах [6].

Значение меди в метаболизме клеток *Chlorella* впервые было описано Green L.F. и соавт. [7] в их исследовании, направленном на изучение угнетающих действий хелатообразующих агентов меди на рост, дыхание и фотосинтез водоросли *Chlorella pyrenoidosa*. Кроме хлореллы в литературных источниках приводятся примеры воздействия ионов меди также на другие виды водорослей. Так, в опыте Connan S. и соавт. [8] исследовалось влияние ионов Cu^{2+} на бурые водоросли *Ascophyllum nodosum* и *Fucus vesiculosus*. Было выявлено, что повышенная концентрация меди отрицательно влияла на фотосинтетическую активность *A. nodosum* и *F. vesiculosus*, что приводило к хлорозу и снижению роста морских водорослей. Концентрация меди 5 мг/л вызвала ингибирование фотосинтеза и деградацию кончиков водорослей.

Исследование Li X. и др. [9] на одноклеточных водорослях *Euglena gracilis* показало, что концентрация меди 5 мг/л снижала эффективность фотосинтеза с увеличением времени экспозиции. Также это приводило к значительному накоплению ионов Cu^{2+} в клетках и ингибировало поглощение марганца и цинка в кислород выделяющем комплексе.

Таким образом, целью исследования являлось изучение воздействия ионов Cu^{2+} на фотосинтетический аппарат клеток фитопланктона *Chlorella sorokiniana*.

Материалы и методы. В качестве объекта исследования использовали культуру микроводорослей *Chlorella sorokiniana*, которую выращивали на 50%-ой питательной среде Тамия. Культивирование проводилось при комнатной температуре. Колбы освещались светодиодными лампами полного спектра на протяжении 12 часов каждый день, при этом содержимое колб периодически перемешивалось. В качестве источника меди использовался сульфат меди пятиводной ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$). В ходе исследования рассматривали влияние следующих концентраций меди в растворе – 2.0, 3.0, 4.0 и 5.0 мг/л, что эквивалентно 2, 3, 4 и 5 ПДК соответственно [10].

Регистрацию параметров флуоресценции проводили в течение одного часа с момента добавления токсичного вещества в клеточную суспензию, с интервалом в 4 минуты. Регистрация содержания фотопигмента осуществлялась с помощью импульсного флуориметра PhytoPAM фирмы Walz. С помощью флуориметра ФС-2 регистрировали кривые индукции флуоресценции хлорофилла (КИФХ). Анализ полученных кривых производился с помощью программы PyPhotoSyn. Были получены значения параметров ОЛР теста и нормированы на контроль.

Результаты исследования. На рисунке 1 показаны результаты изменения концентраций хлорофилла в клетках *Chlorella sorokiniana* после внесения ионов меди в исследуемые пробы. При концентрации загрязнителя в диапазоне от 2 до 4 ПДК были выявлены схожие изменения в содержании хлорофилла в изучаемой культуре. Точные различия между действием представленных концентраций не были выявлены. В среднем показатель снижения концентрации хлорофилла, после часовой экспозиции составил 15-20% относительно контроля.

При концентрации 5 мг/л меди можно было наблюдать снижение концентрации фотопигмента на 22% уже на 4 минуте экспозиции. При увеличении времени эксперимента для данной концентрации ингибитора происходило линейное снижение

концентрации хлорофилла тест-культуры. Относительно начальных данных концентрация хлорофилла спустя час экспозиции снизилась примерно на 60 %.

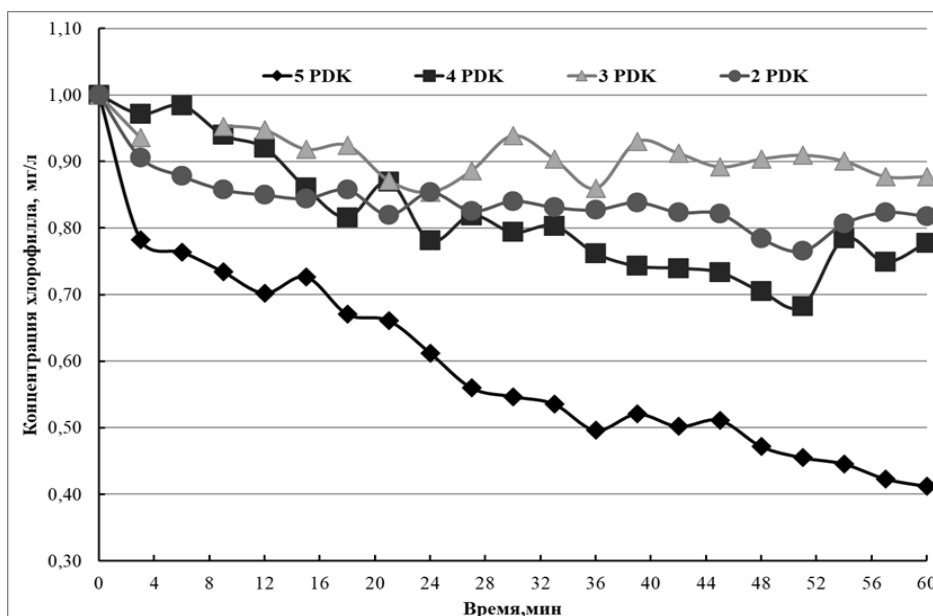


Рисунок 1 – Изменение содержания хлорофилла в лабораторной культуре фитопланктона *Chlorella sorokiniana* в течении часового ингибирования ионами меди

Среди общего количества исследуемых параметров, были представлены только показательные тест-функции, которые достоверно отличались от контроля в исследуемых временных промежутках. Всего выявлено 7 наиболее показательных тест-функций (см. рис. 2). Для наглядности на рисунке приведены только результаты для концентраций меди 3 и 5 мг/л.

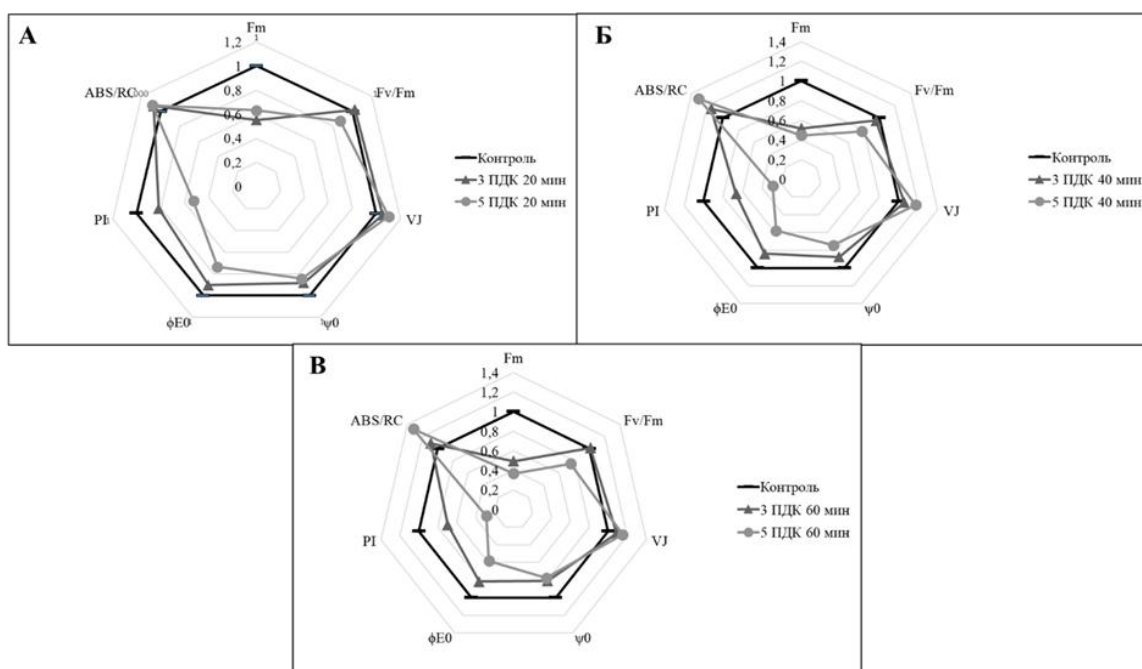


Рисунок 2 – Результаты анализа ОЖР-теста при различной длительности экспозиции: А – 20 минут, Б – 40 минут, В – 60 минут

Уровень максимальной флуоресценции (F_m) имел сходные для концентраций 2.0 мг/л и 4.0 мг/л меди изменения и снижался после 40 минут воздействия относительно контроля. Для концентрации 3.0 мг/л и 5.0 мг/л наблюдалось значительное снижение параметра через 20 минут экспозиции. Для концентрации 5.0 мг/л, при увеличении времени воздействия токсиканта, наблюдали линейное снижение тест-функции.

Показатели квантового выхода флуоресценции (F_v/F_m), для концентраций меди 2.0 и 3.0 мг/л в течении всего времени экспозиции снижались незначительно. Для концентрации меди 4.0 мг/л снижение квантового выхода флуоресценции стали заметны спустя 60 минут экспозиции. Снижение функциональной активности фотосистемы II при концентрации 5.0 мг/л меди отличалось от контрольных значений в течении всего промежутка времени.

Параметр (V_J), отражающий количество закрытых реакционных центров (РЦ) по отношению к общему числу РЦ, которые могут быть закрыты, для концентрации 5.0 мг/л при всех временных промежутках экспозиции, значительно повышался относительно контроля. Что свидетельствует о росте количества закрытых реакционных центров. Для остальных концентраций значительных изменений выявлено не было.

Резкое снижение эффективности, с которой экситон, захваченный РЦ, движет электрон по цепочке после Q_A^- (ψ_0) наблюдалось после 20 минут воздействия металла на фитопланктон, при концентрации 5.0 мг/л. Остальные концентрации имели схожие изменения в течении всей длительности экспозиции.

Квантовая эффективность переноса электронов от Q_A^- (ϕ_{E_0}) значительно снижалась при концентрации 5.0 мг/л спустя 20 минут воздействия меди и в последующие промежутки времени. Для концентраций меди 2.0-4.0 мг/л снижение наблюдалось после 40 минут экспозиции.

Индекс производительности (PI) – показатель функциональной активности ФС II, снижался для всех концентраций меди спустя 20 минут экспозиции относительно контроля. Значительное снижение данного показателя наблюдалось при концентрации 5.0 мг/л на всех временных промежутках.

Параметр (ABS/RC), отражающий соотношение между количеством молекул хлорофилла a в антенных комплексах, излучающих флуоресценцию, и в активных реакционных центрах, начал возрастать для концентрации 5.0 мг/л после 40 минут воздействия загрязнителя. Это может свидетельствовать о повреждении фотопигментов именно в реакционных центрах фотосистемы II. Для других концентраций изменения параметра были не значительны.

Выводы.

Присутствие ионов Cu^{2+} в исследуемой культуре в концентрации от 2 до 4 мг/л оказывает схожее воздействие и снижает показатель хлорофилла на 15-20%. С момента добавления в тест-культуру *Chlorella sorokiniana* ионов меди в концентрации 5 мг/л происходит значительное снижение фотопигмента на 22 %.

Ионы меди в концентрации 5.0 мг/л вызывают снижение эффективности функционирования фотосистемы II (PI , F_v/F_m), уменьшение количества активных реакционных центров, молекул хлорофилла и, как следствие, повышение интенсивности потока световой энергии через активные реакционные центры, что также в дальнейшем приводит к их разрушению.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Penuelas J., Filella I. Metal pollution in Spanish terrestrial ecosystems during the twentieth century // *Chemosphere*. – 2002. – P. 501-505.
2. Haifeng Qian, Jingjing Li, Liwei Sun, Wei Chen, G. Daniel Sheng, Weiping Liu, Zhengwei Fu. Combined effect of copper and cadmium on *Chlorella vulgaris* growth and photosynthesis-related gene transcription // *Aquatic Toxicology*. – 2009. – V. 94, №1. – P.56-61.
3. Hewitt E.J. The essential nutrient elements: requirements and interactions in plants, in *Plant Physiology*. – 1963. – V. 3. – P.137.
4. Milone M.T., Sgherri C., Clijsters H., Navari-Izzo F. Antioxidative responses of wheat treated with realistic concentration of cadmium. – 2003. – P. 265-276.
5. Qian H.F., Sheng G.D., Liu W.P., Lu Y.C., Liu Z.G., Fu Z.W. Inhibitory effects of atrazine on *Chlorella vulgaris* as assessed by real-time polymerase chain reaction // *Environ. Toxicol. Chem.* – 2008. – V. 27. – P. 182-187.
6. Levy J.L., Stauber J.L., Jolley D.F. Sensitivity of marine microalgae to copper: the effect of biotic factors on copper adsorption and toxicity // *Sci. Total Environ.* – 2007. – V. 387. – P. 141-154.
7. Green L.F., King C.G. Inhibition of respiration and photosynthesis in *Chlorella pyrenoidosa* by organic compounds that inhibit copper catalysis. – 1939. – P. 447- 462.
8. Connan S., Stengel D. B. Impacts of ambient salinity and copper on brown algae: 1. Interactive effects on photosynthesis, growth, and copper accumulation // *Aquatic Toxicology*. – 2011. – V. 104. – P. 94-107.
9. Li X., Wang Z., Bai M. Effects of polystyrene microplastics on copper toxicity to the protozoan *Euglena gracilis*: emphasis on different evaluation methods, photosynthesis, and metal accumulation // *Environ Sci Pollut Res.* – 2022. – P. 23461-23473.
10. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Минздрав России. Москва. – 2002.

**THE EFFECT OF COPPER IONS ON CELL FLUORESCENCE
PHYTOPLANKTON *CHLORELLA SOROKINIANA***

Annotation. This paper presents the results of a study of changes in the fluorescence parameters of freshwater phytoplankton cells *Chlorella sorokiniana*, as well as changes in the content of photopigment in this culture under the influence of various concentrations of copper ions. It was shown that when exposed to a copper concentration of 5 mg/l, the efficiency of photosystem II and the chlorophyll content decreased by 22% after 4 minutes of exposure. Copper concentrations from 2 to 4 mg/l had similar changes and reduced the chlorophyll content by 15-20% after 60 minutes.

Key words: fluorescence, copper, phytoplankton, *Chlorella sorokiniana*.

Antropova L.P.

Scientific adviser: Chufitsky S.V., senior lecturer

Donetsk State University

E-mail: antropowalilya@yandex.ru, chufitskyisergey@yandex.ru

УДК 577.3

ACER PLATANOIDES 'CRIMSON KING' В УСЛОВИЯХ ЗУШУМЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ

Ахундова А.Г.

Научный руководитель: Корниенко В.О., канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»

Аннотация: В результате проведенных исследований был выявлен высокий уровень антропогенной нагрузки в г. Донецке. Данная нагрузка оказывает значительное влияние на деревья клена остролистного, произрастающих вдоль Макеевского шоссе города Донецка. По данным, полученным в ходе исследования, выявлено, что уровень звукового давления на автомагистралях превышен в среднем на 10-14%. Вследствие воздействия антропогенной нагрузки наблюдается снижение жизнеспособности *Acer platanoides* 'Crimson king' вплоть до выпадения растений в раннем возрасте (3-5 лет). Среднее значение жизнеспособности по интегральной шкале оценили в 4-5 баллов.

Ключевые слова: *Acer platanoides* 'Crimson king', вибрация, шумление, антропогенная нагрузка, древесные растения, жизнеспособность.

Введение. Акустический шум является важным экологическим фактором в окружающей среде [1-5]. В городских условиях акустические шумы характеризуются большим многообразием источников техногенного происхождения связанных с деятельностью человека. Наиболее распространенными источниками в городе Донецке являются автотранспорт и тяжёлая техника, а также как и для всех промышленных городов – энергетические подстанции.

Для деревьев, произрастающих вблизи автомобильных дорог и железнодорожных полотен, как раз транспорт и является дополнительным источником вибраций, как антропогенного фактора. Хотя специальных исследований, посвященных данному вопросу крайне мало, это является совершенно очевидным, поскольку значительное негативное вибрационное воздействие транспорта регистрируется на зданиях, фундаменте и грунте [6].

Цель работы – исследование состояния древесных растений клена остролистного кримсон кинг в условиях урбанизированной среды.

Материалы и методика. Исследования проводились на участках г. Донецка, находящиеся в Калининском районе. В этих районах были выявлены участки с произрастанием исследуемого объекта вдоль автомагистрали. На территории дендрария Донецкого ботанического сада исследования проводились на участке произрастания крутины *Acer platanoides* L. Данная территория была принята за условный контроль в связи минимизации воздействия на нее антропогенных факторов [7-9]. По Макеевскому шоссе деревья произрастают в один ряд, удаленный от дорожного полотна на 2 м. На данном участке имеется двустороннее движение, разделенное зеленым островком. Территория исследований представлена на рисунке 1.

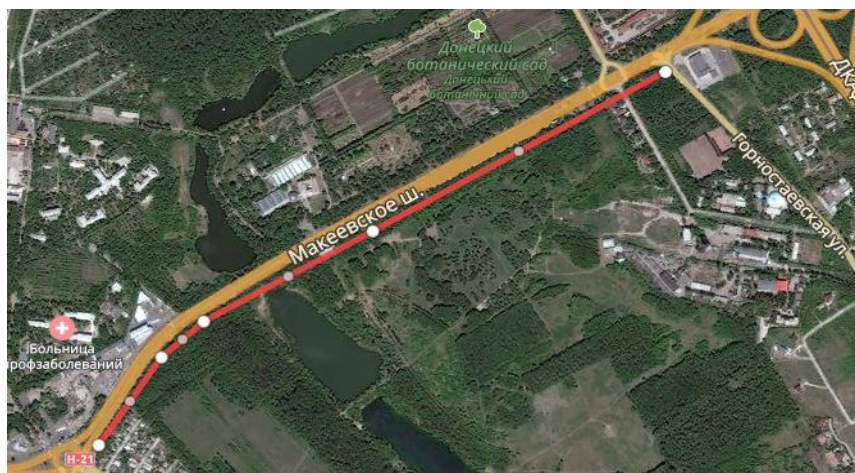


Рис. 1 – Участок измерения уровня шума и интенсивности автотранспорта по Макеевскому шоссе от ост. Мотель до ул. Горностаевская

Объект исследования – клён остролистный кримсон кинг (*Acer platanoides* 'Crimson king') широко распространенный в Европе и юго-западной Азии вид (рис. 2).



Рис. 2 – Объект исследования *Acer platanoides* 'Crimson king'

Измерения зашумленности проводились с помощью цифрового шумомера Venetech GM1351. Измерение шума производилось через каждые 30-40 метров возле автотрассы и 1 ряда. Жизнеспособность исследованных деревьев определяли по 8-бальной шкале С.А. Савельевой (1975):

– Хорошее состояние растения оценивается 7 и 8 баллами: 8 баллов – здоровое растение, без сухих ветвей, здоровый гладкий ствол, форма кроны соответствует данному виду; 7 баллов – появляются мелкие сухие ветви, уменьшается рост в высоту.

– Удовлетворительное состояние оценивается 4 – 6 баллами: 6 баллов – начало усыхания верхушечного прироста боковых ветвей; 5 баллов – наблюдается прирост в основном на боковых ветвях, появляется суховершинность и усыхание отдельных

боковых ветвей; 4 балла – суховершинность, начало усыхания отдельных скелетных ветвей, рост «водяных» (из «спящих» почек) и «жировых» (на сучьях, местах среза и сруба) побегов на стволах.

– Неудовлетворительное состояние растения оценивается 1 – 3 баллами: 3 балла – массовое усыхание скелетных ветвей, полное изменение формы кроны, массовый рост побегов на стволах; 2 балла – полное усыхание кроны, рост побегов только на стволах; 1 балл – полное усыхание всего растения, рост поросли из корневой шейки.

– Сухостой характеризуется полным усыханием растения с отсутствием поросли и оценивается 0 баллами.

Результаты исследований и их обсуждение. На исследуемых участках была рассчитана интенсивность автотранспортного движения в качестве оценки загруженности автомагистралей (табл. 1).

Таблица 1 – Интенсивность (ед./час) движения автотранспорта по Макеевскому шоссе (остановка Мотель) до ул. Горностаевская, г. Донецка

Вид автотранспорта						
Грузовые		Пассажирские Легковые			Муниципальный транспорт	
Тяжелые	Легкие	а	б	в	Автобус	Троллейбус
31±7	83±17	868±166	95±7	92±5	53±12	3

Примечания: а – иномарки легковые; б – легковые отечественные ВАЗ, Lanos и т.д.; в – иномарка внедорожник.

Выявлено, что интенсивность транспортного потока имела значения, в среднем 1200 ед./час на всех участках, что соответствует высокому уровню антропогенного загрязнения (табл. 1). Большую долю из общего потока составляют пассажирский легковой автотранспорт, преимущественно автомобили иностранного производства (70%). На участках с наиболее высокими показателями интенсивности автотранспортного потока были превышены значения акустического шума (табл. 2).

Таблица 2 – Значения акустического шума на исследуемых участках города Донецка, дБА

Участок	Возле дороги (бордюр)		1 ряд деревьев	
	max	$\bar{X} \pm S_x$	max	$\bar{X} \pm S_x$
1	87±2	78±2	84±2	73±3
2	45±5			

Примечания: 1 – Макеевское шоссе (остановка Мотель) до ул. Горностаевская; 2 – дендрарий Донецкого ботанического сада (ДБС), естественный шум в насаждениях клена остролистного; $\bar{X} \pm S_x$ – среднее значение ± стандартное отклонение

Так, в соответствии СН 3077-84 (Санитарные нормы допустимого шума в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки) максимальный уровень шума не должен превышать 80 дБА. На исследуемых нами участках возле дорог максимальные показатели по уровню шума в среднем были 87 ± 2 дБА. По средним арифметическим показателям уровень акустического шума был в пределах 78 ± 2 дБА. При удалении от дороги к первому ряду произрастающих деревьев было замечено уменьшение уровня звукового давления по максимальным значениям до 84 ± 2 дБА, что говорит о том, что древесные насаждения первого ряда берут на себя значительную антропогенную нагрузку, исходящую от автомагистрали.

Состояние клена остролистного 'Crimson king' вдоль Макеевского шоссе оценили как удовлетворительное (4-5 баллов). Выявлены выпадания растений. Отмечены многочисленные усыхания растений, наличие морозобойных трещин и гнили, асимметрия кроны и частичная суховершинность и сухобочинность.

Выводы

1. В результате проведенных исследований был выявлен высокий уровень антропогенной нагрузки в г. Донецке. Данная нагрузка оказывает значительное влияние на деревья клена остролистного, произрастающих вдоль Макеевского шоссе города Донецка. По данным, полученным в ходе исследования, выявлено, что уровень звукового давления на автомагистралях превышен в среднем на 10-14%.

2. Вследствие воздействия антропогенной нагрузки наблюдается снижение жизнеспособности *Acer platanoides* 'Crimson king' вплоть до выпадения растений в раннем возрасте (3-5 лет). Среднее значение жизнеспособности по интегральной шкале оценили в 4-5 баллов.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка: монография / В.О. Корниенко, В.Н. Калаев. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. – 109 с. ISBN: 978-5-9273-3220-5; EDN: HCFNFD
2. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. – 2022. – №12 (175). – С. 166-170. EDN: JJZVTE
3. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2022. – №11/2. – С. 28-34. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.11-2.13
4. Корниенко В. О., Приходько С. А., Яицкий А. С. Оценка жизненного состояния древесных насаждений в условиях урбанизированной среды // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2020. – № 03/2. – С. 14-19. EDN: GWBRPR
5. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность деревьев березы повислой в г. Донецке // Лесоведение. – 2022. – №3. – С. 321-334. DOI: 10.31857/S0024114822020073
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2006 году» / Ч.3. Влияние экологических факторов на сохранение культурного наследия. – <http://www.mnr.gov.ru>
7. Кольченко О. Р., Корниенко В. О. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2019. – №3-4. – С. 151-162. EDN: PAUIGC

8. Кольченко О. Р., Корниенко В. О. Методический подход к оценке флуктуирующей асимметрии клена остролистного (*Acer platanoides* L.) в условиях г. Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2019. – №1. – С. 107-114. EDN: AMCDXQ
9. Корниенко В. О. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – № 134. – С. 93-100. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-93-100

ACER PLATANOIDES 'CRIMSON KING' IN A NOISY URBAN ENVIRONMENT

Annotation. As a result of the conducted research, a high level of anthropogenic load in Donetsk was revealed. This load has a significant impact on the holly maple trees growing along the Makeevsky highway in Donetsk. According to the data obtained during the study, it was revealed that the sound pressure level on motorways is exceeded by an average of 10-14%. Due to the impact of anthropogenic load, a decrease in the viability of *Acer platanoides* 'Crimson king' is observed up to the loss of plants at an early age (3-5 years). The average viability value on an integral scale was estimated at 4-5 points.

Keywords: *Acer platanoides* 'Crimson king', vibration, noise, anthropogenic load, woody plants, viability.

Ahundova A.G.

Scientific director: Kornienko V.O., PhD in Biological sciences, Associate Professor

Donetsk state university

E-mail: Ainahappy5@gmail.com

УДК 577.3

ВИБРАЦИОННО-АКУСТИЧЕСКИЙ ШУМ, КАК ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР В ГОРОДЕ ДОНЕЦКЕ, НА ПРИМЕРЕ ПРОСПЕКТА ЛЕНИНСКОГО

Баканидзе Д.Э.

*Научный руководитель: Корниенко В.О., канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: В данной работе исследовано видовое разнообразие, жизнеспособность и морфометрия древесных растений произрастающих в условиях зашумления и высокого уровня антропогенного загрязнения города Донецка, на территории проспекта Ленинского. Наиболее представленный вид из древесных растений 1 ряда вдоль проспекта это тополь Болле (69%). Репрезентативность тополя бальзамического, тополя черного, дуба черешчатого, ясеня обыкновенного и робинии ложноакациевой составляли 5-7%. Жизнеспособность древесных растений, по физиологическим и морфологическим показателям в условиях зашумления, в среднем составила 2 балла (это растения с признаками ослабления). Для деревьев тополя Болле, тополя черного, тополя канадского и ясеня обыкновенного жизненное состояние оценивалось как ослабленное (3 балла).

Ключевые слова: вибрация, зашумление, антропогенная нагрузка, древесные растения, жизнеспособность.

Введение. Совокупность экотопов Донецка рассматривается как техногенно трансформированная среда [1-6]. Одним из антропогенных факторов, значимо влияющий на состояние среды и как следствие на древесные растения в условиях города, является вибрационно-акустическое зашумление [7-10]. Авторы многих публикаций фиксируют превышение уровня вибрационно-акустического зашумления в городской среде от года к году [7, 8, 11]. Вследствие этого наблюдается загрязнение атмосферного воздуха от автотранспортных средств, что превышает предельно допустимый уровень [3]. Наиболее выраженное негативное влияние антропогенных факторов наблюдается в центральной части города вследствие высокой интенсивности транспортных средств [5].

У растений, которые подвергаются воздействию антропогенных факторов, возникают необратимые морфо-физиологические и анатомические изменения [5, 7, 12].

Цель работы - исследование влияния вибрационно-акустического зашумления на жизнеспособность древесных растений города Донецка, на примере проспекта Ленинского.

Задачи поставленные для этой работы:

1. Оценить уровень интенсивности и вибрационно-акустического зашумления в центральной части города Донецка, на примере Ленинского проспекта.

2. Оценить состояние древесных растений на основе физиологических и морфологических показателей в условиях зашумления, на территории исследования.

Материалы и методы. Исследование вибрационно-акустического шума проводили вдоль пр. Ленинский г. Донецка (рис. 1) на 4 участках, оценивали интенсивность транспортного потока и состояние древесных растений.



Рис. 1 – Территория проведения исследований вдоль автомагистрали по пр. Ленина, г. Донецк (ул. Шутова — ул. Куприна)

Примечания: У1 — ул. Шутова — ул. Одесская; У2 — ул. Одесская — ул. Вани Дреля; У3 — ул. Вани Дреля — ул. Мечникова; У4 — ул. Мечникова — ул. Куприна.

Длина маршрута при проведении мониторинговых исследований составила 3.25 км. Исследования проводили в период июнь-сентябрь 2023 г. Исследуемая дорога имеет 6 полос движения и разделена зелёными насаждениями. Первый ряд деревьев от дороги находится на расстоянии 2 метра (рис. 2).



Рис. 2 – Панорамное фото территории исследования

Измерение шума производилось через каждые 20-30 метров вблизи автотрассы и в первом ряду древесных растений, с помощью откалиброванного шумометра (рис. 3).

Жизнеспособность древесных растений оценивали с помощью интегральной общепринятой шкалы Алексева. В ходе исследования было оценено более 600 древесных растений.



Рис. 3 – Внешний вид работающего приложения «Шумомер»

Результаты исследований и их обсуждение. Исследования вибро-акустического шума показали, что по Ленинскому проспекту возле автомагистрали максимумы звукового давления располагаются в диапазоне 78-92 дБА (табл. 1).

Таблица 1 – Средние значения шумового загрязнения (дБА) по Ленинскому проспекту, города Донецка

Территория исследования	Расстояние от автомагистрали, м			
	0,5		2 (1 ряд деревьев)	
	Среднее	Макс	Среднее	Макс
Участок №1	80 ± 2	90 ± 2	77 ± 2	81 ± 2
Участок №2	80 ± 2	85 ± 1	77 ± 2	80 ± 2
Участок №3	77 ± 2	81 ± 2	74 ± 1	79 ± 1
Участок №4	76 ± 2	80 ± 2	75 ± 3	77 ± 2

Обозначения Участок 1 — ул. Шутова — ул. Одесская; Участок 2 — ул. Одесская — ул. Вани Дреля; Участок 3 — ул. Вани Дреля — ул. Мечникова; Участок 4 — ул. Мечникова — ул. Куприна.

Интенсивность транспортного потока имела значения, превышающие 1000 ед./час на всех участках. Наибольшая интенсивность зафиксирована на участке 3 — ул. Вани Дреля — ул. Мечникова (1740 ед./час), что соответствует высокому уровню действия антропогенного фактора (табл. 2).

В первом ряду наибольшей представленностью обладают виды рода *Populus L.* – ~84%. Растения одновозрастные (50 лет) их состояние оценено как хорошее/удовлетворительное, но с учетом применения санитарной обрезки и кронирования (рис. 4). Искусственное омоложение позволило растениям повысить свою устойчивость, однако, повреждения ствола и кроны типичны для растений произрастающих в условиях высокой антропогенной нагрузки.

Таблица 2 – Интенсивность движения автотранспорта (ед./час) города Донецка, ул. Шутова – Ул. Куприна

Территория исследования	Вид автотранспорта					Муниципальный транспорт, автобус	Сумма
	Грузовые		Пассажирские Легковые				
	Тяжелые	Легкие	1	2	3		
Участок № 1	48	120	540	240	360	72	1380
Участок № 2	24	132	420	216	288	48	1128
Участок № 3	60	204	720	264	396	96	1740
Участок № 4	60	180	684	288	324	72	1608

Примечания: 1 – иномарки легковые; 2 – легковые отечественные ВАЗ, Lanosi т.д.; 3 – иномарка внедорожник

Обозначения : Участок 1 — ул. Шутова — ул. Одесская; Участок 2 — ул. Одесская — ул. Вани Дреля; Участок 3 — ул. Вани Дреля — ул. Мечникова; Участок 4 — ул. Мечникова — ул. Куприна.




Дерево №1	Дерево №2	Дерево №3
		
Тополь Болле Сосн=160 см; С1,3=160 см; Н=20 м Жизнеспособность – 2 баллов	Сахарный клен Сосн=40 см; С1,3=30 см; Н=6 м Жизнеспособность – 2 баллов	Тополь черный Сосн=180 см; С1,3=177 см; Н=15 м Жизнеспособность – 1 баллов

Рис. 4 – Пример полученных экспериментальных данных, в результате мониторинговых исследований на 3 участке вдоль проспекта Ленинского города Донецка

На исследуемой территории, наиболее представленный вид из древесных растений 1 ряда это Тополь Болле (69%). Репрезентативность Тополя бальзамического, Тополя черного, Дуба черешчатого, Ясеня обыкновенного и Робинии ложноакациевой составляли 5-7% (табл. 3). Жизнеспособность древесных растений, по физиологическим

и морфологическим показателям в условиях зашумления, в среднем составила 2 балла (это растения с признаками ослабления). Для деревьев тополя Болле, тополя черного, тополя канадского и ясеня обыкновенного жизненное состояние оценивалось как ослабленное (3 балла).

Таблица 3 – Видовые дендрометрические параметры исследуемых древесных растений в условиях зашумления на проспекте Ленинском города Донецка

ВИД	Представленность, %	Жизнеспособ- ность, балл	Диаметр, см		Высота, м
			С _{осн}	С _{1.3}	
Тополь Болле	69,12	2-3	266,8	261,8	22,2
Тополь бальзамический	6,91	2	80,4	77,3	18,9
Тополь черный	6,91	2-3	72,6	68,1	16,7
Дуб черешчатый	5,99	2	104,2	98,5	22,0
Ясень обыкновенный	5,07	2-3	123,2	116,9	20,7
Робиния ложноакацевая	4,61	2	75,3	72,3	18,9
Тополь канадский	0,92	3	50,0	46,5	5,5
Клен остролистный	0,46	1	40,0	38,0	3,0

Выводы

1. В результате проведенных исследований установили, что средний уровень интенсивности транспортного потока на выбранной территории превышает 1000 ед./час на всех участках. Наибольшая интенсивность зафиксирована на участке 3 — ул. Вани Дреля — ул. Мечникова (1740 ед./час), что соответствует высокому уровню действия антропогенного фактора.

2. Исследования вибрационно-акустического шума показали, что по пр. Ленинский возле автомагистрали максимумы звукового давления находятся в диапазоне 78-92 дБА и превышают ПДУ (75 дБА). Как следствие такое воздействие должно отражаться на живых системах, в том числе древесных растениях.

3. На исследуемой территории наиболее представленный вид из древесных растений 1 ряда это Тополь Болле (69%). Репрезентативность Тополя бальзамического, Тополя черного, Дуба черешчатого, Ясеня обыкновенного и Робинии ложноакациевой составляли 5-7%. Жизнеспособность древесных растений, по физиологическим и морфологическим показателям в условиях зашумления, в среднем составила 2 балла (это растения с признаками ослабления). Для деревьев тополя Болле, тополя черного, тополя канадского и ясеня обыкновенного жизненное состояние оценивалось как ослабленное (3 балла).

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алемасова А.С., Сафонов А.И. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. – 2022. – Т. 26. – №6. – С. 5-13. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13
2. Беспалова С.В., Романчук С.М., Чуфицкий С.В., Перебейнос В.В., Готин Б.А. Флуориметрический анализ влияния шламовых загрязнителей на фитопланктон // Биофизика. – 2020. – Т. 65. № 5. – С. 994-1002. DOI: 10.31857/S0006302920050178
3. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка: монография / В.О. Корниенко, В.Н. Калаев. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. – 109 с. ISBN: 978-5-9273-3220-5; EDN: HCFNFD
4. Корниенко В.О., Хархота Л.В. Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка // Самарский научный вестник. - 2023. - Т. 12. - №2. - С. 46-51. DOI: 10.55355/snv2023122107
5. Сафонов А.И., Алемасова А.С., Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Юшин Н.С., Кравцова А.В., Чалигава О. Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса // Геохимия. – 2023. – Т. 68. – №10. – С. 1032-1044. DOI: 10.31857/S0016752523100114
6. Сафонов А. И. Новые виды растений в экологическом мониторинге Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2020. – № 1. – С. 96–100. EDN: QKKMNH
7. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. – 2022. – №12 (175). – С. 166-170. EDN: JJZVTE
8. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2022. – №11/2. – С. 28-34. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.11-2.13
9. Корниенко В. О., Приходько С. А., Яицкий А. С. Оценка жизненного состояния древесных насаждений в условиях урбанизированной среды // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2020. – № 03/2. – С. 14-19. EDN: GWBRPR
10. Кольченко О. Р., Корниенко В. О. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2019. – №3-4. – С. 151-162. EDN: PAUIGC
11. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность деревьев березы повислой в г. Донецке // Лесоведение. – 2022. – №3. – С. 321-334. DOI: 10.31857/S0024114822020073
12. Корниенко В. О. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – № 134. – С. 93-100. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-93-100

VIBRATION-ACOUSTIC NOISE AS AN ENVIRONMENTAL FACTOR IN THE CITY OF DONETSK, ON THE EXAMPLE OF LENINSKY PROSPEKT

Annotation. In this paper, the species diversity, viability and morphometry of woody plants growing in conditions of noise and high levels of anthropogenic pollution in the city of Donetsk, on the territory of Leninsky Prospekt, are studied. The most represented species of woody plants of the 1st row along the avenue is the Bolle poplar (69%). The representativeness of balsamic poplar, black poplar, pedunculate oak, common ash and Robinia falsely acacia was 5-7%. The viability of woody plants, according to physiological and morphological indicators in noisy conditions, averaged 2 points (these are plants with signs of weakening). For Bolle poplar, black poplar, Canadian poplar and common ash trees, the vital condition was assessed as weakened (3 points).

Keywords: vibration, noise, anthropogenic load, woody plants, viability.

Bakanidze D.E.

Scientific director: Kornienko V.O., PhD in Biological sciences, Associate Professor
Donetsk state university
E-mail: diana.bakanidze@yandex.ru

УДК 581.15 : 582.32 (477.60)

МЕТОД ДАТИРОВКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПО ИЗУЧЕНИЮ БРИОФИТОВ В ДОНЕЦКЕ

Васильева Н.Н.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. На примере единичной локации в г. Донецке рассмотрен способ оценки механической нарушенности территории (тротуарной плитки и газона на обочине дороги) по датировке поверхностей с помощью мохообразных. Простой в эксплуатации визуальный способ и ранжирование участков по степени формирования устойчивого сообщества позволяют выделить фитоценотические тренды в сукцессионных процессах и использовать такой подход при экспертной оценке эксплуатации городских, в частности селитебных, территорий.

Ключевые слова: мохообразные, Донбасс, фитоиндикация, Донецк, экологический мониторинг, диагностика экосистем, оценка нарушенности экотопов.

Среди актуальных экологических проблем Донбасса, активно развивающихся на современном этапе по биодиагностике природных и техногенно трансформированных территорий [1–5], изучение мохообразных в разных их способах проявления и идентификации [6] также занимает достойное место для проведения экологического мониторинга по систематическим аспектам [7–11], прикладным задачам фитоиндикации [12–16], экспозиционной работы [17]. В рамках экологических сетей мониторинга [18] в Донбассе проводится интенсивная работа по квантификации природных сред [19–23].

Цель работы – подготовить наглядный материал в ранжированном ряду по степени зарастания тротуарного полигона или обочины дороги таким образом, чтобы можно было идентифицировать время последнего механического вмешательства в формирующуюся систему – локальный фитоценоз с доминированием мохообразных, характеризующихся широкой экологической амплитудой и сезонной активностью в осенне-зимне-весеннее время.

В качестве методической базы использовали наработки студентов и преподавателей кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета, большинство работ организовано в рамках совместных фитоиндикационных исследований активистами студенческого научного общества на биологическом факультете, что позволяет нам предлагать новые подходы на основании уже существующей базы по систематике мохообразных [1, 6, 7, 10, 11, 15], их морфологическим особенностям [6, 9, 14, 15, 19] и ингредиентному составу в сложных экологических условиях и промышленных загрязнениях [14, 19–21]. Опытным путем доказано, что в изученных экотопах именно мохообразные формируют первичный сукцессионный ряд по стадиям развития сообщества, если антропогенный фактор, в данном случае – механическое воздействие в форме вытаптывания и (или) частоты ремонтных работ подземных коммуникаций – минимизируется или полностью прекращает оказывать прессинг на локальную экосистему.

Датировка поверхности успешна в осенне-зимний-весенний период в случае активной вегетации мохообразных в Донбассе, поскольку в летнее время наблюдается временная деструкция гаметофитов по причине высокой инсоляции и температурного фактора в изученных экотопах. Материалы рисунков 1-2 демонстрируют стадии сукцессионного процесса по мхам, их наличие и степени зарастания. Рисунки 3 и 4 демонстрируют этапы покрытия мохообразными тех поверхностей, которые в искусственной системе подвергаются частому вмешательству человека.



Рис. 1 – Первичные стадии зарастания тротуарного полигона при уменьшении механической нагрузки (вытаптывания) на 1-2 годы сукцессионной залежи, пр. Театральный, г. Донецк (по степени возрастания проективного покрытия)



Рис. 2 – Вторичные стадии зарастания тротуарного полигона при уменьшении механической нагрузки (вытаптывания) на 3-5 годы сукцессионной залежи, пр. Театральный, г. Донецк (в порядке сомкнутости)



Рис. 3 – Фрагменты отдельных петрофитных микробиомов по степени зарастания мохообразными при разных стадиях эксплуатации подземных коммуникаций, пр. Театральный, г. Донецк



Рис. 4 – Сформировавшийся микрофитоценоз бриобионтов на петрофитном субстрате при ненарушенности покрытия более 5 лет, пр. Театральный, г. Донецк

В практическом применении предлагаемый визуальный метод рассчитан на 1-5(7)-летний период наблюдений, за который сукцессионный ряд приходит к стадии узлового состояния, что по общим динамическим характеристикам соответствует климактерическому стоянию микросистемы, которое может измениться в случае резкого нарушения её целостности: от пассивных колебаний до радикальной перестройки конструкции растительного (и почвенного) покрова в конкретной гео-точке на местности.

Сейчас в Донецке много селитебных или административных районов, где придомовые территории эксплуатируются по-разному, с разной степенью ухода, что также может быть установлено по состоянию почвопокровных видов.

Используемый метод важен также и может быть внедрен в криминалистике, решении вопросов судебных исков при установлении долгосрочности эксплуатации территории и (или) степени нарушенности почвенного и растительного покрова. В дальнейшем планируется более углубленное изучение этого вопроса: уточнение видового состава, расширение точек сбора материала (мониторинговых точек), анализ сообщества нескольких видов, установление сопряженности по основным климатообразующим факторам и при усилении токсической нагрузки на природную среду.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций / С. В. Беспалова, О. С. Горецкий, М. В. Рева [и др.] // Степная Евразия - устойчивое развитие: Ростов-на-Дону: ЮФУ. – С. 179-181. – EDN LUJGKG.
2. 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.
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/snvn2023122107. – EDN BATLWA.
4. Кольченко, О. Р. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка / О. Р. Кольченко, В. О. Корниенко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 3-4. – С. 151-161. – EDN PAUIGC.
5. Введение в специализацию на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова, Э. И. Мирненко // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 196-197. – EDN XMTXGP.
6. Сафонов, А. И. Итоги многоцелевого изучения биоразнообразия в Донбассе (2015-2022 гг.) / А. И. Сафонов // Вестник Тульского государственного университета. – Тула: ТулГУ, 2023. – С. 120-130. – EDN FQNQVV.
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.
8. Сафонов, А. И. Фитомониторинг антропогенно измененной среды: формализация терминологии и реализация на практике / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 3. – С. 62-70. – EDN NTNOHR.
9. Морозова, Е. И. Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных / Е. И. Морозова // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности: Донецк: Издательство Южного федерального университета, 2016. – С. 317-318. – EDN YUAPBZ.
10. Морозова, Е. И. Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки / Е. И. Морозова // Донецкие чтения 2017. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. – С. 100-101. – EDN YOUSVF.

11. 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.
12. Сафонов, А. И. Опорные разработки в рамках тематического направления по ботанике антропогенеза (2022 г.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2022. – С. 113. – EDN ZSZAOG.
13. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
14. 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.
15. Сафонов А. И. Мохообразные Донецкой агломерации: иллюстрированный атлас и бриоиндикация / А. И. Сафонов, Е. И. Морозова. - Донецк: ДонНУ, 2018. - 128 с.
16. Safonov, A. Ecological scales of indicator plants in an industrial region / A. Safonov // BIO Web of Conferences. – 2022. – Vol. 43. – P. 03002. – DOI 10.1051/bioconf/20224303002. – EDN PUWEGC.
17. Бондарь, Е. Н. Мохообразные Донбасса как объект выставочной работы / Е. Н. Бондарь // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 29-33. – EDN CVEDQF.
18. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
19. Биомониторинговая программа по оценке воздуха в Донбассе с помощью нейтронно-активационного анализа / И. И. Зиньковская и др. // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2022. – С. 69-71. – EDN SQZVXC.
20. Нейтронно-активационный анализ редкоземельных элементов (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) в диагностике экосистем Донбасса / И. Зиньковская, А. Сафонов и др. // Письма в журнал Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2024. – Т. 21, № 2(253). – С. 231-245.
21. *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.
22. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
23. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 6-11. – EDN RMXEAQ.

SURFACE DATING METHOD ON THE STUDY OF BRYOPHYTES IN DONETSK

Annotation. Using the example of a single location in the city of Donetsk, a method for assessing the mechanical disturbance of an area (paving slabs and lawn on the side of the road) by dating surfaces using bryophytes is considered. An easy-to-use visual method and ranking of sites according to the degree of formation of a sustainable community make it possible to identify phytocenotic trends in succession processes and use this approach in an expert assessment of the exploitation of urban, in particular residential, territories.

Keywords: bryophytes, Donbass, phytoidication, Donetsk, environmental monitoring, diagnostics of ecosystems, assessment of disturbance of ecotopes.

Vasilyeva N.N.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 577.3

ЗАШУМЛЕНИЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ДОНЕЦКА И ЕГО БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ НА ДЕНДРОЦЕНОЗЫ

Выликов Е.А.

*Научный руководитель: Корниенко В.О., канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: В данной работе исследовано влияние зашумления на жизнеспособность древесных растений произрастающих в центральной части города Донецка, на территории ул. Шахтеров Донбасса. В результате проведенных исследований установили, что средний уровень интенсивности транспортного потока на выбранной территории составляет в среднем 850 ± 32 ед./час на всех участках, что соответствует среднему уровню антропогенного загрязнения. Исследования вибрационно-акустического шума показали, что по ул. Шахтеров Донбасса возле автомагистрали звуковое давление в среднем составляет 79 ± 4 дБА. Определены основные нарушения ствола деревьев. Жизнеспособность растений в среднем составила 3 балла (ослабленные растения)

Ключевые слова: зашумление, антропогенная нагрузка, древесные растения, жизнеспособность.

Введение. Существует своеобразный и очень опасный для живых систем вид загрязнения среды обитания – шумовое загрязнение [1-7]. Сильный продолжительный и особенно постоянный шум – скрытый и опасный враг, как человека, так и многих живых систем [7]. По данным австрийских исследователей, «шумовое загрязнение», характерное сейчас для больших городов, сокращает продолжительность жизни их жителей на 10-12 лет, для растительных организмов таких значений нет, а тема ускоренного старения, как и смертности древесных растений в условиях зашумления является актуальной на данное время [1, 5, 6-8]. Так для растений, которые подвергаются воздействию антропогенных факторов, характерны необратимые анатомические, биомеханические, морфологические и физиологические изменения [1, 3, 4, 6-11]. В связи с вышесказанным тематика работы является весьма актуальной.

Цель работы – исследование состояния древесных растений произрастающих в условиях вибрационно-акустического загрязнения.

Задачи поставленные для этой работы:

1. Оценить интенсивность автотранспорта и уровень вибрационно-акустического зашумления в центральной части города Донецка, на примере ул. Шахтеров Донбасса.
2. Оценить состояние древесных растений на основе физиологических и морфологических показателей в условиях зашумления, на территории исследования.

Материалы и методы. Исследование вибрационно-акустического шума производили вдоль ул. Шахтеров Донбасса г. Донецка (рис. 1), оценивали интенсивность транспортного потока и состояние древесных растений. Измерение шума производилось вблизи автотрассы (0,5 м) и в первом ряду древесных растений, с помощью откалиброванного шумометра.

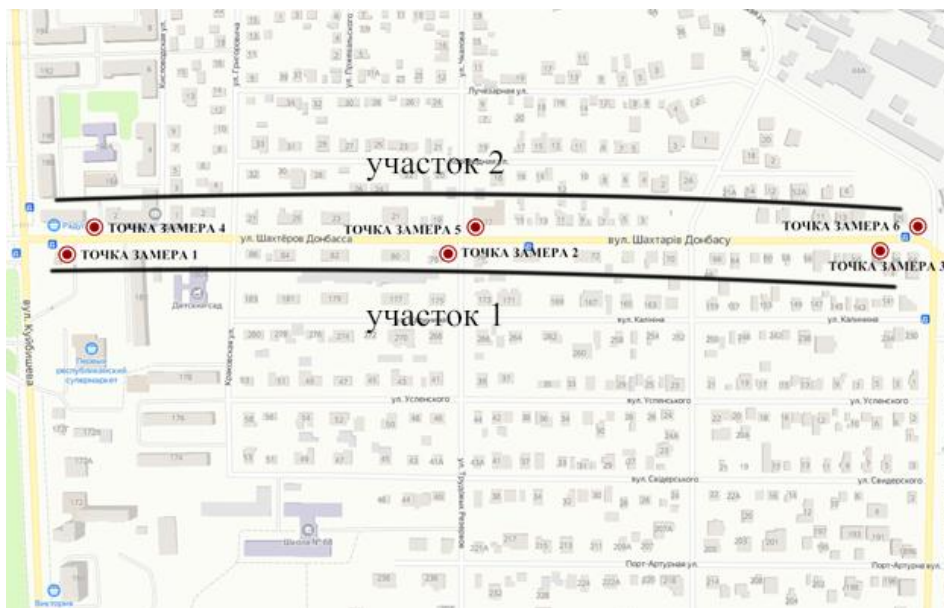


Рис. 1 – Территория проведения исследований вдоль автомагистрали по ул. Шахтеров Донбасса, г. Донецк

Жизнеспособность древесных растений оценивали с помощью интегральной общепринятой шкалы Алексева. В ходе исследования было оценено более 600 древесных растений.

Результаты исследований и их обсуждение. Интенсивность транспортного потока на всех участках составляла в среднем 850 ед./час. Это средний уровень антропогенного загрязнения территории. Большую долю (62%) из общего потока составляют легковые автомобили иностранного производства (рис. 2).

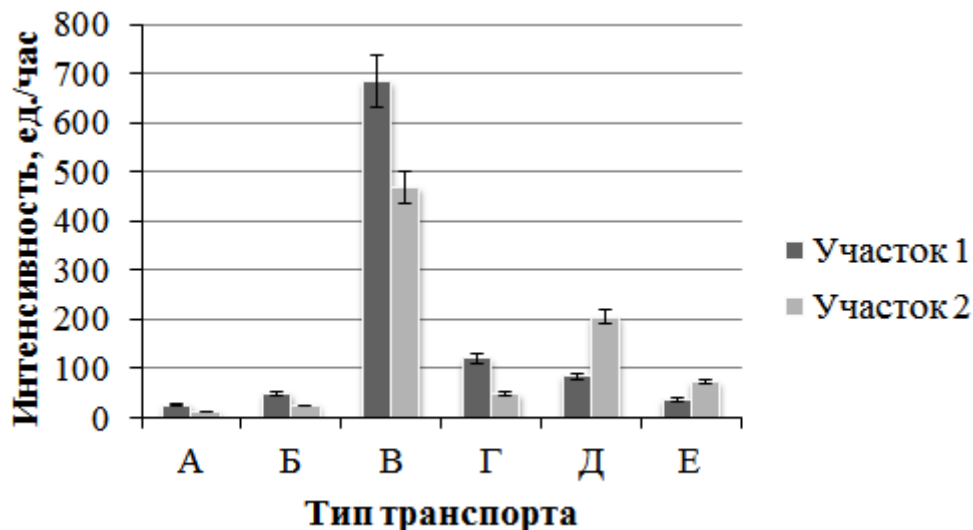


Рис. 2 – Интенсивность транспортного потока на участках проведения исследований

Примечания: А – Грузовые тяжелые, Б – Грузовые легкие, В – легковые автомобили иностранные; Г — автомобили легковые отечественные; Д — автомобили-внедорожники иностранные, Е – Муниципальный транспорт.

От интенсивности транспортного потока зависит и вибрационно-акустическое зашумление территории. Установлено, что по улице Шахтеров Донбасса максимумы звукового давления располагаются в диапазоне 70-80 дБА и зависят от вида транспорта (табл. 1).

Таблица 1 – Средние значения шумового загрязнения (дБА) по ул. Шахтеров Донбасса, города Донецка

Территория исследования	Расстояние от автополотна, м	
	0,5	2 (1 ряд деревьев)
	Среднее	Среднее
Участок №1 (точка замера 1)	81±2	73±1
Участок №1 (точка замера 2)	77±1	72±1
Участок №1 (точка замера 3)	76±1	71±1
Участок №2 (точка замера 4)	82±2	79±2
Участок №2 (точка замера 5)	75±1	72±1
Участок №2 (точка замера 6)	84±2	73±1

Обозначения: Участок 1 – ул. Шахтеров Донбасса (правая сторона); Участок 2 – ул. Шахтеров Донбасса (левая сторона).

Проведя мониторинг состояния древесных растений, установили, что из 108 исследованных растений, наибольшей представленностью обладали: *Robinia pseudoacacia* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Betula pendula* Roth, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Sorbus aucuparia* L. В первом ряду насаждений, с максимальным действием фактора, выявлены значительные повреждения растений: грибковые поражения ствола, стволовая расширенная гниль (Рис. 3, А, Б), морозобоины (Рис. 3, В), кабы или наросты (Рис. 3, Г), суховершинность и сухобочинность кроны.

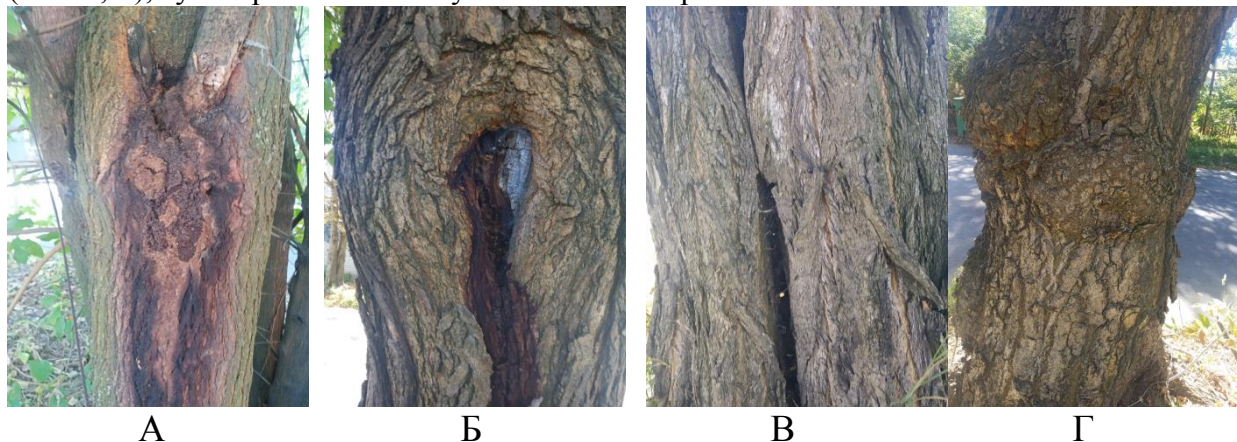


Рис. 3 – Повреждения ствола на исследуемой территории
Обозначения: А, Б – расширенная гниль, В – морозобоины, Г – кабы или наросты.

Наибольшие повреждения отмечены у тополя черного и робинии псевдоакации, что связано также с достижением критического возраста растений в условиях антропопрессинга [12].

Выводы

1. В результате проведенных исследований установили, что средний уровень интенсивности транспортного потока на выбранной территории составляет в среднем 850 ± 32 ед./час на всех участках, что соответствует среднему уровню антропогенного загрязнения.

2. Исследования вибрационно-акустического шума показали, что по ул. Шахтеров Донбасса возле автомагистрали (0,5 м) звуковое давление в среднем составляет 79 ± 4 дБА, а в первом ряду деревьев 73 ± 3 дБА. Как следствие такое воздействие должно отражаться на живых системах, в том числе древесных растениях.

3. При оценке состояния древесных растений, установили, что из всей выборки исследованных растений, наибольшей представленностью обладали: *Robinia pseudoacacia* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Betula pendula* Roth, *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle, *Sorbus aucuparia* L. Жизнеспособность древесных растений, по физиологическим и морфологическим показателям в условиях зашумления, в среднем составила 3 балла (состояние оценивалось как ослабленное).

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ государственной регистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. – 2022. – №12 (175). – С. 166-170. EDN: JJZVTE
2. Кольченко О. Р., Корниенко В. О. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2019. – №3-4. – С. 151-162. EDN: PAUIGC
3. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2022. – №11/2. – С. 28-34. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.11-2.13
4. Корниенко В. О., Приходько С. А., Яицкий А. С. Оценка жизненного состояния древесных насаждений в условиях урбанизированной среды // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2020. – № 03/2. – С. 14-19. EDN: GWBRPR
5. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка: монография / В.О. Корниенко, В.Н. Калаев. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. – 109 с. ISBN: 978-5-9273-3220-5; EDN: HCFNFD
6. Корниенко В.О., Хархота Л.В. Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка // Самарский научный вестник. - 2023. - Т. 12. - №2. - С. 46-51. DOI: 10.55355/snvt2023122107
7. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность деревьев березы повислой в г. Донецке // Лесоведение. – 2022. – №3. – С. 321-334. DOI: 10.31857/S0024114822020073
8. Корниенко В. О. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – № 134. – С. 93-100. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-93-100
9. Сафонов А.И., Алемасова А.С., Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Юшин Н.С., Кравцова А.В., Чалигава О. Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса // Геохимия. – 2023. – Т. 68. – №10. – С. 1032-1044. DOI: 10.31857/S0016752523100114
10. Алемасова А.С., Сафонов А.И. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. – 2022. – Т. 26. – №6. – С. 5-13. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13
11. Сафонов А. И. Новые виды растений в экологическом мониторинге Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2020. – № 1. – С. 96–100. EDN: QKKMNH

12. Поляков А.К. Интродукция древесных растений в условиях техногенной среды / А.К. Поляков под общ. Ред. Чл.-корр. НАН Украины А.З. Глухова; Донецкий ботанический сад НАН Украины. – Донецк: «Ноулидж», 2009 – 268 с.

THE NOISE OF THE CENTRAL PART OF DONETSK AND ITS BIOLOGICAL EFFECTS ON DENDROCENOSES

Annotation. In this paper, the effect of noise on the viability of woody plants growing in the central part of the city of Donetsk, on the territory of Shakhterov str., Donbass, is investigated. As a result of the conducted research, it was established that the average level of traffic flow intensity in the selected area is on average 850 ± 32 units /hour in all areas, which corresponds to the average level of anthropogenic pollution. Studies of vibration and acoustic noise have shown that on Shakhterov Street in Donbass near the highway, the sound pressure averages 79 ± 4 dBA. The main violations of the tree trunk have been identified. Plant viability averaged 3 points (weakened plants).

Keywords: noise, anthropogenic load, woody plants, viability.

Vylivok E. A.

Scientific director: Kornienko V.O., PhD in Biological sciences, Associate Professor

Donetsk state university

E-mail: alena.viliwok@yandex.ru

УДК 581.15 (477.60)

ПОЛЕМОСТРЕСС В ДОНБАССЕ: ПОСТАНОВКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Гунченко И.А.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. Ситуация с обостренным военно-политическим конфликтом на территории Донбасса формирует научный поиск способов идентификации фитоиндикационных реакций на действие факторов полемостресса. В целом, это задача может иметь как прикладные механизмы использования данных для экологического мониторинга в регионе, так и затрагивает целый ряд фундаментальных вопросов, объединенных тематическим направлением по стратегиям выживания и выработки механизмов адаптации и толерантности к резким и неблагоприятным условиям существования (на примере донецкого экономического региона).

Ключевые слова: фитоиндикация, полемостресс, Донбасс, экологический мониторинг, фитомониторинг, диагностика среды, полевой эксперимент, трансформация ландшафтов.

Важность большинства экологических экспериментов заключается в их своевременности. Многие ценности, продиктованные коллективно-западными традициями, заставляют ученых с многолетним мировым грантопотребительским коэффициентом реализовывать свою научную программу вне жестокой политики поиска истины, поэтому нами был подготовлен библиографический указатель [1–23] в специфическом формате для возможного привлечения широкой научной общественности к проблеме полемостресса.

Цель работы – на основании реализованного полевого эксперимента в совокупности актуальных данных о состоянии природных сред в Донбассе, полученных научно-педагогическим коллективом и студентами кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета, рассмотреть возможные методические подходы в сборе и обработке данных при постановке эксперимента в условиях полемостресса.

Используя результаты непосредственно по полемострессу [1], фитоиндикационном экологическому мониторингу [2–5], библиографическому учету [6], диагностике факторов загрязнения [3, 4, 7–13] и на основании данных о структурном полиморфизме растений, стратегий выживания и применения этих знаний в образовательной деятельности [14, 15], на современном этапе реализуются программы изучения водных объектов [16], урбанизированных природно-территориальных систем [17], воздушной среды [18], геохимической активности ландшафтов [19], устойчивости растений к экстремальным факторам [20–22] в применении к крупным населенным территориям [23].

Методически обоснованным для сложившейся ситуации в Донбассе является совмещение способов реализации полевого (открытого) эксперимента для ландшафтов с дробной многофакторной системой биотестирования в лаборатории и камеральными обработками полевых сборов, что также требует применения процедуры градации, квантификации – в градиенте факторов напряжения таким образом, чтобы состояние растительных организмов было оценено в количественном выражении по принадлежности к определенному диапазону значений факторов: лимитирующего, или нескольких, выполняющих функцию трансформирующих ограничителей).

Во временных контрастах по внешнему облику ландшафта может быть проведен визуальный вывод о специфике территориальной эксплуатации местности (рис. 1, 2),

степени нарушенности (трансформации) естественно географического компонента на определённой территории.

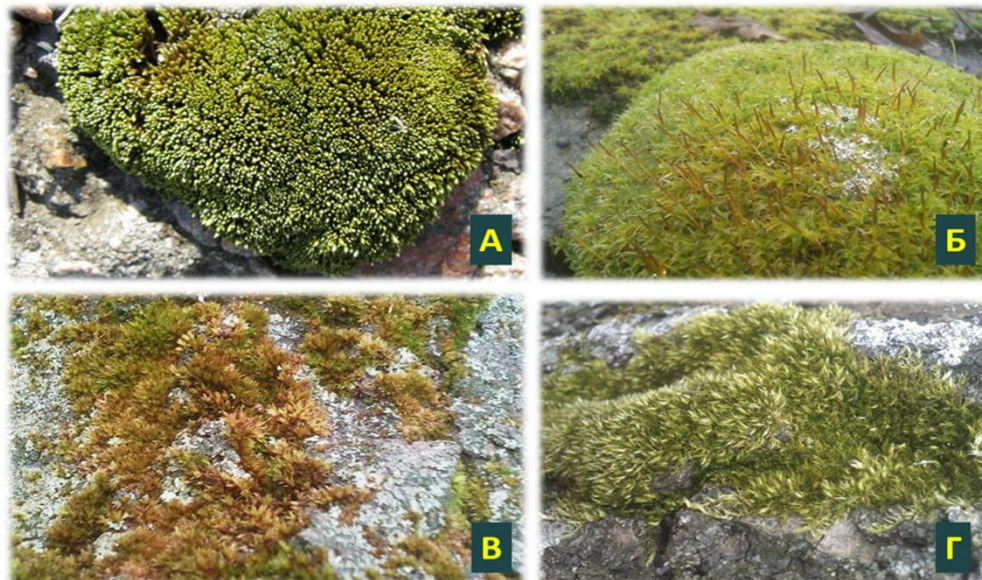


Рис. 1 – Экскурсионно-визуальное сравнение ландшафтной геодинамики в доминирующих вопросах эксплуатации территории Центрального Донбасса



Рис. 2 – Примеры локальных результатов нарушений естественного растительного покрова в Донбассе в результате военных действий:
А, Б – глубинные взрывы, В, Г – поверхностные нарушения

Материалы первичных сукцессионных процессов (рис. 3) важны для разработки планомерного и направленного процесса оптимизации территории и минимизации неблагоприятных эмиссий в окружающую среду, поскольку вовлечение особо токсичных соединений и отдельных элементов в составе металлической пыли представляет более серьезную экологическую проблему, чем в составе растений.



Жизненные формы бриофитов, характерные для разных стадий сукцессионного процесса: *Bryum argenteum* Hedw. (А), *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr (Б), *Phascum cuspidatum* Hedw. (В) и *Pylaisia polyantha* (Hedw.) Schimp. (Г)



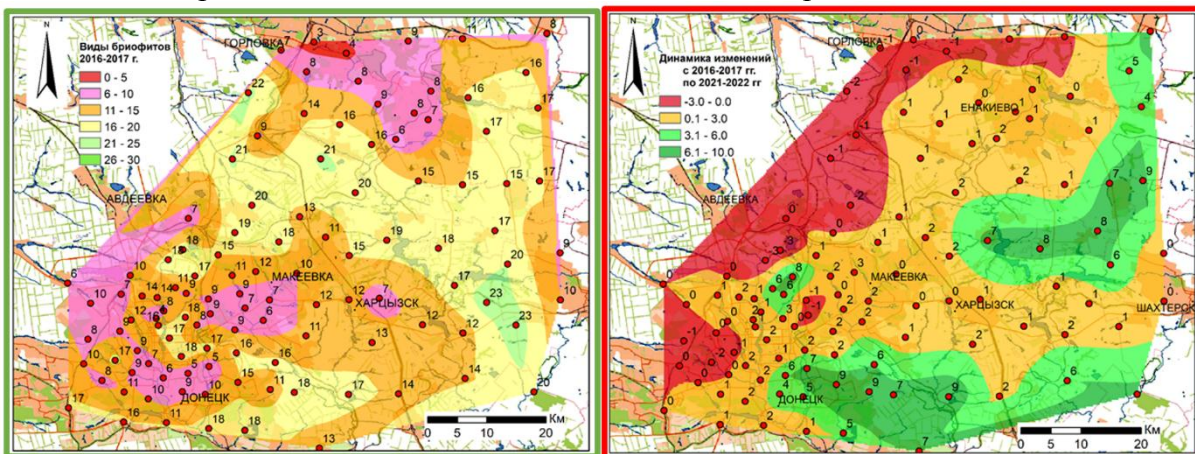
Пионерные поселения *Orthotrichum speciosum* Nees, *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Tortula muralis* Hedw. (А) и *Orthotrichum speciosum* Nees, *Leskea polycarpa* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch (Б)

Рис. 3 – Системы пионерных оптимизационных преобразований на местах полемостресса при анализе минимизации вредных эмиссий (по экспериментам с бриобионтами, наблюдениям)

Демонстрационная модель полемостресса может доказательным способом очертить линию соприкосновения милитаризационных процессов (если таковая существует) или диагностировать очаги отдельных эффектов полемостресса – это

определенным образом контрастируется при картографической визуализации (рис. 4), при которой ранжированные ряды в динамике могут существенно дифференцировать территорию неблагоприятных факторов для нормального функционирования фитосистем.

В таких условиях реализуются все процессы жизни: протекают все стадии онтогенеза, может наблюдаться ценопопуляционная дифференциация как начальные стадии видообразования в эволюционно подвижных сценариях.



Распределение показателей бриоразнообразия на видовом уровне для территории мониторинговой сети Центрального Донбасса в 2016-2017 гг. (начальный этап инвентаризации)

Численная разница в показателях видового бриоразнообразия в сравнении начального и контрольного этапов инвентаризации в Центральном Донбассе (5 лет)



ВСЮДНОСТЬ ЖИЗНИ

Рис. 4 – Первая визуализационная модель фактора полемостресса при геостратегическом картографировании, формы регистрации бриофитов в экстремальных условиях существования

Для ранжированных рядов, которых в численном эквиваленте адекватнее всего рассчитывать на 5-7 диапазонов, важно выделить вектор напряжения таким образом,

чтобы понять насколько визуализационный процесс на карте совпадает с реальными процессами в открытых системах.

Такие мониторинговые исследования сопряжены с фактором риска для самого исследователя и формируют издержки вредного производственного фактора. Поэтому в реализуемых программах важно разработать такие подходы в сборе материала, чтобы максимально обезопасить лабораторного и (или) технического сотрудника в период нахождения на учетных площадках и при контакте с химически агрессивными средами.

При обработке данных численные показатели важны для статистического учета в разных эквивалентах и способах учета, что при многофакторном корреляционном анализе может дать значение, ранее не выделяемое при простом полевом наблюдении, что позволит расширить возможности фитоиндикационного метода оценки состояния природных сред.

Для анализа учетных площадок проводится одновременный сбор и фотографирование как растительных объектов, так и отбор проб эдафической среды в корнеобитаемом слое (если существует возможность реализации такого эксперимента). Выявляемая фитотоксичность почв (субстратов) – это, безусловно, интегральный показатель, иногда даже более информативный, чем максимально подробный ингредиентный анализ для образца, поскольку индикация реакции живого компонента среды на нео-средообразующий фактор агрессивного состава является более важной характеристикой с позиции выживания в стрессовых условиях. Для Донбасса на современном этапе реализуется широкомасштабный эксперимент по выживанию, выработке новых приспособительных реакций, чтобы сохранить генетический потенциал и способность передавать его по наследству.

Таким образом, при детальном экологическом анализе фактор полемостресса формирует очаги и(или) зоны фитоиндикационного угнетения – открытые экспериментальные площадки по выработке механизмов устойчивости к стрессовым факторам неогенной природы.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ государственной регистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Safonov, A. I. Plants under industrial and military stress (polemostress) / A. I. Safonov // Practice Oriented Science: UAE - RUSSIA - INDIA : Proceedings of the International University Scientific Forum, UAE. Vol. Part 2. – UAE, 2023. – P. 64-72. – EDN RRMQEQ.
2. Safonov, A. I. Phytointicational monitoring in Donetsk / A. I. Safonov // World Ecology Journal. – 2016. – Vol. 6, No. 4. – P. 59-71. – EDN WADNKKV.
3. Safonov, A., Glukhov A. Ecological phytomonitoring in Donbass using geoinformational analysis // BIO Web Conf. 2021. V. 31. P. 00020 <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100020>.
4. Zinivovskaia, I.I., Vergel K.N., Safonov A.I., Yushin N.S., Kravtsova A.V., Chaligava O. Using moss *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid for assessing the technogenic pollution (Ni, Zn, Mn, Al, Se, Cs, La, and Sm) of transformed ecotopes of Donbass // Ecosystem Transformation. 2023. V. 6. No 3. P. 22–38. <https://doi.org/10.23859/estr-220726>. EDN GHVAZY.
5. Safonov, A.I., Alesmasova A.S., Zinivovskaia I.I., Vergel K.N., Yushin N.S., Kravtsova A.V., Chaligava O. Morphogenetic abnormalities of bryobionts in geochemically contrasting conditions of Donbass // Geochemistry International. 2023. V. 68. No 10. P. 1032–1044. <https://doi.org/10.1134/S0016702923100117>.
6. Avraimova, T.V., Safonov A.I. Ecological developments in Donbass: bibliographic control and promotion of research // Scientific and Technical Libraries. 2023. V. 3. P. 30–42. <https://doi.org/10.33186/1027-3689-2023-3-30-42>. EDN BLUFHQ.

7. Alemasova, A.S., Safonov A.I. Heavy metals in phytosubstrates as indicators of anthropogenic air pollution in industrial region // *Forestry Bulletin*. 2022. V. 26, No. 6, P. 5–13. <https://doi.org/10.18698/2542-1468-2022-6-5-13>. EDN XRXDNV.
8. Safonov, A. Ecological scales of indicator plants in an industrial region // *BIO Web of Conferences*. 2022. 43. P. 03002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224303002>. EDN PUWEGC.
9. Safonov, A.I. Abnormalities of embryo structures in Donbass indicator plants // *Diversity of plant world*. 2022. V. 14. No 3. P. 5–18. <https://doi.org/10.22281/2686-9713-2022-3-5-18>. EDN GQUFYH.
10. Safonov, A.I. Theratogenesis of indicator plants of industrial Donbass // *Diversity of plant world*. 2019. V. 1. No 1. P. 4–16. <https://doi.org/10.22281/2686-9713-2019-1-4-16>. EDN IJNXJE.
11. 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. V. 13. No 1. 52–59. EDN XRAETZ.
12. Safonov, A. Plants of Donbass for environmental monitoring // *Green economy in the function of solving global environmental problems*. Belgrade. – Zemun : Akademska izdanja, 2023. – P. 131.
13. Safonov, A. I. Approbation of botanical expertise method in ecological monitoring / A. I. Safonov // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. – 2014. – Vol. 10, No. 2. – P. 219-221. – EDN WBLOSD.
14. Safonov, A. I. Plant ecological strategies in the conditions of anthropogenic transformation of the Donbass landscapes / A. I. Safonov // *Scientific research of the SCO countries: synergy and integration : Proceedings of the International Conference, Beijing, 2023*. – P. 122-129. – EDN EKQYRY.
15. Safonov, A. Indicator plants of anthropogenic disturbances: Scientific approach, educational technologies // *E3S Web Conf*. 2023. – 431. 01031. DOI: 10.1051/e3sconf/202343101031.
16. Mirnenko, E. I. Taxonomic diversity of phytoplankton of the Kalmius River and its reservoirs / E. I. Mirnenko // *Ecosystem Transformation*. – 2022. – Vol. 5, No. 2(16). – P. 3-13. – DOI 10.23859/estr-220204. – EDN HHHBBM.
17. Monitoring of factors of ecological safety of urbanized territories' population (by example of settlements of Voronezh region) / S. A. Yeprintsev, S. A. Kurolap, I. V. Komov, I. V. Y. Minnikov // *Life Science Journal*. – 2013. – Vol. 10, No. 12s. – P. 846-848. – EDN UZUSAB.
18. Mirnenko, N.S. Pollen viability of some woody plants species in Donetsk agglomeration. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2022, vol. 26, no. 6, pp. 55–61. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-55-61. EDN GGMVXI.
19. Ermakov, V. V., Tyutikov S. F., Degtyaryov A. P., Gulyaeva U. A., Danilova V. N. Characteristics of the accumulation of metals by plants and the activity of soil enzymes in metallogenic territories of the Northern Caucasus // *Geochemistry International*. 2022. Vol. 60, N 8. – P. 772–778. DOI 10.1134/s0016702922070023. EDN HCOKUZ
20. Kharchenko, N. N. Mechanical resistance of *Quercus robur* L. at the environmental boundary of the species distribution in the steppe / N. N. Kharchenko, V. N. KalaeV, V. O. Kornienko // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. P. 12049. DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012049. EDN HNQTEI.
21. Frunze, O. Sorption capacity of ornamental herbaceous plants under conditions of soil contamination with lead // *E3S Web of Conf*. 2023. Vol. 462. P. 02004. DOI : 10.1051/e3sconf/202346202004.
22. Kalinina, A. The state of species of the genus *Oenothera* L. cenopopulations in transformed ecotopes of Donbass // *Forestry information*. 2022. № 3. P. 135–144. DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.12. EDN ZROQMW.
23. Biogeochemical assessment of the urban area in Moscow / V. Ermakov, S. Khushvaktova, S. Tyutikov [et al.] // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2017. – Vol. 189, No. 12. – P. 641. – DOI 10.1007/s10661-017-6363-y. – EDN XXCHLN.

FIELD STRESS IN DONBASS: CONSTRUCTING AN EXPERIMENT

Annotation. The situation with the aggravated military-political conflict on the territory of Donbass is shaping the scientific search for ways to identify phytoindicative reactions to the action of field stress factors. In general, this task can have both applied mechanisms for using data for environmental monitoring in the region, and touches on a number of fundamental issues, a united thematic area on survival strategies and the development of mechanisms of adaptation and tolerance to harsh and unfavorable living conditions (using the example of the Donetsk economic region).

Keywords: phytoindication, field stress, Donbass, environmental monitoring, phytomonitoring, environmental diagnostics, field experiment, landscape transformation.

Gunchenko I.A.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 574.55; 574.58

ВИДОВОЙ СОСТАВ ФИТОПЛАНКТОНА ПРУДОВ Г. ДОНЕЦКА

Гулько В.Д.

*Научный руководитель: Мирненко Э.И., старший преподаватель.
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В данной работе рассматривается фитопланктон, как биоиндикатор состояния окружающей среды. Выявлены основные критерии, показывающие изменения в окружающей среде, а также представлена оценка состояния водных объектов города Донецка на примере пруда Молочный.

Ключевые слова: фитопланктон, альгофлора, водные объекты г. Донецк.

Введение. Городские водоемы в последние годы вызывают все больший научный интерес в связи с растущей антропогенной нагрузкой на окружающую среду. Ухудшение качества воды является актуальной экологической проблемой [1, 2]. Помимо природных процессов, изменяющих химический состав воды, важную роль играют антропогенные воздействия, такие как изменение геохимических, появление токсинов в водной среде, эвтрофикация, подкисление и, как следствие, ухудшение качества воды. Как известно, городские водные объекты выполняют важную функцию регулировки водного режима ландшафта, поддержки его баланса и перераспределения воды. В черте города водные объекты выполняют функцию градообразующего фактора, имеют эстетическое значение и используются для рекреации, поэтому качество их воды должно соответствовать экологическим стандартам [2, 3]. В то же время, городские водоемы характеризуются высокой степенью уязвимости не только при чрезмерном использовании водных ресурсов, но и при застройке прилегающих территорий. Для оценки экологического состояния водоемов широко используются показатели встречаемости фитопланктона. Важность характеристик фитопланктона при изучении водных экосистем определяется его положением как независимого трофического продуцента в основании экологической пирамиды. Фитопланктон – это автотрофные организмы формирующие трофический базис водоёмов. Они быстро реагируют на изменения состояния водной среды и являются индикаторами состояния водной экосистемы в целом [2-5].

Наиболее важными параметрами в качестве биологических индикаторов состояния водной среды являются определение видового состава планктонных водорослей, использование водорослей в качестве биологических тест-объектов условий среды, сравнительный морфологический анализ клеточных условий и динамики различных параметров сообщества и отдельных организмов. Все перечисленные параметры позволяют определить качество среды [3-5]. Закономерность функционирования водной экосистемы в условиях антропогенной нагрузки может быть определена на основе данных о ботаническом и видовом разнообразии сообщества. Важнейшим аспектом биоиндикаторного метода является видовой состав водорослевого сообщества. Биоиндикаторные системы развивались таким образом, чтобы появление или исчезновение определенного вида можно было наблюдать в первую очередь при определенных условиях среды. Другими словами, в качестве индикатора условий использовалась система "вид-индикатор: присутствует - отсутствует". Затем эта система развивалась, расширяя список видов-индикаторов, сгруппированных по наиболее характерным признакам условий. Затем в систему были включены количественные характеристики обилия видов, сначала в виде баллов, а затем в виде долей. Методы биоиндикации разрабатывались с начала XX века, но значительный скачок вперед произошел с разработкой метода Сладчека, а затем Ватанабе [4-6].

Методы биоиндикации, основанные на видовом составе сообществ и численности водорослей, позволяют комплексно оценить последствия всех природных и антропогенных процессов, происходящих в водоеме. Кроме того, биоиндикаторы на основе водорослевых сообществ - это биологический метод выражения, в то время как химический анализ является дорогостоящим, а важным преимуществом автотрофов является то, что водоросли не успевают накапливать загрязняющие вещества и первыми в трофической цепи реагируют на них. Реакцией на изменение условий окружающей среды является изменение состава и численности водных организмов, и изменения в сообществах водорослей могут происходить в течение нескольких часов при изменении условий окружающей среды. Методы биоиндикации для более высоких трофических уровней наземных экосистем на водосборах еще недостаточно разработаны. Для более низких трофических уровней биоиндикаторные оценки используются достаточно широко. Одним из основных показателей биообращения является индекс распада, который характеризует зоны с различным количеством неповрежденного белка, наличием или отсутствием кислорода и сероводорода [6-8]. Исходя из этого, они делятся на полисапробные, бетасапробные, альфасапробные и олигосапробные зоны, и для каждой из них оценивается качество загрязнения: - олигосапробная зона (качество воды 1 - класс 1, т.е. очень чистая вода); - олигосапробная зона (качество воды 1 - класс 1, т.е. очень чистая вода). β - мезосапробная зона - умеренно загрязненная вода; - α - мезосапробная зона - загрязненная вода; - полисапробная зона (класс 5 - 6) - загрязненная вода. После полисапробной зоны есть несколько зон очень загрязненных вод, но используются четыре основные зоны [7,8].

Приведенная выше система была разработана Р. Пантле и Г. Буком и впоследствии обобщена В. Сладечком. Однако следует учитывать, что планктонные водоросли дают мгновенные характеристики, а перифитон, прикрепленный к субстрату и расположенный рядом, характеризует состояние водоема и дает уплощенные характеристики [7]. Признаками сильного загрязнения являются высокий уровень субстрата, высокая мутность воды, особенно в теплое время года, пленки на поверхности водных зеркал, неприятные запахи, активное газообразование, периодическое загрязнение и неконтролируемый рост фитопланктона). Доминирующее состояние цианобактерий водорослей ("цветение" водоемов) чередуется с загрязнением гидробионтов и ихтиофауны [2-7]. Это связано с тем, что разложение биомассы отмирающих цианобактерий водорослей лишает воду жизненно важного кислорода и создает питательные вещества для нового массового "цветения". Загрязнение водоемов в первую очередь негативно сказывается на составе полезной микрофлоры (биоценоза) водоема, которая является важным компонентом биологического равновесия и самоочищения водоемов. Водоемы с нарушенным микробным самоочищением быстро насыщаются не окисленными органическими веществами и биогенными элементами, что приводит к необратимому эвтрофированию. Для восстановления и оздоровления водоемов необходимо интенсивно очищать воду и донные отложения от разлагающихся органических веществ и биогенных элементов, восстанавливать кислородный режим и механизмы биологического самоочищения водоема. Наиболее подходящими видами оказались бурые водоросли и моллюски. Водоросли отражают высоко интегрированные концентрации металлов в окружающей среде, что, по-видимому, связано с чрезвычайно длительным периодом полураспада (до нескольких месяцев) биологически связанных металлов. Считается, что поглощение металлов водорослями происходит в основном за счет ионного обмена. Водоросли являются полезными индикаторами радиобиологического статуса водоемов, поскольку обладают высокой обогатительной способностью и активно участвуют в перемещении и накоплении радионуклидов [3-8].

Реакции организмов на изменение химического состава почвы, воды и воздуха очень разнообразны: поведенческие изменения (поведенческие реакции), стимуляция или торможение роста, накопление биомассы, пигментация, состав крови, изменение биоэлектрической активности органов и тканей, нарушение работы различных систем органов (размножение, пищеварение), патологические и анатомические изменения в организме, накопление загрязняющих веществ в биомассе и даже смерть. Накопление загрязняющих веществ в биомассе и даже смерть. Экологический подход к этому вопросу показывает, что необходимо признать и принять во внимание следующие основные принципы, которые полезны и важны для разработки стандартов оценки приемлемого загрязнения и качества окружающей среды [5-9].

Оценка качества воды по видовому разнообразию водных организмов позволяет выявить степень загрязнения, зоны загрязнения и экологические последствия для водного объекта, а близость зон загрязнения можно оценить по расположению эрозионных зон в водном объекте. Исследования функциональных механизмов морских прибрежных экосистем основаны на понимании поглощения минеральных питательных веществ различными представителями планктонного сообщества, влияния солености на рост и развитие водорослей, биомониторинга загрязнения тяжелыми металлами прибрежных вод, а также видового состава и количественных характеристик водорослей. Помимо абиотических факторов, важнейшим абиотическим фактором среды обитания водных организмов, в том числе одноклеточных водорослей, является общая соленость морской воды [6-9].

Таким образом, методы биологической маркировки могут быть основаны на определении видового разнообразия, экологической ценности видов, коррозионной активности видов и т.д.

Основная часть. В ходе идентификации фитопланктона пруда Молочный г. Донецка было идентифицировано 72 вида водорослей, относящихся к 4 отделам (*Cyanobacteria*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta*), 20 семействам и 42 родам. Доминирующими в фитопланктоне прудов Донецка являются водоросли, относящиеся к отделу *Bacillariophyta*, на долю которых приходилось 50% от общего числа видов и принадлежащие к 17 родам (40,48% от общего числа родов) и 5 семействам. Субдоминантом выступал отдел *Chlorophyta* который насчитывал 23 вида (31,9% от общего числа видов) и 16 родов (38,1% от общего числа родов). *Cyanobacteria* был представлен 11 видами (15,28% от общего числа видов), 7 родами (16,7% от общего числа родов) и 5 семействами. Отдел *Euglenophyta* был представлен одним семейством, включающим 1 вид (1,39% общего числа видов и родов альгофлоры).

Среди водорослей отдела *Bacillariophyta* наибольшим видовым разнообразием отмечалось семейство *Naviculaceae* 25% от общего числа водорослей, а также 16,7% от общего числа родов. *Nitzschiaceae*, объединяющее 11,1% от общего числа видов и 7,2% от общего числа родов и *Fragilariaceae*, представленное 5 видами и 4 родами. Остальные семейства составляли 6,9% от общего числа видов диатомовых водорослей и 7,2% родов данного отдела. Наибольшее разнообразие видов, представляющих отдел *Bacillariophyta*, наблюдалось весной и летом (2-12 видов в одной пробе). Наименьшее количество видов было обнаружено зимой (1-4 вида в одной пробе). Осенью и зимой наиболее часто встречались диатомовые водоросли *Nitzschia*, *Cymbella* и *Navicula*. Весной и летом в основном были представлены роды *Nitzschia*, *Navicula* и *Surirella*.

В сезонной динамике фитопланктона представители зеленых водорослей занимали второе место. Активная встречаемость фитопланктона наблюдалась весной (18 видов), а наибольшее видовое разнообразие - летом (20 видов). Весной и летом представители родов *Monoraphidium* и *Tetraedron* показали резкое снижение видового разнообразия.

Осенью и зимой зеленые водоросли были представлены в основном представителями родов *Coliella*, *Monoraphidium* и *Oocystis*.

Цианобактерии оставались активными весной и летом (в среднем 11 видов за сезон), но осенью их численность сократилось до восьми видов. Наиболее часто встречались рода: *Merismopedia*, *Microcystis* и *Oscillatoria agardhii* f. *agardhii*, причем представители *Phormidium* встречались почти в каждой пробе. Представители *Euglenophyta* были обнаружены в прудах только весной и летом в едичном составе. Наиболее часто доминировал род *Euglena*.

Учитывая особенности отбора биоиндикаторов, диатомовые водоросли (*Bacillariophyta*) быстро реагируют на изменение солености и соотношения минеральных компонентов, а при повышении концентрации фосфора в среде и снижении содержания азота у видов *Leptocylindrus danicus* Cleve и *Thalassionema nitzschioides* Grunow наблюдается увеличение цепочек клеток. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что использование фитопланктона в качестве биологического индикатора позволяет получить наиболее полные данные о современном состоянии водоемов и всех происходящих в них природных и антропогенных процессах.

Проведенные исследования пруда Молочный г. Донецка можно выделить наиболее часто встречающиеся виды фитопланктона: *Synechocystis aquatilis*, *Merismopedia punctata*, *Microcystis aeruginosa*, *M. pulverea*, *Aphanizomenon flos-aquae*, *Euglena viridis*, *Melosira varians*, *Diatoma vulgare*, *Navicula lacustris*, *Chlorella vulgaris*, *Oocystis lacustris*, *Monoraphidium contortum*, *Scenedesmus obliquus*, *Scenedesmus quadricauda*.

Выводы. Таким образом, доминирующую роль диатомей в формировании фитопланктонных сообществ можно объяснить высокой степенью устойчивости к антропогенному загрязнению. Зеленые водоросли и цианобактерии играли меньшую роль в формировании планктонных сообществ, но в пробах встречались не реже, что говорит о сбалансированности всей экосистемы, т.к. высокое видовое разнообразие говорит о чистоте водного объекта.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вассер С. П. Водоросли : справочник / С. П. Вассер, Н. В. Кондратьева, Н. П. Масюк и др. – К. : Наук, думка, 1989. – 608 с.
2. Гнатюк И. А. Зеленые водоросли (Chlorophyta) в прудах Г. Донецка / И. А. Гнатюк, А. С. Ищенко, Э. И. Мирненко // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сборник материалов XV Международной конференции аспирантов и обучающихся : посвящается 100-летию Донецкого национального технического университета 95-летию Заповедника «Хомутовская степь», Донецк, 13–15 апреля 2021 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2021. – С. 218-219.
3. Зилов Е. А. Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем) : уч. пос. / Е. А. Зилов. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун - та, 2009. – 147 с.
4. Константинов А. С. Общая гидробиология / А. С. Константинов. – М. : Высш. шк., 1986. – 472 с.
5. Мирненко Э. И. Особенности развития фитопланктона Старобешевского водохранилища / Э. И. Мирненко // Экология родного края: проблемы и пути их решения : Материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров, 24–25 апреля 2023 года. Том Книга 1. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 208-211. – EDN ILEBGE.
6. Мирненко Э. И. Семейство Hydrodictyaceae в водоемах Донбасса / Э. И. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 35-40. – EDN CSAYZC.

7. Мирненко, Э. И. Диатомовый анализ водохранилищ, расположенных на р. Кальмиус / Э. И. Мирненко // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 1. – С. 82-86. – DOI 10.55355/snvt2023121112. – EDN ОНМУХМ.
8. Мирненко Э. И. Динофитовые водоросли в альгофлоре Старобешевского водохранилища / Э. И. Мирненко // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сборник материалов XVI Международной конференции аспирантов и обучающихся, Донецк, 02–04 июня 2022 года. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2022. – С. 43-44. – EDN WMQMPD.
9. Мирненко Э. И. Таксономическое разнообразие фитопланктона реки Кальмиус и водохранилищ, расположенных на ней / Э. И. Мирненко // Трансформация экосистем. – 2022. – Т. 5, № 2(16). – С. 63-73. – DOI 10.23859/estr-220204. – EDN KANIXE.
10. Мирненко Э. И. Антропогенная минерализация водных экосистем как фактор трансформации комплексов фитопланктона / Э. И. Мирненко // Донецкие чтения 2021: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : материалы VI Международной научной конференции, Донецк, 26–27 октября 2021 года. Том 3. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2021. – С. 126-128. – EDN WGVQJP. 1. Макуха А.О., Мирненко Э. И. Фитопланктон как индикатор экологических условий в прудах г. Донецка // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. докл. XII Междунар. конф. – ДОННТУ, ДонНУ. – Донецк: ГОУ ВПО «ДОННТУ», 2018. – С. 189-192.

SPECIES COMPOSITION OF PHYTOPLANKTON IN PONDS OF DONETSK

Abstract. This paper considers phytoplankton as a bioindicator of environmental conditions. The main criteria showing changes in the environment are revealed, and also the estimation of the state of water objects of Donetsk city on the example of Molochny pond is presented.

Key words: phytoplankton, algaeflora, water bodies of Donetsk.

Gunko V.D.

Scientific supervisor: Mirnenko E.I. Senior lecturer

Donetsk State University

E-mail: vlada.kamchatnaya@yandex.ru

УДК 582.32 : 581.15 (477.60)

БРИОФИТЫ ДОНБАССА – ИНДИКАТОРЫ И МОНИТОРЫ СОСТОЯНИЯ АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННОЙ СРЕДЫ

Данилевич Л.И.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. Мохообразные в Донбассе являются на современном этапе приоритетной систематической группой для использования в программах по экологическому мониторингу и фитоиндикации. Благодаря своим уникальным способностям по реализации жизненной стратегии, мхи имеют широкое применение в ингредиентном и экотопическом мониторинге, в системе датирования нарушенных поверхностей и экспресс-диагностике природных сред в условиях глубокой антропогенной трансформации, что актуально для программ по восстановлению нарушенных экосистем в Северном Приазовье.

Ключевые слова: мохообразные, фитоиндикация, экологический мониторинг, бриобионты, ингредиентный экологический мониторинг, загрязнение среды, Донбасс.

Группа бриофитов для территории Донбасса рассматривается в мониторинговой тематике [1–5], систематических обзорах [4, 6–8] для реализации в программах экологической диагностики [9–13]. Успешность использования объектов этой систематической группы связана с широким диапазоном выживания в нестабильных экологических условиях (для некоторых видов), высокой пластичностью по структурно-функциональному отклику на действие факторов стресса и уникальностью в раритетности при определении узколокальных видов [4, 6, 8].

Цель работы – проанализировать и дополнить существующие сведения о мохообразных на современном этапе научных исследований в Донбассе для мониторинговых программ, систем диагностики и квантификации природно-территориальных комплексов.

Бриофиты востребованы для индикации геохимического контраста (при условии его формирования) для территорий активной антропогенной изменённости – трансформации [14], по показателям накопления вредных, специфических и прочих продуктов индустриализации в окружающей среде [15, 16]. Тематика по изучению мхов широко представлена при решении вопросов специализации студентов на кафедре ботаники и экологии и работе в Студенческом научном обществе биологического факультета Донецкого государственного университета [17, 18], а также долгосрочных проектов в системе глобального экологического мониторинга [19, 20] на основании добавления в него региональных данных [21–23].

На протяжении 2022 и 2023 гг. нами была изучена коллекция мохообразных на кафедре ботаники и экологии ДонГУ, систематизированы группы растений по новым и дополнительным классификационным источникам, составлен список растений, которые распространены в наибольшем количестве экотопов, включая сорно-рудеральные полигоны, места техногенных аварий и катастроф, места нарушенных экотопов в результате ведения военных действий, на поверхностях источников эмиссий и пр. Эти сведения помогают установить широкую экологическую амплитуду видов, для которых, по-видимому, предусмотрена эволюционная вариабельность по приспособлению в нетипичных условиях благодаря выработанным механизмам толерантности и морфологической пластичности.

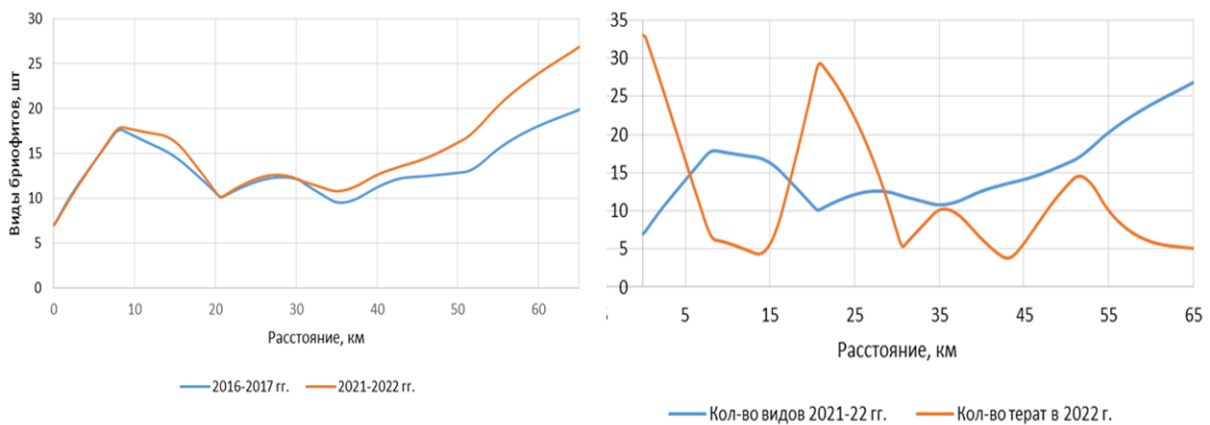
На рисунке 1 собраны варианты встречаемости мохообразных в различных экотопах Донбасса. Графический материал рисунка 2 демонстрирует возрастание

количества видов при их долгосрочном изучении и обратную связь этого показателя с морфологической разнокачественностью в индикации состояния среды.

ИЗУЧЕНИЕ БРИОФИТОВ-МОНИТОРОВ В ДОНБАССЕ



Рис. 1 – Разнообразие жизненных форм и эктопических дифференциаций при обнаружении мохообразных в экстремальных условиях произрастания на территории Донбасса

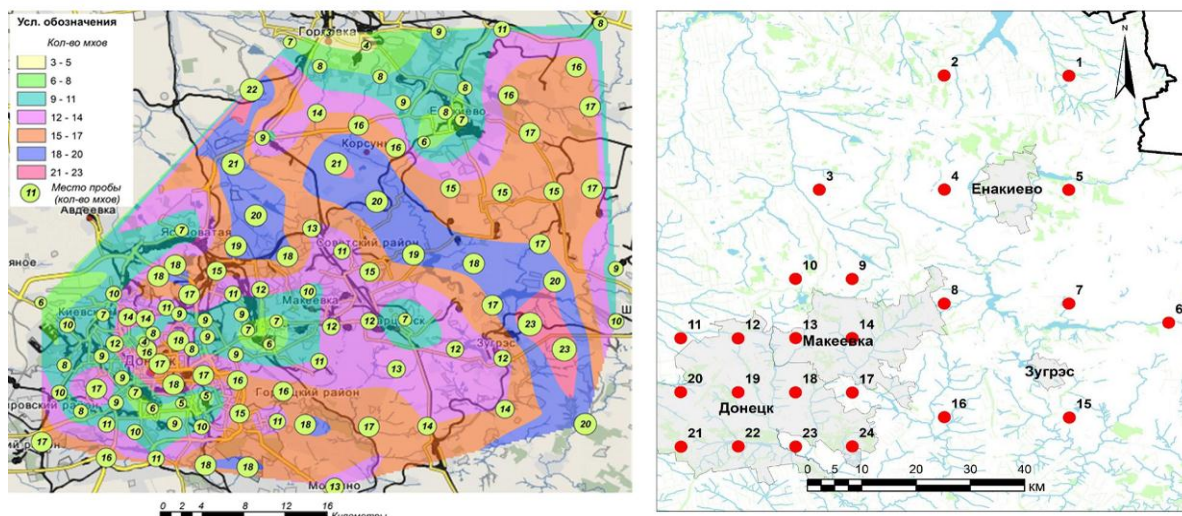


Профиль видового бриоразнообразия в сравнении начального и контрольного этапов инвентаризации в Центральном Донбассе – крайние точки с северо-западного до юго-восточного локалитета

Сравнение профилей видового разнообразия с частотой проявления атипичного полиморфизма у бриофитов по состоянию на конец вегетации в 2022 г.

Рис. 2 – Установление обратной корреляционной зависимости между показателями численности видов и их тератологическими проявлениями у мохообразных для всей мониторинговой сети в Донбассе (динамика по ландшафтным профилям)

Обобщающим материалом является составление картографического материала. Для всех учетных площадок разной мониторинговой сети (рис. 3) используются мхи.



Видовое разнообразие бриобионтов мониторинговой сети центрального Донбасса

Карта точек экспонирования бриобионтов в центральном Донбассе

Рис. 3 – Места локализации учетных площадок с использованием мохообразных для всей 113-компонентной и узлокальной 24-компонентной мониторинговых сетей в Центральном Донбассе для разных исследований [5, 6, 8, 10, 11, 14, 19, 20]

Безусловно, важным компонентом экологических исследований является выделение наиболее редких и охраняемых видов растений на территории подробного мониторинга, что также осуществляется при изучении мхов (рис. 4).

**Виды бриофитов, добавленные к флористическому списку Донбасса с 2019 г.
(единичные локалитеты – координаты WGS-84, м):**



Abietinella abietina (Hedw.) M.Fleisch.
– 6110579 (x) 4254211 (y)

Plagiomnium affine (Blandow ex Funck) T.J.Kop.
– 6126470 (x) 4266466 (y)

- *Dicranum fulvum* Hook. – 6101515 (x) 4261428 (y);
- *Didymodon fallax* (Hedwig) R. H. Zander – 6153170 (x) 4271729 (y);
- *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm. – 6093064 (x) 4218058 (y);
- *Hamatocaulis vernicosus* (Mitt.) Hedenäs – 6147184 (x) 4273753 (y);
- *Mnium lycopodioides* Schwägr. – 6114356 (x) 4265065 (y);
- *Orthotrichum diaphanum* Brid. – 6089779 (x) 4236775 (y)



Рис. 4 – Экспозиция наиболее редко встречающихся видов мохообразных за период изучения с 2019 по 2023 гг. (для территории Центрального Донбасса) в системе комплексного мониторинга региона

Комплексное использование мхов важно в таксономических, экологических, прикладных мониторинговых исследованиях, в системе оптимизации среды при задернении нарушенных мест или территорий как источников антропогенных эмиссий в регионе, а также широко известно в задачах по фитодизайну интерьера, по созданию флористических композиций, изучению в ландшафтном дизайне и зеленой архитектуре городов и широко урбанизированных территорий в осенне-зимний и ранневесенний сезоны.

Вопрос: являются ли редкие (единично зарегистрированные в результате наблюдения) виды эволюционно менее стабильными или это первичные пионерные ареалы при их заносе из других территорий – остается открытым и требует долгосрочных наблюдений.

Таким образом, мохообразные в Донбассе за последнее десятилетие приобрели научный интерес, благодаря своим характеристикам в экологической валентности и уникальным свойствам пластичного вживания в тех нишах, которые не составляют существенную ресурсную потребность для представителей других таксономических групп растений.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алемасова, А. С. Накопление тяжелых металлов мохообразными в различных экотопах Донбасса // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов. – Киров: Вятский государственный университет, 2019. – С. 60-65. – EDN EMTNHO.
2. Алемасова, А. С. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе / А. С. Алемасова, А. И. Сафонов // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 6. – С. 5-13. – DOI 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13. – EDN XRXDNV.
3. 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.
4. Морозова, Е. И. Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки / Е. И. Морозова // Донецкие чтения 2017. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. – С. 100-101. – EDN YOUSVF.
5. Сафонов, А. И. Итоги многоцелевого изучения биоразнообразия в Донбассе (2015-2022 гг.) / А. И. Сафонов // Вестник Тульского государственного университета. – Тула: ТулГУ, 2023. – С. 120-130. – EDN FQNQVV.
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. Морозова, Е. И. Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных / Е. И. Морозова // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности: Донецк: Издательство Южного федерального университета, 2016. – С. 317-318. – EDN YUAPBZ.
8. 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.
9. Гермонова, Е. А. Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе / Е. А. Гермонова // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2019. – С. 202-204. – EDN XFYXFQ.
10. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
11. Сафонов, А. И. Видовое разнообразие бриобионтов мониторинговой сети Центрального Донбасса / А. И. Сафонов, Е. И. Морозова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2021. – № 1-2. – С. 39-43. – EDN AOINBS.

12. Сафонов, А. И. Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса / А. И. Сафонов // Разнообразие растительного мира. – 2019. – № 1(1). – С. 4-16. – DOI 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16. – EDN IJNXJE.
13. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
14. 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.
15. Сергеева, А. С. Накопление тяжелых металлов гаметофитами мохообразных в экотопах промышленного Донбасса / А. С. Сергеева // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2018. – С. 217-218. – EDN VNDRTQ.
16. Сергеева, А. С. Бриоиндикация состояния воздуха в промышленной части Северного Приазовья / А. С. Сергеева, А. С. Алемасова // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2019. – С. 272-274. – EDN RPWAMI.
17. Сафонов, А. И. Функциональная ботаника в Донбассе: экологический мониторинг, информационные ресурсные технологии, фитодизайн / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2017. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN YPPBQC.
18. Бондарь, Е. Н. Фрагмент бриотеки городских агломераций Донбасса / Е. Н. Бондарь // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2021. – Т. 1, № 13. – С. 19-23. – EDN QWMODZ.
19. Биомониторинговая программа по оценке воздуха в Донбассе с помощью нейтронно-активационного анализа / И. И. Зиньковская и др. // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2022. – С. 69-71. – EDN SQZVXC.
20. *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid в оценке техногенного загрязнения (Ni, Zn, Mn, Al, Se, Cs, La, Sm) трансформированных экотопов Донбасса / И. И. Зиньковская, К. Н. Вергель [и др.] // Трансформация экосистем. – 2023. – Т. 6, № 3(21). – С. 22-38. – DOI 10.23859/estr-220726. – EDN GHVAZY.
21. 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/snvt2023122107. – EDN BATLWA.
22. 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.
23. Гермонова, Е. А. Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса / Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 13-22. – EDN QECLTU.

BRYOPHYTES OF DONBASS – INDICATORS AND MONITORS OF THE STATE OF AN ANTHROPOGENICALLY CHANGED ENVIRONMENT

Annotation. Bryophytes in the Donbass are currently a priority systematic group for use in environmental monitoring and phytoindication programs. Thanks to their unique abilities to implement life strategies, mosses are widely used in ingredient and ecotopic monitoring, in the dating system of disturbed surfaces and express diagnostics of natural environments under conditions of deep anthropogenic transformation, which is important for programs for the restoration of disturbed ecosystems in the Northern Azov region.

Keywords: bryophytes, phytoindication, environmental monitoring, bryobionts, ingredient environmental monitoring, environmental pollution, Donbass.

Danilevich L.I.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 502.379.581

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ КУРСА ВНЕУРОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ «ФЛОРА НАРУШЕННЫХ ЭКОТОПОВ ГОРОДА ДОНЕЦКА»

Епифанова С.И., Чайковская М.В.

*Научный руководитель: Калинина А.В., ассистент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В статье представлено обоснование и краткое описание разработанной программы курса внеурочной деятельности «Флора нарушенных экотопов города Донецка» для 10 класса. Программа курса нацелена на реализацию ряда актуальных учебно-воспитательных задач, формирование экологического мышления и популяризацию науки.

Ключевые слова: курс внеурочной деятельности, экологическое мышление, урбанофлора, нарушенные экотопы.

Человечество на современном этапе развития вошло в эпоху новых взаимоотношений с окружающей средой. Происходит переосмысление роли человека в природе [1, 2, 3].

В наши дни особую актуальность приобретает концепция Вернадского о переходе биосферы в ноосферу. Концепция заключается в том, что биосфера должна стать разумно управляемой человеком. Экологические проблемы должны найти решение путем использования передовой научной мысли, благодаря научным достижениям и техническому прогрессу [1]. Соответственно, важнейшей задачей современников является осознание каждым человеком своей роли в сохранении природы и своей ответственности за формирование экологического мировоззрения подрастающего поколения [3].

Донбасс является высоко индустриализированным регионом, что отражается в значительной трансформации природных ландшафтов [4, 5, 6, 7]. На сегодняшний момент экологическая обстановка в регионе остается напряженной, т.к. военные действия связаны не только с гибелью людей, разрушением инфраструктуры, но и наносят ущерб окружающей среде [1].

Соответственно, экологическому воспитанию отводится особое внимание в образовательных организациях, ведется значительная работа по экологическому просвещению с применением всевозможных методов и форм обучения и воспитания [8].

Эффективным средством в формировании экологического мышления является внеурочная деятельность [3]. Она может осуществляться в виде разнообразных форм: научные экологические конкурсы, викторины, экологические месячники, оформление экологических газет и стендов, проведение конкурсов рисунков на экологическую тематику, создание музеев природы своего региона, организация кружков и внедрение курсов внеурочной деятельности на экологическую тематику [2, 8].

В рамках внеурочных занятий можно реализовать ряд важнейших задач в экологическом воспитании и образовании: приобщить школьников к решению экологических проблем родного города, воспитать бережное отношение к природе, направлять к изучению окружающей их среды и д.р. [2, 3, 8, 9].

Растительные сообщества выступают эффективным средством в экологическом воспитании и образовании школьников. В процессе изучения растительных сообществ, которые окружают каждого из нас, можно выполнить диагностику современных

экосистем, получить информацию об экологической обстановке города, освоить азы научно-исследовательской деятельности [1, 4, 7, 10, 11].

Цель работы – разработать программу курса внеурочной деятельности «Флора нарушенных экотопов города Донецка» для учащихся 10 классов, которые увлечены ботаникой и обеспокоены решением экологических вопросов своего города.

На основании действующего Федерального государственного образовательного стандарта особое внимание в образовательном процессе уделяется внеурочной деятельности учащихся. Она является обязательной и неотъемлемой составляющей образовательного процесса. Внеклассная работа соответствует учебно-воспитательным задачам школы и выступает эффективным средством воспитания и обучения подрастающего поколения. С помощью курсов внеурочной деятельности реализуется совокупность актуальных задач в образовательном процессе: удовлетворение индивидуальных потребностей и организация полезного досуга обучающихся, раскрытие и дальнейшее развитие способностей и талантов [2, 9].

Основанием разработки программы курса внеурочной деятельности «Флора нарушенных экотопов города Донецка» выступила не только привлечение молодежи к решению экологических проблем, но и необходимость популяризации науки. На данный момент в России наблюдается переосмысление значимости науки, роли молодого поколения в построении будущего страны. В обществе и на государственном уровне наблюдается повышение интереса к привлечению молодого поколения в исследовательскую сферу. Пропаганда науки, научных знаний является основным средством пополнения кадров в научной сфере, т.е. курс имеет профориентационное значение.

Следует отметить, что разработанная программа курса направлена на освоение учащимися знаний о растениях, фиторазнообразии Донецка, диагностики состояния окружающей среды по средствам фитоиндикации. Раздел ботаники в школьной программе изучается в 6 и 7 классах, поэтому курс разработан для школьников, которые проявляют интерес к растительным организмам, их распространению, разнообразию и природоохранной деятельности.

Предложенная программа курса внеурочной деятельности «Флора нарушенных экотопов города Донецка» рассчитана на один учебный год. Календарно-тематическое планирование включает 34 темы уроков. Она охватывает изучение теоретической части фитоиндикации, урбанофлористики, фитоценологии и геоботаники, ознакомление с методикой проведения флористических и экологических исследований, исследование особенностей современного состояния флоры антропогенно трансформированных экотопов города Донецка.

Разработанная программа нацелена на осуществление широкого спектра задач:

- 1) углубление теоретических знаний учащихся в области экологии и ботаники;
- 2) изучение современного состояния флоры города Донецка;
- 3) развитие системы интеллектуальных и практических умений по изучению, оценке состояния и улучшению окружающей среды города Донецка;
- 4) освоение основ научной деятельности, принципов осуществления проектно-исследовательской деятельности;
- 5) формирование и развитие познавательных способностей и индивидуальных потребностей учащихся;
- 6) ознакомление с особенностями природы родного края, характерным флористическим разнообразием, формирование чувства патриотизма к своему городу;
- 7) формирование экологического мировоззрения учащихся;
- 8) развитие стремления к активной деятельности по охране окружающей среды;
- 9) привлечение к научной сфере.

Реализация программы имеет определенные особенности, которые заключаются в проведении занятий в соответствии с природными явлениями, т.к. для организации

практической части курса необходим сбор материала для выполнения исследования в виде гербария, геоботанических описаний и фотографирования. По итогам проведенных исследований учащимся необходимо представить результаты ученикам школы, рекомендуемая форма представления отчетов юных исследователей – выступление с докладами о своей работе в рамках школьной научно-практической конференции.

Содержание учебного материала курса целесообразно разделить на разделы (таблица).

Таблица. Тематический план курса внеурочной деятельности «Флора нарушенных экотопов города Донецка» для учащихся 10 класса

№ п/п	Тема раздела	Количество часов
1	Основы фитоиндикационных исследований. Материал и методика исследования городской флоры	4
2	Обследование экспериментальных участков	4
3	Особенности анализа флоры и диагностики состояния окружающей среды. Фитоиндикация	4
4	Обзор флористических исследований региона, опыта исследования урбанофлор близлежащих городов	4
5	Обработка экспериментальных данных	4
6	Обследование экспериментальных участков	4
7	Обработка экспериментальных данных	4
8	Интерпретация полученных данных о состоянии растительных сообществ и экологической обстановке	2
9	Оформление результатов. Представление результатов	2
Всего:		34

Во время изучения раздела 1 «Основы фитоиндикационных исследований. Материал и методика исследования городской флоры» необходимо провести краткий экскурс по введению в фитоиндикацию, урбанофлористику, геоботанику, ознакомление с природно-климатическими особенностями и флористическим богатством Донецкого региона; сформировать представление о цели и задачах курса, о ходе проведения экспериментальной части курса; составить план исследования, сформулировать гипотезу, цель, задачи, разработать карту-схему экспериментального участка.

Раздел 2 и 6 «Обследование экспериментальных участков» предполагает выполнение обследования экспериментальных участков в разный период – октябрь и март-апрель. Рекомендуется выбрать 3 мониторинговые точки с разной антропогенной нагрузкой, например, экотоп с рекреационной нагрузкой, селитебный экотоп, придорожный экотоп. На участках необходимо осуществить идентификацию видов растений, составить геоботанические описания, выполнить сбор гербария. Целесообразно ознакомить обучающихся с ресурсом iNaturalist – платформой для наблюдений и идентификации растений.

Раздел 3 «Особенности анализа флоры и диагностики состояния окружающей среды. Фитоиндикация» и раздел 5 «Обзор флористических исследований региона, опыта исследования урбанофлор близлежащих городов» являются теоретическими, заключаются в выполнении обзора источников информации. В процессе изучения раздела 4 следует остановиться на особенностях фитоиндикации, рассмотреть характеристики и параметры растительных сообществ, экологические факторы, влияющие на состояние растительного покрова, адаптивный потенциал растений. Раздел

5 предполагает рассмотрение ранее опубликованных результатов исследования растений Донецкого региона, знакомство с работами по изучению флор нарушенных территорий близлежащих городов России.

Разделы 5 и 7 «Обработка экспериментальных данных» заключается в обработке и анализе собранных данных. Работа с гербарием, определения видов растений, обработка геоботанических описаний, составление списков видов, анализ экологической и таксономической структуры растительных сообществ.

Завершающим разделом определен раздел 9 «Оформление результатов. Представление результатов». Заключается в интерпретации результатов и подведении итогов, оформлении презентации и доклада для выступления.

Представление результатов для учащихся школы играет важное значение, направлено на популяризацию науки и мотивацию к научной деятельности.

Было проведено анкетирование в 10 классах МБОУ «Школа № 128 г. Донецка» и Многопрофильном лицее-интернате ДонГУ. Целью анкетирования стало выявление интереса обучающихся к решению экологических проблем города, к участию в осуществлении фитоиндикационных исследованиях. Учащиеся ответили на вопросы анкеты, показали заинтересованность к разработанной программе внеурочного курса. Установлено, что 65% учащихся проявили желание в освоении представленного курса «Флора нарушенных экотопов города Донецка».

Накопленная информация относительно значимости и организации внеурочной деятельности в образовательном процессе школьников, особенности разработанной программы курса «Флора нарушенных экотопов города Донецка» были представлены на практическом занятии по дисциплине «Методика преподавания биологии и химии в школе» для студентов 3-го курса очной формы обучения специальность 06.03.01 Биология ДонГУ.

Таким образом, экологическое воспитание и образование является приоритетным направлением государственной стратегии устойчивого развития России. Курсы внеурочной деятельности в учебно-воспитательном процессе выступают действенным инструментом повышения уровня экологического сознания подрастающего поколения, привлечение молодых кадров в науку.

Разработанная программа внеурочного курса «Флора нарушенных экотопов города Донецка», направлена на изучение современного состояния природных экосистем своего города, а именно трансформированных растительных сообществ, которые окружают школьников. Реализуя исследования, наблюдения, выполняя диагностику состояния нарушенных территорий по состоянию растительного покрова, ученики на личном опыте выявляют экологические проблемы, приобщаются к научным исследованиям.

В каждой школе необходимо создать специальные условия, в которых дети смогут проявить себя в решении экологических проблем, попробовать себя в научно-исследовательской деятельности. Эффективным средством для создания таких условий является разработка и внедрение курсов внеурочной деятельности по экологической направленности в образовательный процесс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафонов А.И. Экологический фитомониторинг в Донбассе в контексте учения В.И. Вернадского о живом веществе // Космос и биосфера : тезисы докладов XV международной крымской конференции, посвященной 160-летию со дня рождения В.И. Вернадского, Симферополь, 09–12 октября 2023 года. – Симферополь: Общество с ограниченной ответственностью «Издательство Типография «Ариал», 2023. – С. 103–105.

2. Цагараева, Е. Ф. Экологическое воспитание школьников в процессе изучения ботаники // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2018. – Т. 7, № 3(24). – С. 251–254.
3. Кривошеева В.С., Пирогова А.С., Арюкова Е. А. Роль внеурочных занятий в формировании экологической культуры школьников // Осовские педагогические чтения "Образование в современном мире: новое время - новые решения". – 2020. – № 1. – С. 321–325.
4. Глухов А.З., Сафонов А.И. Методологические аспекты фитомониторинга в антропогенно трансформированной среде // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : Материалы VIII Междунар. науч. конф., Донецк, 25–27 октября 2023 года. – Донецк: Донецкий государственный университет, 2023. – С. 58–59.
5. Калинина, А. В. Изменчивость морфометрических параметров *Oenothera depressa* Greene в ценопопуляциях трансформированных экотопов г. Макеевки // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3–4. – С. 16–20.
6. Калинина А.В. Состояние ценопопуляций видов рода *Oenothera* L. в трансформированных экотопах Донбасса // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 3. – С. 135–144. – DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.12.
7. Сафонов А.И. Фоновые фитоиндикационные реакции на факторы военных действий в Донбассе // Актуальные экологические проблемы и экологическая безопасность в современных условиях : Сборник статей II международной научно-практической конференции, Саратов, 25–27 октября 2023 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2023. – С. 345–351.
8. Калинина А.В. Спектр научно-исследовательских тем для работы в секции Донман «Ботаника и фитодизайн» // Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности : Матер. V Междунар. науч. конф., Донецк, 17–18 ноября 2020 года. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2020. – С. 200–203.
9. Осекова Т.К. Роль внеклассной работы в формировании компетентностей учащихся // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество. 2022. №5-1. – С. 1070–1072.
10. Калинина А.В. Фитоиндикационный мониторинг на отвалах угольных шахт г. Макеевки, внедрение данных в образовательную программу / А. В. Калинина, А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса : Матер. Междунар. науч. конф., Донецк, 17–20 октября 2017 года . – Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. – С. 80–82.
11. Корниенко В. О., Хархота Л. В. Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка // Самарский научный вестник. – 2023. – Т. 12, № 2. – С. 46-51. – DOI 10.55355/snvt2023122107.

DEVELOPMENT OF THE EXTRACURRICULAR ACTIVITY COURSE PROGRAM “FLORA OF DISTURBED ECOTOPES OF DONETSK CITY”

Annotation. The article presents the rationale and brief description of the developed program for the extracurricular activity course “Flora of disturbed ecotopes of the city of Donetsk” for 10th grade. The course program is aimed at implementing a number of current educational tasks, developing environmental thinking and popularizing science.

Key words: course of extracurricular activities, ecological thinking, urban flora, disturbed ecotope.

Epifanova S.I, Chajkovskaya M.V.

Scientific adviser: Kalinina A.V. assistant

Donetsk State University

E-mail: kafedra_botaniki_ecologii@mail.ru

УДК 581.15 : 528.92 (477.60)

РАБОТА СНО КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ ДЛЯ ЛАНДШАФТНОГО ФИТОИНДИКАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

Еременко Л.А.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В статье представлены результаты передвижных экспедиционных и пеших маршрутных исследований по сборам растений в условиях Центрального Донбасса для использования материалов в программе фитоиндикационного мониторинга антропогенно трансформированных экосистем, своевременной диагностики этих систем и планирования к дальнейшему восстановлению. Кооперация студентов в научном обществе позволяет взаимовыгодно осуществлять сборы полевого материала и обеспечивать коллекционные фонды кафедры по теме фитоиндикационных исследований.

Ключевые слова: студенческое научное общество, Донбасс, кафедра ботаники и экологии, фитоиндикация, биомониторинг, оценка загрязнения, полевые исследования.

Вопросы картографирования являются особо ценными в экологии растений [1], при оценке факторов загрязнения на природные среды в урбанизированных регионах [2–5] и данных о состоянии растений в условиях повышенного антропогенного воздействия [6–8]. Существующие в Донбассе разработки по экологическому анализу [9–13] в зоне импакта конкретного предприятия-загрязнителя или иного источника загрязнения [14–16] существенным образом информационно обеспечивают регион данными, однако эти данные нуждаются в ежегодном обновлении, поскольку мониторинговая информация в экологических исследованиях должна быть актуальной и своевременной.

Цель работы – за периоды полевых работ 2022-2023 гг. принять участие в сборе материалов для полевых исследований и камеральной обработки по данным экологического фитомониторинга в Донбассе, обозначить собранные данные на картах, чтобы сформированные материалы были востребованы для визуализации ГИС-данных и получения научного продукта – актуальных карт о состоянии среды в донецком экономическом регионе.

Методика сбора данных в привязке к учетным площадкам (мониторинговым точкам) общей сети наблюдений [9] отработана в лабораториях кафедры ботаники и экологии ДонГУ при совместной работе с кафедрой геоинформатики ДонНТУ [17] в рамках общих диагностических программ по оценке природных сред в Донбассе [18, 19]. Авторами конституируется наличие очагов поражения (хронического угнетения) растений в новых геохимических провинциях, поскольку действие антропогенного фактора в форме ведения военных процессов в Донбассе имеет направленный характер к трансформации ландшафтов. Такое явление выделено для названия – полемостресс – как вариант сочетанного действия стрессовых факторов и регистрации этого действия по состоянию растений-индикаторов – высших цветковых и мохообразных растений, имеющих структурные вариации в разных условиях меняющейся среды [20, 21].

Для понимания происходящего в открытых ландшафтных экосистемах, нарушенных природно-территориальных комплексах важным в обработке данных является математический аппарат [22], что также развивается благодаря работе Азово-Черноморского математического центра и инициативных тем по геоинформационному моделированию в Донбассе [23].

Нами подготовлено 2 серии карт с указанием мест обследования и первичной оценки по благополучию и угнетению растений-индикаторов в рамках мониторинговой

сети (рис. 1, 2) и для имеющихся карт новых территорий ДНР (рис. 3, 4), с учетом тех местностей, где можно было собрать данные.

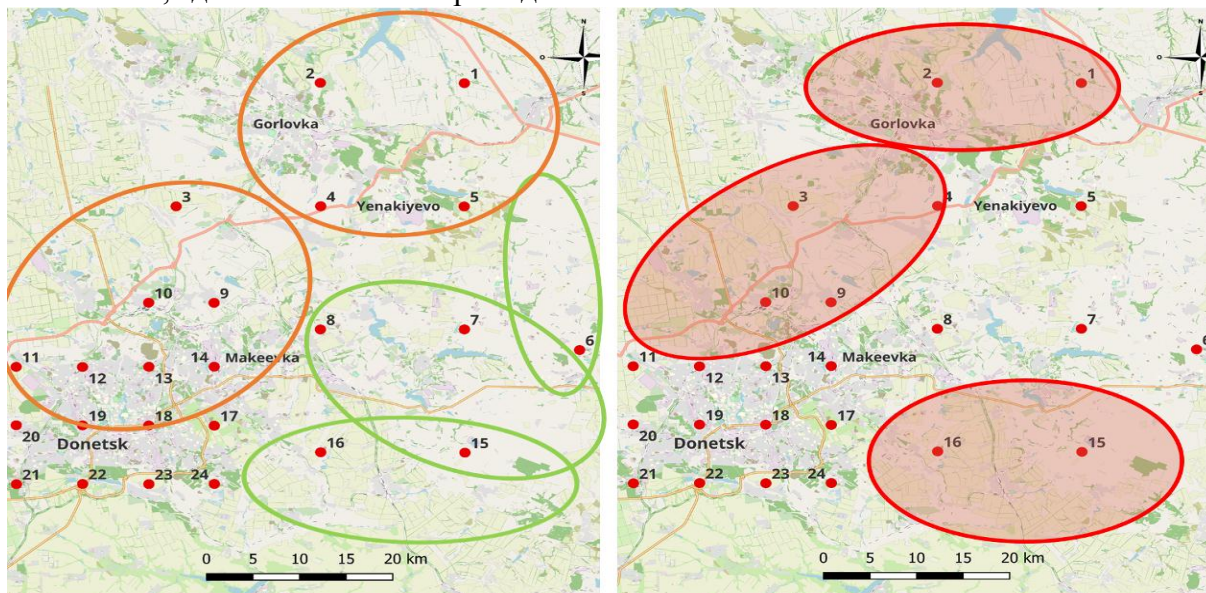


Рис. 1 – Территориальный охват маршрутно-экспедиционной работы по зонам экологического благополучия и риска (2022 и 2023 гг.)

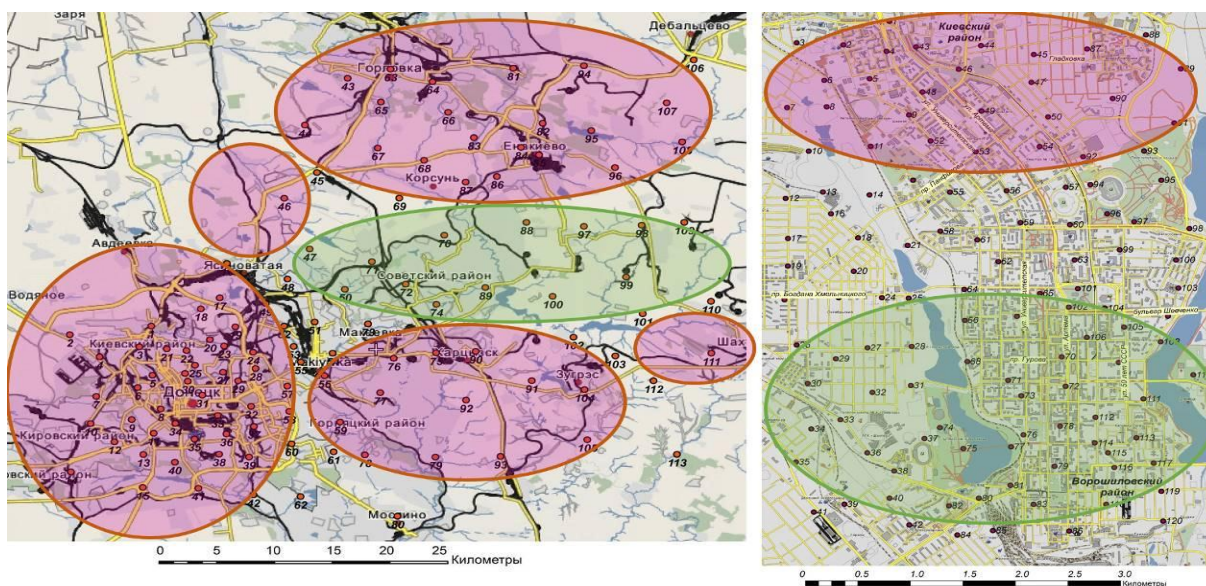


Рис. 2 – Качественная характеристика результатов экологического благополучия и риска по фитоиндикационным данным для всей территории Центрального Донбасса и некоторых районов г. Донецка (2022-2023 гг.)

Все первичные сборы были подвержены процедуре экспресс-анализа степени морфометрической разнокачественности индикаторных видов растений как критерию антропогенности в индикации неблагоприятных зон для роста и развития растений, появлении аномалий и тератных (уродливых) новообразований у растений.

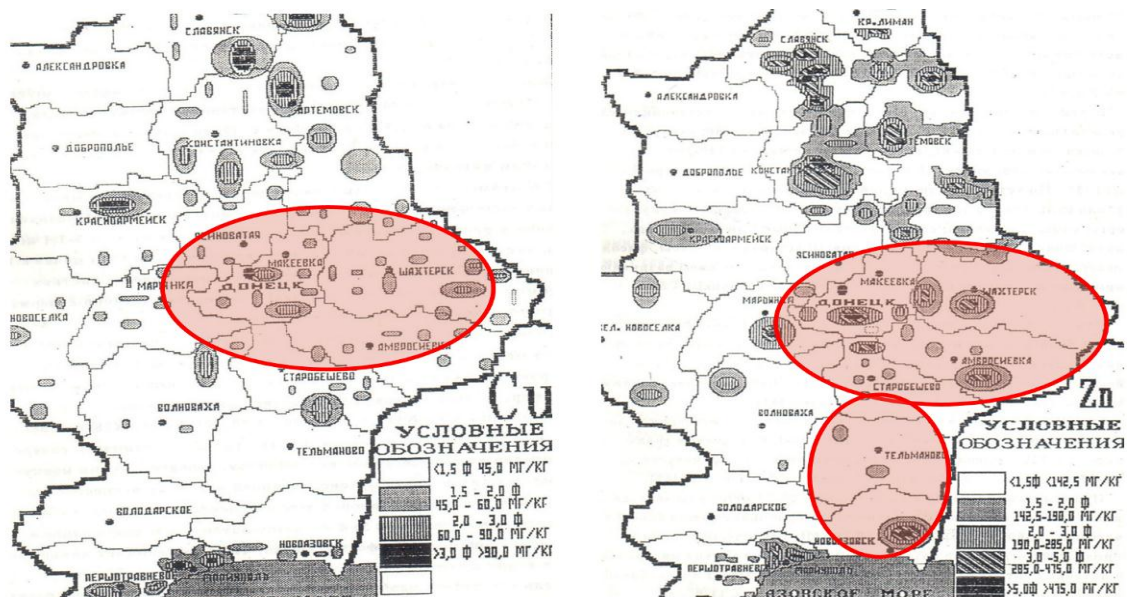


Рис. 3 – Готовность проб фитоиндикационных сборов для аналитического контроля по идентификации геохимических аномалий меди и цинка (сборы 2023 г.) – места охвата экспедиционных выездов

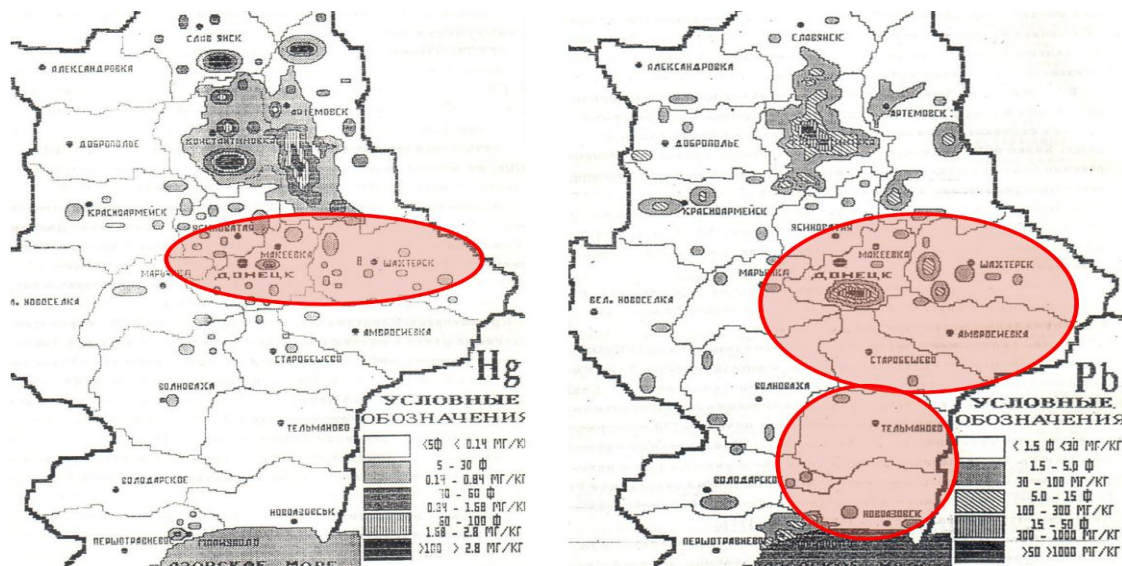


Рис. 4 – Готовность проб фитоиндикационных сборов для аналитического контроля по идентификации геохимических аномалий ртути и свинца (сборы 2023 г.) – места охвата экспедиционных выездов

Наиболее удобными способами сбора являются разработанные маршрутные линии, трансекты или пути, позволяющие комбинировать передвижной способ транспортировки к мониторинговой точке и пешую доступность.

Важной процедурой сбора данных также является геоботаническое картографирование, хоть фотоматериалы не всегда получаются удачными с точки зрения прямого научного опубликования, зато они являются важными данными в камеральной обработке информации и правильной привязке на местности к тем гео-локалитетам, которые вписываются в общую сеть наблюдений с последующей процедурой создания

картографической модели или картографического продукта разного ранжированного ряда.

По стоянию на январь 2024 г. территория данных признаков по маршрутам свинцовой и цинковой профильным линиям обработана в полном объеме по данным 2023 года, при этом учтены и возможности аналитического контроля местности по первичным ботаническим данным на тех территориях, которые выходят за пределы сети наблюдения в Центральном Донбассе с учетом южных регионов с полноценным выходом к Азовскому морю. Геохимические профили и ареолы загрязнения являются задачей наших дальнейших исследований.

Таким образом, представлены результаты передвижных экспедиционных и пеших маршрутных исследований по сборам растений в условиях Центрального Донбасса для использования материалов в программе фитоиндикационного мониторинга антропогенно трансформированных экосистем, своевременной диагностики этих систем и планирования к дальнейшему восстановлению; кооперация студентов в научном обществе (СНО) позволяет взаимовыгодно осуществлять сборы полевого материала и обеспечивать коллекционные фонды кафедры по теме фитоиндикационных исследований.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ государственной регистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенищенков Ю. А. Некоторые итоги сравнительного анализа двух подходов к крупномасштабному картографированию лесной растительности в Южном Нечерноземье России // Современные проблемы экспериментальной ботаники. Минск: Колорград, 2017. С. 19–23. EDN : HFOAAM.
2. Патент № 2280869 С1 Российская Федерация, МПК G01N 33/50, G01N 33/12. Способ оценки микроэлементного статуса региона : № 2004135089/13 : заявл. 01.12.2004 : опубл. 27.07.2006 / С. Ф. Тютюков, В. В. Ермаков, Л. В. Проскурякова ; заявитель Институт геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской Академии Наук (ГЕОХИ РАН). – EDN UHFQNC.
3. Геоинформационная оценка экологических, социально-экономических и демографических условий населённых пунктов ЦЧР / С. А. Епринцев, С. А. Куролап, О. В. Клепиков, С. В. Шекоян // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2023. – Т. 9, № 3. – С. 167-176. – EDN TAJKZG.
4. Епринцев, С. А. Геоинформационное моделирование факторов, определяющих экологическую безопасность урбанизированных территорий / С. А. Епринцев, С. В. Шекоян // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2023. – Т. 2, № 8. – С. 17-22. – DOI 10.23885/2500-123X-2023-2-8-17-22. – EDN VRAUIQ.
5. Жуков, К. О. Изучение параметров качества окружающей среды селитебных ландшафтов как показателей устойчивого развития территории / К. О. Жуков, С. А. Епринцев // Региональные эколого-географические и туристско-рекреационные исследования: Сборник научных статей. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2023. – С. 212-215. – EDN WDRYMK.
6. Корниенко, В. О. Влияние экологических факторов на физико-механические свойства, морфометрию и аллометрию древесных растений урбоэкосистем (на примере города Донецка): специальность 15.15.00: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Корниенко Владимир Олегович, 2022. – 166 с. – EDN QYUEPJ.
7. Kharchenko, N. N. Mechanical resistance of *Quercus robur* L. at the environmental boundary of the species distribution in the steppe / N. N. Kharchenko, V. N. Kalaev, V. O. Kornienko // Earth and Environmental Science, 2021. – P. 12049. – DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012049. – EDN HNQTEI.
8. Сафонов, А. И. Ландшафтно-индикационные разработки как элемент оптимизации техногенных экотопов (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3-4. – С. 7-15. – EDN UALPJJ.
9. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.

10. Сафонов, А. И. Структурные аспекты оптимизации и фитоиндикации ландшафтов Донбасса (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 1. – С. 135-140. – EDN AXOXSS.
11. Сафонов, А. И. Макромаркеры ландшафтных трансформаций в Донбассе: анализ картографического материала / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 68-75. – EDN NSSBBY.
12. Федоркина, И. А. Анализ риска и функции экологического благополучия по фитоиндикационным данным / И. А. Федоркина // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 99-105. – EDN JIQJM.
13. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
14. 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.
15. Фрунзе, О. В. Изменение ростовых показателей некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца / О. В. Фрунзе // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. № 4. – С. 106-114. EDN FXBQDM.
16. Нейтронно-активационный анализ редкоземельных элементов (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) в диагностике экосистем Донбасса / И. Зиньковская, А. Сафонов и др. // Письма в журнал Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2024. – Т. 21, № 2(253). – С. 231-245.
17. Гермонова, Е. А. Картографическая модель фактора полемостресса в Донбассе / Е. А. Гермонова, А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий государственный университет, 2023. – С. 52-54. – EDN CVSJJV.
18. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
19. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. С. 6-11. EDN RMXEAQ.
20. Гермонова, Е. А. ГИС-фитоиндикация при анализе факторов войны: полемостресс в Донбассе / Е. А. Гермонова, А. И. Сафонов // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 36-41. – EDN FWJYJH.
21. Сафонов, А. И. Фоновые фитоиндикационные реакции на факторы военных действий в Донбассе / А. И. Сафонов // Актуальные экологические проблемы и экологическая безопасность в современных условиях. – Саратов: Саратовский ГУ, 2023. – С. 345-351. – EDN OKMKIN.
22. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса / С. В. Беспалова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQL.
23. Гермонова, Е. А. Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса / Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 13-22. – EDN QECLTU.

WORK OF SSS DEPARTMENT OF BOTANY AND ECOLOGY DONGU FOR LANDSCAPE PHYTOINDICATION MATTING

Annotation. The article presents the results of mobile expeditionary and walking route research on collecting plants in the conditions of Central Donbass for the use of materials in the program of phytoindicative monitoring of anthropogenically transformed ecosystems, timely diagnosis of these systems and planning for further restoration. Cooperation of students in the scientific community allows for mutually beneficial collection of field material and provision of collection funds of the department on the topic of phytoindication research.

Keywords: student scientific society, Donbass, department of botany and ecology, phytoindication, biomonitoring, pollution assessment, field research.

Eremenko L.A.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology
Donetsk State University
E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581.15 : 582.32 (477.60)

БРИОФИТЫ НА ПОВЕРХНОСТЯХ САМЫХ ПЕРВЫХ ЗДАНИЙ ДОНЕЦКА

Жбадинский В.Е.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. Рассмотрено наличие мохообразных на поверхностях зданий, имеющих самый глубокий в историческом аспекте период существования в центральной части застройки города Донецка. Историко-культурный ансамбль Донецка был сформирован исключительно из функционала промышленного города, сохранились во многом и первичный облик зданий, и места аутентичных строительных материалов. Установлен видовой состав бриофитов этих специфических экотопов, сделан первичный вывод о влиянии мохового покрова на возможное разрушение сооружений историко-культурной ценности в Донбассе.

Ключевые слова: мохообразные, ландшафтная архитектура, Донбасс, фитоиндикация, Донецк, экологический мониторинг, диагностика экосистем, оценка состояния экотопов.

Мохообразные в Донбассе изучают во многих аспектах и прикладных направлениях [1, 2]. Городская среда нуждается в подробной изученности, сборе значительного количества данных, имеющих мониторинговое значение и корреляцию с возможными факторами благополучия для жизни человека [3–5]. В Донецком регионе накоплен большой материал по изучению мохообразных, сделаны определенные заключения об их видовом разнообразии и индикаторных свойствах [6–11], поэтому нами была предпринята попытка расширения информации об этой систематической группе растительных организмов в контексте историко-культурного анализа Донецкой агломерационной системы.

Цель работы – рассмотреть наличие мохообразных на поверхностях зданий, имеющих самый глубокий в историческом аспекте период существования в центральной части застройки города Донецка, установить видовой состав бриофитов этих специфических экотопов, сделать первичный вывод о влиянии мохового покрова на разрушение сооружений историко-культурной ценности в Донбассе.

В спектре методических приемов и рекомендаций по изучению мохообразных [1, 6, 7, 10] значительная роль уделяется геолокации их регистрации [12]. Растительные объекты изучены в обзорных и практических работах [13–23], что позволяет сосредоточиться в опоре на знания об экологии объектов и приуроченности к определённым условиям среды. Также в научно-публикационном пространстве часто обсуждается вопрос о влиянии растительных организмов на разрушение объектов архитектурной и исторической ценности, поэтому одной из процедур идентификации был также анализ состояния субстрата-поверхностей, на которых воспроизводится генерация мохообразных. Для формы представления результатов нами был выбран способ визуализации объектов в их 100-летнем и более периоде существования до наших дней по материалам иллюстративных данных и текстовых описаний, собранных Р.В. Кишкань в 2015 г. в рамках созданного им Донбасского географического общества и в последствии работы Государственного Комитета по экологической политике и природным ресурсам при Главе ДНР. В работе использованы иллюстративные части этих материалов.

Установлено, что мохообразные присутствуют на петрофитных поверхностях сооружений на стыках между системами фундаментов, выбоин и неровностей вертикальных поверхностей, теневых сторон крыш зданий или перекрытий, а также в местах скопления большего количества влаги в результате её неравномерного перераспределения в искусственной системе застройки.

К анализу (в проанализированной части работы) были представлены результаты по 4-м объектам историко-архитектурной ценности г. Донецка (см. рис. 1–4) с указанием бриофитов в каждом объекте.

Братская школа

В 1893 году священником А.Г. Матвеевским было образовано Свято-Преображенское братство. В 1896 году братство открыло в ограде Преображенской церкви (находилась в современном сквере Павших коммунаров) одноклассную церковно-приходскую школу. В 1901 году школа была преобразована в двухклассное училище. В 1914 году училище въехало в новое здание на пересечении Девятой линии и Малого проспекта. Автор проекта Е.О. Конкин. Братская школа тогда смогла принять для обучения 600 ребят. Их обучали 12 учителей и 4 священника.

В 1917 году Братская школа была переименована в Первое городское двухклассное училище, перешло в подчинение городскому самоуправлению. В 1920-30гг. здание занимал Донецкий индустриальный институт, затем Сталинский медицинский институт. До недавнего времени в здании размещалась вечерняя школа и курсы автоводителей.

Grimmia pulvinata (Hedw.) Sm., *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr, *Tortula mucronifolia* Schwaegr., *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt, *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw.

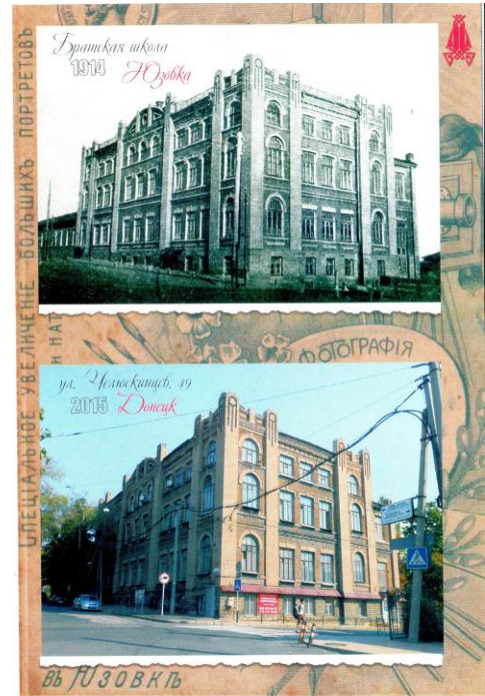


Рис. 1 – Бриофиты в ландшафтном и архитектурном ансамбле города Донецка (одни из первых зданий, уцелевших до наших дней, на примере Братской школы)

Коммерческое училище

Восьмиклассное коммерческое училище Юзовского общества «Просвещение» было создано по инициативе юзовских купцов и предпринимателей и открыто 30 августа 1909 года. В январе 1912 года училище переехало в собственное здание на Первой линии. С начала образования училища главой попечительского совета был избран Павел Феодорович Гордеев – управляющий Юзовской базарной конторой Новороссийского Общества прапорщик кавалерии в отставке. В коммерческом училище обучали профессиям бухгалтера, контролера, приказчика в торговых фирмах и на промышленных предприятиях. Специальные предметы: техническая химия, товароведение, законоведение, политэкономия, история торговли, коммерческая география, коммерческая арифметика, коммерческая корреспонденция, бухгалтерия. Последний выпуск учащихся состоялся в 1918 году.

Сейчас в бывшем здании коммерческого училища разместились 2-й учебный корпус Донецкого национального технического университета.

Bryum argenteum Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Brachythecium salebrosum* (F.Weber & D.Mohr) Bruch et al., *Syntrichia ruralis* (Hedw.) F. Weber & Mohr



Рис. 2 – Бриофиты в ландшафтном и архитектурном ансамбле города Донецка (одни из первых зданий, уцелевших до наших дней, на примере Коммерческого училища)

Дом купца Горелика.

Отделение Азовско-Донского коммерческого банка.

Здание построено между 1901–1905 годами для купца Горелика. Рувим Горелик имел на 1-й линии заведение шорно-скобяной торговли и был владельцем завода хлебной выделки кожи. Решение фасадной части здания выполнено в стиле модерна. Угол здания подчеркнут гранёной башней с заостренным куполом. Здание выделяется среди других донецких построек причудливыми очертаниями балконов, динамичным обрамлением окон, слержанным декором фасадов и вставками облицовки из керамической плитки.

Юзовское отделение Азовско-Донского коммерческого банка располагалось в здании, построенном около 1905 года, по Первой линии, 51. В 1930-50-е гг. в здании размещались областной и городской финотделы. Азовско-Донской коммерческий банк был основан в 1871 году в Таганроге. Отделения банка действовали в 65 городах Российской империи. Основной капитал в 1913 году составлял 50 млн. руб.

Bryum argenteum Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw., *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm., *Tortula mucronifolia* Schwaegr., *Orthotrichum pallens* Bruch ex Brid., *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt

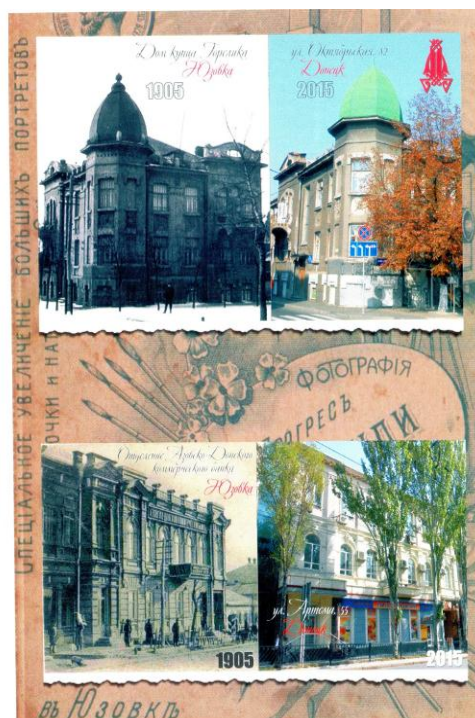


Рис. 3 – Бриофиты в ландшафтном и архитектурном ансамбле города Донецка (одни из первых зданий, уцелевших до наших дней, на примере Дома купца Горелика)

Отделение Государственного банка

По предложению Съезда горнопромышленников юга России Государственный банк в декабре 1893 года открыл в Юзовке свое отделение. Даже в уездном городе Бахмуте не было отделения Госбанка, только казначейство. Здание, в котором находилось отделение Государственного банка, сохранилось и в перестроенном виде (ул. Артема, 57) входит в комплекс поликлиники горбольницы №1. Но сюда отделение банка переехало в 1906 году, а до этого находилось в Школьном переулке рядом с Народным училищем Новороссийского общества. Сегодня эта территория примыкающей к металлургическому заводу трикотажной фабрики между улицами Артема и Кобозева. Новое здание банка было построено около 1906 года. С 1907 года в нем также располагалось казначейство, а потом и сберегательная касса. До Великой Отечественной войны в здании находился Сталинский медицинский институт, на кафедре химии которого работал выдающийся советский писатель Василий Гроссман.

Weissia controversa Hedw., *Orthotrichum pumilum* Sw., *Polytrichum juniperinum* Hedw., *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw., *Amblystegium serpens* (Hedw.) Schimpf.

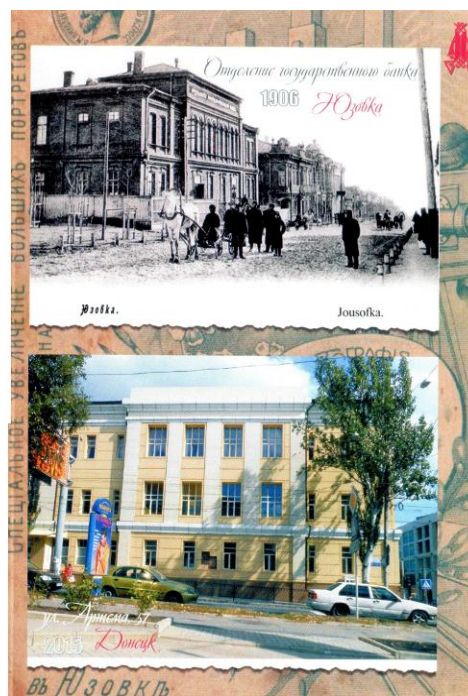


Рис. 4 – Бриофиты в ландшафтном и архитектурном ансамбле города Донецка (одни из первых зданий, уцелевших до наших дней, на примере здания Отделения Государственного банка)

Специфическим объектом индикации являются мохообразные в силу своего морфологического строения и чрезвычайного разнообразия приспособлений.

Ризоиды – выросты субклеточной организации, выполняющие функцию закрепления в определенной геоточке, не участвуют в транспортировке воды и растворенных минеральных элементов в вертикальном направлении, не выполняют функции нижнего концевое двигателя, в том числе поэтому, не обладая осмотическими свойствами, они не формируют органическую продукцию, провоцирующую потребление растворённых минералов в водном растворе. Мохообразные в отмеченных местах несут, по-видимому, индикаторную функцию по местам скопления большого количества влаги в результате возможных недочетов строительной конструкции или в отдельные сезоны года, например, зимний, когда наблюдается наибольшая их численность. Проективное покрытие, вегетация и генерация для формирования следующих поколений.

Проделанная работа по идентификации мхов на поверхностях старинных сооружений является частью моего начатого с 2022 года дипломного проекта и нуждается в уточнении, особенно вопросов причинно-следственных связей не только наличия вида растения, но и анализа его функционального состояния, возможной идентификации в ингредиентном составе для фитоиндикационного мониторинга.

Следовательно, в экспериментальной части работы рассмотрено наличие мохообразных (и их видовая принадлежность установлена) на поверхностях зданий, имеющих самый глубокий в историческом аспекте период существования в центральной части застройки города Донецка. Поскольку историко-культурный архитектурный ансамбль Донецка был сформирован исключительно из функционала промышленного города, сохранились во многом и первичный облик зданий, и места аутентичных строительных материалов; установлен видовой состав бриофитов этих специфических экотопов, сделан первичный вывод об отсутствии разрушающего влияния мохового покрова на конструкции сооружений историко-культурной ценности в Донбассе.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафонов, А. И. Итоги многоцелевого изучения бриоразнообразия в Донбассе (2015-2022 гг.) // Вестник Тульского государственного университета. – Тула: ТулГУ, 2023. – С. 120-130. – EDN FQNQVV.
2. Сафонов, А. И. Фитомониторинг антропогенно измененной среды: формализация терминологии и реализация на практике / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 3. – С. 62-70. – EDN NTNOHR.
3. Епринцев, С. А. Оценка влияния городской застройки и загрязнения воздушного бассейна на здоровье населения г. Воронежа / С. А. Епринцев, С. А. Куролап // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. – 2009. – Т. 14, № 3. – С. 600-604. – EDN LADAJV.
4. Кольченко, О. Р. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка / О. Р. Кольченко, В. О. Корниенко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 3-4. – С. 151-161. – EDN PAUIGC.
5. 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/snvt2023122107. – EDN BATLWA.
6. Морозова, Е. И. Мониторинг в условиях промышленных экотопов с помощью мохообразных / Е. И. Морозова // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности: Донецк: Издательство Южного федерального университета, 2016. – С. 317-318. – EDN YUAPBZ.
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.

8. Морозова, Е. И. Видовой состав, особенности произрастания и морфометрическая характеристика мхов-индикаторов г. Макеевки / Е. И. Морозова // Донецкие чтения 2017. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. – С. 100-101. – EDN YOUSVF.
9. Сафонов А. И. Мохообразные Донецкой агломерации: иллюстрированный атлас и бриоиндикация / А. И. Сафонов, Е. И. Морозова. - Донецк: ДонНУ, 2018. - 128 с.
10. Бондарь, Е. Н. Мохообразные Донбасса как объект выставочной работы / Е. Н. Бондарь // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 29-33. – EDN CVEDQF.
11. 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.
12. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
13. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
14. 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.
15. Safonov, A. Ecological scales of indicator plants in an industrial region / A. Safonov // BIO Web of Conferences. – 2022. – Vol. 43. – P. 03002. – DOI 10.1051/bioconf/20224303002. – EDN PUWEGC.
16. Safonov, A. I. Indicator values of plants under conditions of heavy metal pollution (structural botany) / A.I. Safonov [et al.] // Plants. – 2021. – Vol. 11, N 12. – P. 155-167.
17. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг в Донбассе в контексте учения В.И. Вернадского о живом веществе / А. И. Сафонов // Космос и биосфера. Симферополь, 2023. С. 103-105. EDN VOIXGX.
18. Neutron activation analysis of rare earth elements (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) in the diagnosis of ecosystems of Donbass / I.I. Zinicovscaia, A.I. Safonov et al. // Physics of Particles and Nuclei Letters. – 2024. – Vol. 21, No. 2. – P. 186-200. DOI: 10.1134/S1547477124020158
19. *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.
20. Петкогло О.В., Сафонов А.И. Экспозиция ботанического музея ДонНУ: охраняемые виды растений (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. № 3-4. Донецк: ДонНУ. 2022. С. 26-36.
21. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса / С. В. Беспалова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQL.
22. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
23. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 6-11. – EDN RMXEAQ.

BRYOPHYTES ON THE SURFACES OF THE VERY FIRST BUILDINGS IN DONETSK

Annotation. The presence of bryophytes on the surfaces of buildings that have the deepest historical period of existence in the central part of the development of the city of Donetsk is considered. The historical and cultural ensemble of Donetsk was formed exclusively from the functionality of an industrial city; in many ways, both the original appearance of the buildings and the places of authentic building materials have been preserved. The species composition of bryophytes of these specific ecotopes was established, and a primary conclusion was made about the influence of moss cover on the destruction of buildings of historical and cultural value in the Donbass.

Keywords: bryophytes, landscape architecture, Donbass, phytointication, Donetsk, environmental monitoring, ecosystem diagnostics, assessment of the state of ecotopes.

Zhbadinsky V.E.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581.15 : 528.92 (477.60)

ПРИМЕР РАСШИФРОВКИ ЛАНДШАФТНОГО ПРОФИЛЯ ФИТОИНДИКАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Зусарь К.Д.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В статье рассмотрен пример вычисления параметров подробных ГИС-значений фитоиндикационного эксперимента, в которых можно проводить динамические выводы по территориальному продвижению в значении параметров между мониторинговыми точками. Такой подход позволяет оперировать пространственными данными в перерасчете на реальной местности при фоновых значениях континуального распределения экологически важных значений. Данный метод апробирован для показателей видового разнообразия мохообразных в мониторинговых точках Центрального Донбасса в одном из векторов для анализа.

Ключевые слова: Донбасс, фитоиндикация, биомониторинг, оценка загрязнения, полевые исследования, ландшафтный профиль, фитомониторинг, новый подход в ГИС.

ГИС-технологии в изучении показателей состояния экосистем являются чрезвычайно важными и информативными методами в экологическом мониторинге урбанизированных или антропогенно трансформированных ландшафтных комплексов [1–3], что в частных вопросах устойчивости растений [4, 5] и общих территориальных аналитических программах [6–9] используется и для территории современного Центрального Донбасса [10–13].

Цель работы – рассмотреть реальный пример, механизм вычисления и отображения в графике параметров подробных ГИС-значений фитоиндикационного блока экспериментов, в которых можно проводить динамические выводы по территориальному продвижению в значении параметров между мониторинговыми точками; оценить такой подход для оперирования пространственными данными в перерасчете для реальной местности при фоновых значениях континуального распределения экологически важных значений; метод апробировать для показателей видового разнообразия мохообразных в мониторинговых точках Центрального Донбасса в одном из векторов для анализа.

Блок по методикам фитоиндикационного эксперимента и ботанико-экологического мониторинга [6, 8, 10, 11] широко применяется в программах наблюдения и диагностики для Восточной Европы и непосредственно в Донбассе [14–16], актуализированы процессы применения ГИС-технологий для конкретных примеров [17], перспективных для внедрения в практику оценки качества воздуха, почв и других природных сред [18–23].

Идея метода заложена в необходимости оперирования данными по состоянию экотопов, в которых экспериментальная загрузка невозможна на практике в полевых условиях. Поскольку большинство экологических параметров, формирующих риск или зону выносливости для растительных организмов, континуально распределены, т.е. имеют плавные переходы в градиенте, например, токсической нагрузки, то принято рабочее решение о расчете средних параметров в промежуточных точках – между мониторинговыми учетными площадками. Такие методы в большинстве случаев являются приемлемыми для получения картографического продукта по визуализации данных.

Рисунок 1 содержит информацию о локализации линии анализа и установленных ореолов благополучия по фактору биоразнообразия, на рис. 2 показан конечный

продукт использования технологии, а таблица содержит промежуточные численные значения для ландшафтного профиля фитомониторинга.

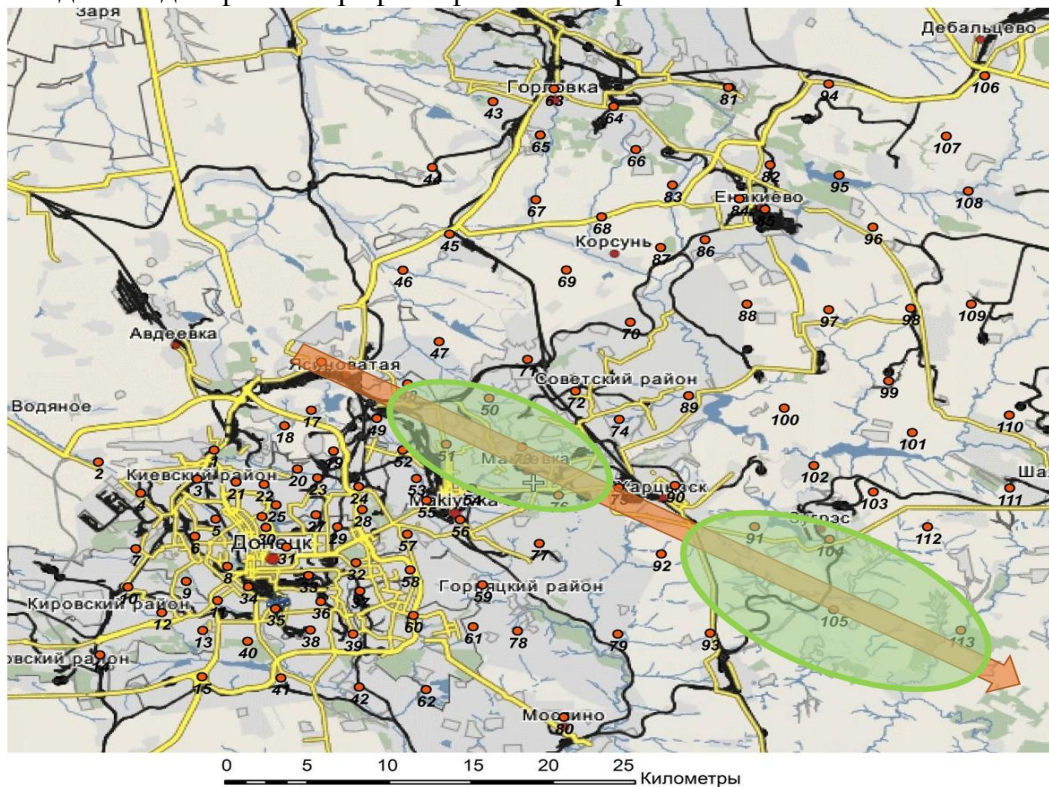


Рис. 1 – Ландшафтный фитоиндикационный профиль по линии, соединяющей ГИС-локалитеты мониторинговых точек 16–113 Центрального Донбасса

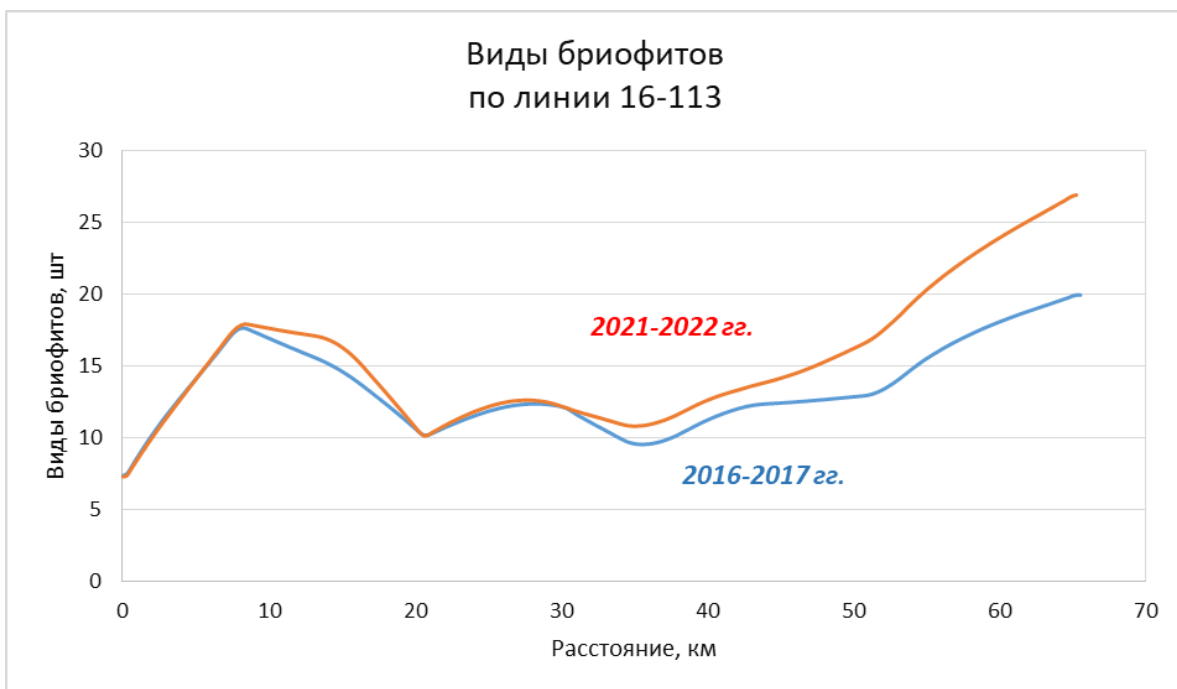


Рис. 2 – Динамика показателей видового разнообразия мохообразных по ландшафтному профилю фитоиндикационного назначения в Центральном Донбассе (вектор рис. 1)

Таблица – Фрагмент расчета показателей, соединяющих ландшафтный профиль фитоиндикационного назначения по линии между мониторинговыми точками 16 и 113

0	7,3345	7,2685	11712,05	16,1697	17,307	11,5225	12,2949	13,7101
278,8583	7,4575	7,335	11990,91	16,051	17,2632	11,6464	12,3224	13,7822
557,7165	7,8666	7,7683	12269,76	15,9357	17,218	11,7646	12,3419	13,8531
836,5748	8,3462	8,195	12548,62	15,8189	17,1749	11,8767	12,3587	13,9274
1115,433	8,7881	8,641	12827,48	15,7031	17,1318	11,9819	12,3763	14,0059
1394,291	9,2417	9,0589	13106,34	15,5865	17,0873	12,0807	12,3944	14,0885
1673,15	9,6643	9,4858	13385,2	15,4649	17,035	12,1721	12,4132	14,1748
1952,008	10,085	9,8922	13664,05	15,3367	16,9626	12,2564	12,4327	14,265
2230,866	10,4872	10,2978	13942,91	15,2006	16,8678	12,3326	12,4527	14,3589
2509,724	10,8809	10,6923	14221,77	15,057	16,7492	12,4007	12,4734	14,4563
2788,583	11,264	11,0811	14500,63	14,9045	16,6067	12,4597	12,4947	14,5574
3067,441	11,6358	11,4656	14779,49	14,7428	16,4394	12,5094	12,5166	14,6622
3346,299	12,0032	11,8424	15058,35	14,571	16,249	12,549	12,5392	14,7707
3625,157	12,3581	12,2208	15337,2	14,3899	16,0339	12,5775	12,5625	14,8831
3904,016	12,7139	12,5901	15616,06	14,2	15,7955	12,5945	12,5865	14,9995
4182,874	13,0592	12,9648	15894,92	14,0015	15,5331	12,6003	12,6112	15,1199
4461,732	13,4067	13,3351	16173,78	13,7936	15,2453	12,5961	12,6365	15,2437
4740,59	13,7504	13,7043	16452,64	13,5769	14,9314	12,5806	12,6621	15,3692
5019,449	14,093	14,0742	16731,5	13,3552	14,6096	12,5541	12,6881	15,4963
5298,307	14,4361	14,4429	17010,35	13,1345	14,2862	12,516	12,7144	15,6251
5577,165	14,779	14,8113	17289,21	12,9115	13,9635	12,4659	12,741	15,7554
5856,023	15,1223	15,1812	17568,07	12,6887	13,6384	12,4033	12,768	15,8874
6134,882	15,4699	15,5505	17846,93	12,4634	13,3129	12,3284	12,7953	16,0207
6413,74	15,818	15,9252	18125,79	12,237	12,9852	12,2388	12,8228	16,1553
6692,598	16,1758	16,2906	18404,65	12,0068	12,6561	12,1371	12,8505	16,291
6971,457	16,5333	16,6625	18683,5	11,774	12,325	12,0564	12,8784	16,4273
7250,315	16,9062	17,0338	18962,36	11,537	11,9918	11,9436	12,9071	16,5645
7529,173	17,2328	17,3737	19241,22	11,2988	11,6565	11,8485	12,9542	16,7205
7808,031	17,4735	17,6402	19520,08	11,0558	11,3187	11,7698	13,0275	16,8999
8086,89	17,605	17,8189	19798,94	10,8132	10,9799	11,6826	13,1287	17,1005
8365,748	17,6099	17,9004	20077,79	10,5623	10,638	11,6049	13,2553	17,3224
8644,606	17,5158	17,8728	20356,65	10,3109	10,3141	11,5266	13,4072	17,5612
8923,464	17,3891	17,8184	20635,51	10,1561	10,1088	11,4439	13,5776	17,8102
9202,323	17,2649	17,7634	20914,37	10,1791	10,1798	11,3656	13,7626	18,0654
9481,181	17,1419	17,7097	21193,23	10,2878	10,3483	11,2829	13,9618	18,3277
9760,039	17,0198	17,6567	21472,09	10,4205	10,5126	11,202	14,1718	18,601
10038,9	16,8964	17,6043	21750,94	10,551	10,6728	11,119	14,3918	18,8833
10317,76	16,7728	17,5526	22029,8	10,6775	10,8263	11,0361	14,6176	19,1692
10596,61	16,6497	17,5011	22308,66	10,8026	10,976	10,9535	14,8402	19,447
10875,47	16,5272	17,4514	22587,52	10,9229	11,1195	10,8771	15,052	19,7149
11154,33	16,407	17,4014	22866,38	11,041	11,2591	10,8234	15,2543	19,9734
11433,19	16,2865	17,3546	23145,24	11,1553	11,3931	10,7961	15,4477	20,2239

В работе мы использовали базу ГИС-анализа, созданную Е.А. Гермоновой для территории центральной части Донбасса по 113 мониторинговым точкам. Эта база получена в тесном сотрудничестве с коллективом кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета в рамках совместных научных проектов инициативного содержания.

Сделан вывод о приемлемости использования графической модели в сравнении с возможными многочисленными количественными выражениями и массивами цифр. Наиболее удобным продуктом для хозяйственно-аналитической программы принятия решений является получение ранжированных карт с многоступенчатыми переходами в цветовой гамме (не менее трех и не более 10 в контексте используемой территории сети наблюдений).

Таким образом, в статье рассмотрен пример вычисления параметров подробных ГИС-значений фитоиндикационного эксперимента, в которых можно проводить динамические выводы по территориальному продвижению в значении параметров между мониторинговыми точками; такой подход позволяет оперировать пространственными данными в перерасчете на реальной местности при фоновых значениях континуального распределения экологически важных значений; данный метод апробирован для показателей видового разнообразия мохообразных в мониторинговых точках Центрального Донбасса в одном из векторов для анализа для дальнейшего внедрения и анализа других показателей.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геоинформационная оценка экологических, социально-экономических и демографических условий населённых пунктов ЦЧР / С. А. Епринцев, С. А. Куролап, О. В. Клепиков, С. В. Шекоян // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2023. – Т. 9, № 3. – С. 167-176. – EDN TAJKZG.
2. Епринцев, С. А. Геоинформационное моделирование факторов, определяющих экологическую безопасность урбанизированных территорий / С. А. Епринцев, С. В. Шекоян // Экология. Экономика. Информатика. – 2023. Т. 2, № 8. – С. 17-22. – DOI 10.23885/2500-123X-2023-2-8-17-22. EDN VRAUIQ.
3. Жуков, К. О. Изучение параметров качества окружающей среды селитебных ландшафтов как показателей устойчивого развития территории / К. О. Жуков, С. А. Епринцев // Региональные эколого-географические и туристско-рекреационные исследования. Воронеж. 2023. С. 212-215. EDN WDRYMK.
4. Корниенко, В. О. Влияние экологических факторов на физико-механические свойства, морфометрию и аллометрию древесных растений урбоэкосистем (на примере города Донецка): специальность 15.15.00: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук / Корниенко Владимир Олегович, 2022. – 166 с. – EDN QYUEPJ.
5. Kharchenko, N. N. Mechanical resistance of *Quercus robur* L. at the environmental boundary of the species distribution in the steppe / N. N. Kharchenko, V. N. Kalaev, V. O. Kornienko // Earth and Environmental Science, 2021. – P. 12049. – DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012049. – EDN HNQTEI.
6. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
7. Алемасова, А. С. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе / А. С. Алемасова, А. И. Сафонов // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 6. – С. 5-13. – DOI 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13. – EDN XRXDNV.
8. Сафонов, А. И. Ландшафтно-индикационные разработки как элемент оптимизации техногенных экотопов (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3-4. – С. 7-15. – EDN UALPJN.
9. Сафонов, А. И. Структурные аспекты оптимизации и фитоиндикации ландшафтов Донбасса (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 1. – С. 135-140. – EDN AXOXSS.

10. Сафонов, А. И. Сорно-рудеральная фракция урбанофлоры Донецкой агломерации как показатель трансформации локальных экосистем / А. И. Сафонов // Трансформация экосистем под воздействием природных и антропогенных факторов. – Киров: ВятГУ, 2019. – С. 13-16. – EDN UTXUDT.
11. Сафонов, А. И. Макромаркеры ландшафтных трансформаций в Донбассе: анализ картографического материала / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 68-75. – EDN NSSBBY.
12. Федоркина, И. А. Анализ риска и функции экологического благополучия по фитоиндикационным данным / И. А. Федоркина // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 99-105. – EDN JIQJM.
13. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
14. 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.
15. Фрунзе, О. В. Изменение ростовых показателей некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца / О. В. Фрунзе // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. № 4. – С. 106-114. EDN FXBQDM.
16. Safonov, A. I. Approbation of botanical expertise method in ecological monitoring / A. I. Safonov // Геополитика и экодинамика регионов. – 2014. – Vol. 10, No. 2. – P. 219-221. – EDN WBLOSD.
17. Гермонова, Е. А. Картографическая модель фактора полемостресса в Донбассе / Е. А. Гермонова, А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий государственный университет, 2023. – С. 52-54. – EDN CVSJJV.
18. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
19. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. С. 6-11. EDN RMXEAQ.
20. Гермонова, Е. А. ГИС-фитоиндикация при анализе факторов войны: полемостресс в Донбассе / Е. А. Гермонова, А. И. Сафонов // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 36-41. – EDN FWJYJH.
21. Сафонов, А. И. Фоновые фитоиндикационные реакции на факторы военных действий в Донбассе / А. И. Сафонов // Актуальные экологические проблемы и экологическая безопасность в современных условиях. – Саратов: Саратовский ГУ, 2023. – С. 345-351. – EDN OKMKIN.
22. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса / С. В. Беспалова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
23. Гермонова, Е. А. Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса / Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 13-22. – EDN QECLTU.

EXAMPLE OF DECODING A LANDSCAPE PROFILE FOR PHYTOINDICATION PURPOSE

Annotation. The article discusses an example of calculating the parameters of detailed GIS values of a phytosignification example, in which it is possible to draw dynamic conclusions on territorial advancement in the value of parameters between monitoring points. This approach allows you to operate with spatial data recalculated on real terrain with background values of the continuum distribution of environmentally important values. This method was tested for indicators of species diversity of bryophytes at monitoring points in Central Donbass in one of the vectors for analysis.

Keywords: Donbass, phytosignification, biomonitoring, pollution assessment, field research, landscape profile, phytomonitoring, new approach to GIS.

Zusar K.D.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581 : 37.02 : 57 : 574 (477.60)

НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ СТУДЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТА КАК РЕСУРС АССИСТЕНТСКОЙ ПРАКТИКИ

Иванова Д.В.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В системе науки и высшего образования на уровне магистратуры обязательным видом учебной работы является 4-5-недельная практика студентов в статусе преподавателя высшей школы, совмещающая свой педагогический опыт в школе (на уровне обучения в бакалавриате) и научно-исследовательскую работу, реализуемую на биологическом факультете, также в составе работы в студенческом научном обществе на кафедрах естественнонаучных факультетов. Используя широкий спектр дидактической наглядности, материалы экспозиций студентов ко Дню российской науки в 2024 г. были успешно реализованы в курсе «Биоиндикация» для студентов-экологов бакалавриата 2023-2024 учебного года.

Ключевые слова: студенческого научного общества, биологический факультет, Донецкий государственный университет, кафедра ботаники и экологии, биоиндикация, Донбасс, День науки.

Донбасс богат ресурсами в широком смысле этого понимания: и сырьевыми, включая биоразнообразие [1], и научно-педагогическими, что тоже сопряжено с рационализаторскими технологиями по потреблению первых [2]. В историческом аспекте мы имеем много наглядных примеров организации научной и педагогической деятельности со стороны выдающихся биологов Донецкого края [3–4]. Успешные программы реализации популяризаторской функции в науке по времени совпали с проходящей на биологическом факультете практикой студентов-магистров по педагогическим технологиям преподавания в высшей школе – на тех кафедрах, где студенты проходят специализацию (ассистентская практика). Этот факт стал для нас основанием для обобщения передовых практик и современных научных достижений студентов под руководством их кураторов, а также использовать в качестве дидактического материала в ассистентской практике.

Цель работы – на основании доступного в социальных сетях широкого спектра дидактической наглядности, материалов экспозиций студентов ко Дню российской науки в 2024 г. использовать эти данные для проведения лабораторных работ в курсе (дисциплине) «Биоиндикация» для студентов-экологов бакалавриата биологического факультета 2023-2024 учебного года.

В задачи флэш-моба, организованного Студенческим научным обществом и Советом молодых ученых Донецкого государственного университета под руководством к.э.н. А.А. Торбы и непосредственным кураторством Т.Н. Самарёвой, входило представление достижений студентов в научной сфере или на лабораторных занятиях с #мыэтонаука и #снодонгу.

Надо отметить, что студенты биологического факультета с этой задачей блестяще справились. Но сетевые ресурсы недолговечны, хоть и читаемы, и просматриваемы, поэтому нами было принято волевое решение собрать и опубликовать некоторые данные для закрепления успеха студентов и возможной исторической аналитики в жизни и развития биологического факультета как неотъемлемой части в стратегии успешного существования Донецкого государственного университета – флагмана науки и высшего образования западных регионов Юга России.

Полученные сведения из социальных сетей (рис. 1–4) вызвали не только стимулирующий эффект среди студентов и выпускников биологического факультета, а

также являлись примером научной консолидации для других структурных подразделений университета.

Среди студенческих разработок выделены экологические технологии по изучению растений разных таксономических групп [5–7], работа в лабораториях по физиологии человека и животных [8], биофизические направления [9–10]. В числе ботанико-экологических тем обособляются индикационные [11–13], коллекционные [14], аналитические сведения по квантификации природных сред [15–19].



Рис. 1 – Экспозиционные материалы ко Дню российской науки в 2024 г. от студентов кафедры биофизики и кафедры ботаники и экологии ДонГУ

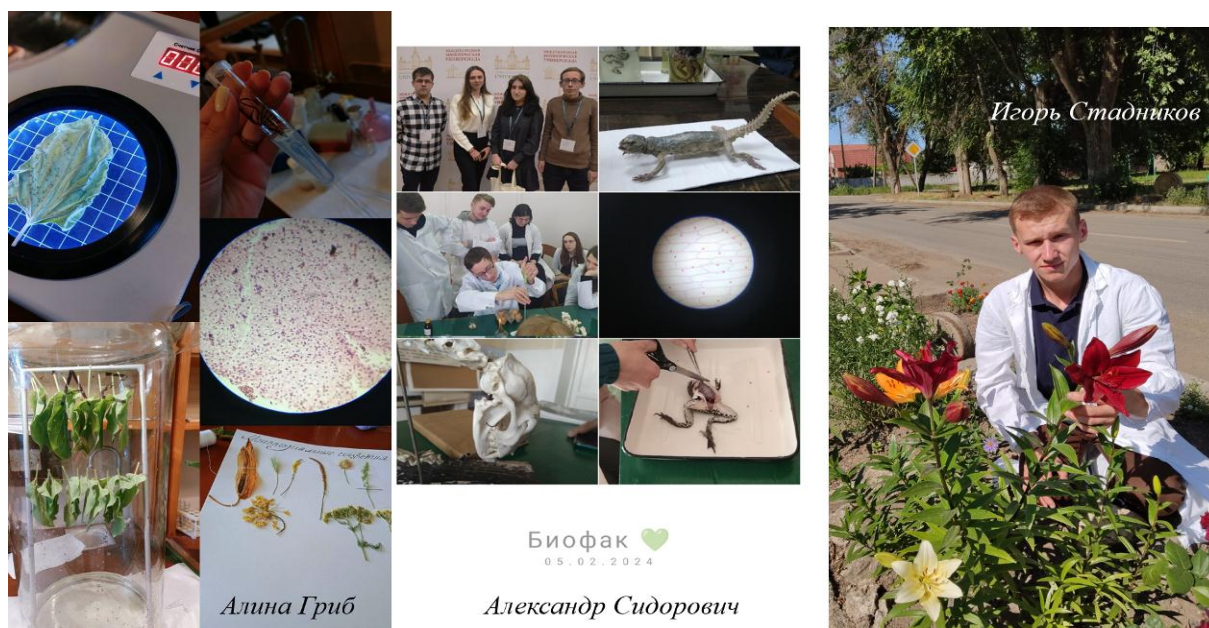


Рис. 2 – Экспозиционные материалы ко Дню российской науки в 2024 г. от студентов кафедры биофизики, зоологии и экологии, кафедры ботаники и экологии ДонГУ



Рис. 3 – Экспозиционные материалы ко Дню российской науки в 2024 г. от студентов кафедры зоологии и экологии и кафедры ботаники и экологии ДонГУ

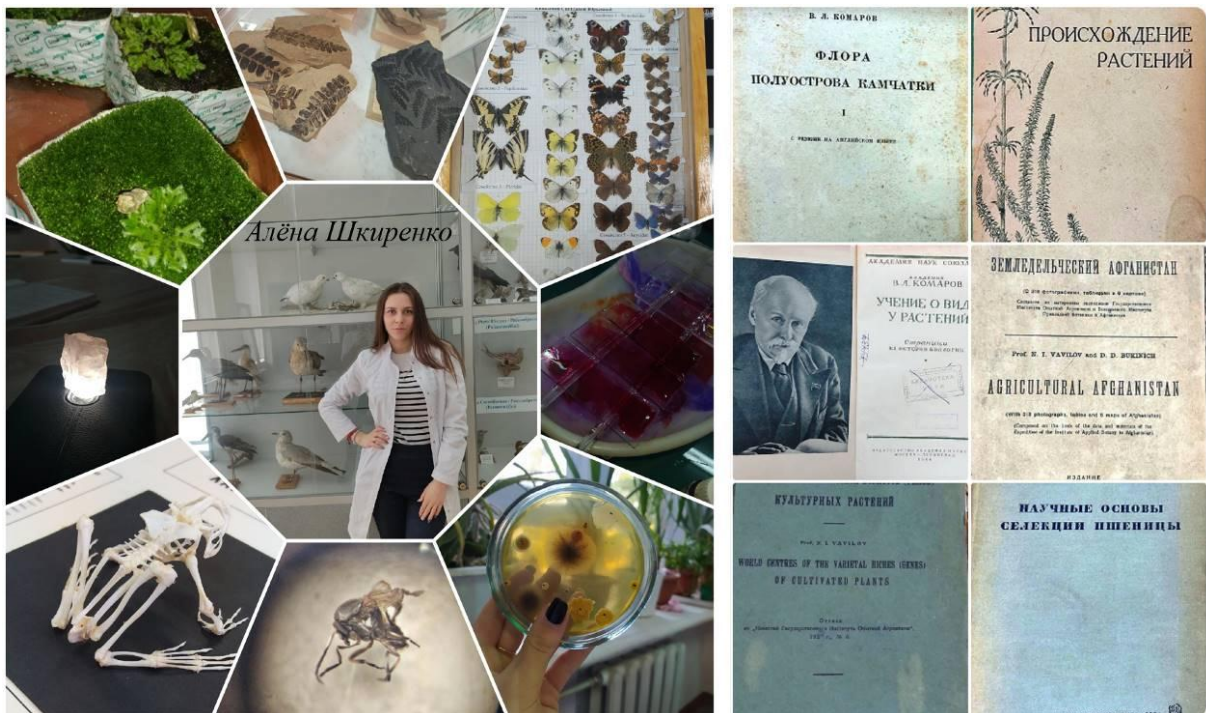


Рис. 4 – Экспозиционные материалы ко Дню российской науки в 2024 г. от студентов кафедры зоологии и экологии и научной библиотеки ДонГУ

Все используемые иллюстрации мы представили с сохранением авторской принадлежности, указав имена студентов, непосредственно в их материалах.

Использование таких иллюстраций востребовано на лабораторных работах по биоиндикации в темах о полевых исследованиях, организации эксперимента: сборов и камеральных работ, определении амплитуды пластичности видов.

В перспективе представляется объединение данных от студентов в единую программу со сведениями о состоянии природной среды Донбасса, использовать имеющийся опыт по ГИС-технологиям [20, 21] и локальные сведения от студентов, например, [22, 23] при историко-научном подходе и перспективном выстраивании стратегии студенческого научного прогресса в Донецком регионе по биологической составляющей.

В биоиндикационном обучении задействованы обязательные темы индикации климатообразующих факторов и процессов трансформации экосистем на ландшафтном и природно-территориальном уровне, а также вопросы загрязнения окружающей среды в экологически неблагоприятных сценариях развития региона.

Таким образом, в системе науки и высшего образования на уровне магистратуры обязательным видом учебной работы является 4-5-недельная практика студентов в статусе преподавателя высшей школы, совмещающая свой педагогический опыт в школе (на уровне обучения в бакалавриате) и научно-исследовательскую работу, реализуемую на биологическом факультете, также в составе работы в студенческом научном обществе на кафедрах естественнонаучных факультетов. Используя широкий спектр дидактической наглядности, материалы экспозиций студентов ко Дню российской науки в 2024 г. были реализованы в курсе «Биоиндикация» для студентов-экологов бакалавриата 2023-2024 учебного года.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций / С. В. Беспалова, О. С. Горещкий, М. В. Рева [и др.] // Степная Евразия - устойчивое развитие: Ростов-на-Дону: ЮФУ. – С. 179-181. – EDN LUJGKG.
2. Петкогло, О. В. Ретроспективный анализ интерьерной и ландшафтной фитооптимизации промышленной среды (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) / О. В. Петкогло // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 3. – С. 72-79. – EDN GTDLEL.
3. Горещкий, О. С. К 100-летию основателя Донецкого ботанического сада М.Л. Ревы (1922-1996) / О. С. Горещкий, Т. П. Столярова, А. И. Сафонов // Историко-биологические исследования. – 2023. – Т. 15, № 1. – С. 187-204. – DOI 10.24412/2076-8176-2023-1-187-204. – EDN CHZGFD.
4. Горещкий, О. С. К 115-летию выдающегося биолога Фёдора Львовича Щепотьева (1906-2000) / О. С. Горещкий, Т. П. Столярова, А. И. Сафонов // Историко-биологические исследования. – 2021. – Т. 13, № 4. – С. 169-183. – DOI 10.24412/2076-8176-2021-4-169-183. – EDN ZUJVDA.
5. Чуфицкий, С. В. Влияние солей тяжелых металлов на флуоресценцию клеток *Chlorella sorokiniana* и *Pleurochloris magna* / С. В. Чуфицкий, А. С. Ляшова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 1. – С. 129-136. – EDN DKLAGD.
6. Флуориметрический анализ влияния шламовых загрязнителей на фитопланктон / С. В. Беспалова, С. М. Романчук, С. В. Чуфицкий [и др.] // Биофизика. – 2020. – Т. 65, № 5. – С. 994-1002. – DOI 10.31857/S0006302920050178. – EDN XWCDBX.
7. Изучение процессов нефотохимического тушения флуоресценции клеток фитопланктона при световой адаптации различной длительности / С. В. Беспалова, С. В. Чуфицкий // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура. – Донецк: ДонГУ, 2023. – С. 16-18. – EDN ZWRMGA.
8. Эффекты субхронического применения физической нагрузки и аргинина на функциональное состояние скелетной мышцы быстрого типа в экспериментах на крысах / В. В. Труш, В. И. Соболев, М. Н. Попов, Н. Н. Бондаренко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 76-98. – EDN QQCJOW.

9. 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.
10. Корниенко, В. О. Влияние экологических факторов на физико-механические свойства, морфометрию и аллометрию древесных растений урбоэкосистем (на примере города Донецка): специальность 15.15.00: диссертация на соискание ученой степени к.б.н., 2022. – 166 с. – EDN QYUEPJ.
11. Сафонов, А. И. Опыт построения аутофитоиндикационных экологических шкал для антропогенно трансформированного региона / А. И. Сафонов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 3. – С. 80-86. – EDN MQVROV.
12. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
13. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. – № 3. – С. 6-11. EDN RMXEAQ
14. Петкогло, О. В. Научный ресурс ботанического музея в Донецке / О. В. Петкогло // Донецкие чтения 2016. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 139-140. – EDN WCLWCT.
15. Киселева, Д. В. Принципы создания шкал анатомо-морфологической пластичности фитоиндикаторов техногенного региона / Д. В. Киселева // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: Южный федеральный университет, 2016. – С. 117-119. – EDN YWGVLG.
16. Safonov, A. Ecological scales of indicator plants in an industrial region / A. Safonov // BIO Web of Conferences. – 2022. – Vol. 43. – P. 03002. – DOI 10.1051/bioconf/20224303002. – EDN PUWEGC.
17. Бондарь, Е. Н. Фрагмент бриотеки городских агломераций Донбасса / Е. Н. Бондарь // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2021. – Т. 1, № 13. – С. 19-23. – EDN QWMODZ.
18. Калинина, А. В. Карполого-индикационная значимость рудералов в условиях городской среды / А. В. Калинина // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: Издательство Южного федерального университета, 2016. – С. 312-314. – EDN YUAPBH.
19. Авдеева, А. В. Подходы российских ученых в изучении пылефильтрующей эффективности дендропарковых насаждений промышленного города в Донбассе / А. В. Авдеева // Донецкие чтения 2017. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2017. – С. 54-56. – EDN YOUSNG.
20. Гермонова, Е. А. Картографическая модель фактора полемостресса в Донбассе / Е. А. Гермонова // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий государственный университет, 2023. – С. 52-54. – EDN CVSJJV.
21. Гермонова, Е. А. ГИС-фитоиндикация при анализе факторов войны: полемостресс в Донбассе / Е. А. Гермонова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 36-41. – EDN FWJYJH.
22. Винярчик, Д. М. Оценка регионального фитосырья по структурным показателям / Д. М. Винярчик // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: Южный федеральный университет, 2016. – С. 111-112. – EDN WCLVWX.
23. Владимирова, М. С. Характер эксплеренции *Ambrosia artemisiifolia* L. в условиях городской среды / М. С. Владимирова // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: Южный федеральный университет, 2016. – С. 112-113. – EDN YWGVJW.

SCIENTIFIC DEVELOPMENTS OF STUDENTS OF THE FACULTY OF BIOLOGY AS A RESOURCE FOR ASSISTANT PRACTICE

Annotation. In the system of science and higher education at the master's level, a mandatory type of educational work is a 4-5 week internship for students in the status of a higher education teacher, combining their teaching experience at school (at the undergraduate level) and research work carried out at the Faculty of Biology, also as part of work in the student scientific society at the departments of natural science faculties. Using a wide range of didactic visibility, materials from student exhibitions for the Day of Russian Science in 2024 were used in the Bioindication course for undergraduate environmental students for the 2023-2024 academic year.

Keywords: student scientific society, Faculty of Biology, Donetsk State University, Department of Botany and Ecology, bioindication, Donbass, Science Day.

Ivanova D.V.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581.15 (477.60)

КОМПАКТИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ НИШ В НАРУШЕННЫХ ОСКОЛОЧНЫМИ ВЗРЫВАМИ ГОРОДСКИХ СТРОЕНИЯХ

Иванюк Е.П.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В условиях антропогенной трансформации среды всегда необходим учет и контроль факторов, которые формируют зону благонадежности и терпимого комфорта (выносливости) для осуществления процессов жизнедеятельности. Городские условия в Донбассе с 2014 г. отягощены фактом ведения военных действий и имеют дополнительные импакты на среду обитания человека, а также всех представителей флоры и фауны региона. Осуществлена попытка установить специфику заполнения экстремально созданных экологических ниш в результате обстрелов городской застройки г. Донецка по результатам наблюдений в 2023 г.

Ключевые слова: фитоиндикация, полевостресс, Донбасс, экологический мониторинг, фитомониторинг, диагностика среды, полевой эксперимент, трансформация ландшафтов.

Города на поверхности Планеты формируют определенные зоны экологического риска и экологического бедствия, избежать которые можно при условии грамотной эксплуатации местности, рациональном природопользовании, перераспределении ресурсов и постоянном экологическом мониторинге за состоянием среды, чтобы качество удовлетворяло потребностям общества, и человеческая популяция могла бы продолжить своё существование в глобальном и геологическом времени [1, 2]. Научно-педагогическим коллективом кафедры ботаники и экологии при непосредственном участии студенческого научного общества и совета молодых ученых Донецкого государственного университета реализуются некоторые проекты по изучению элементов жизни в нестабильных условиях военных действий [3–8]. Современная война в Донбассе началась в 2014 г. и с тех пор город Донецк находится под постоянным обстрелом, поэтому выбранную тему исследования с точки зрения экологических изысканий мы рассматриваем как актуальную и заслуживающую на внимание со стороны фундаментальной и прикладной науки.

Цель работы – на основании данных о полевых сборах в центрально-городской застройке Донецка рассмотреть динамику и специфику заселения мест от взрывов новыми видами растений из числа мохообразных, которые проявляют специфические функции пионерного (эцезисного) заселения и средообразующие позиции в нео-экстремально сформированных экологических нишах.

Методической основой проведения эксперимента, сбора информации и целесообразности осуществления фитомониторингового исследования является экспериментальная база о растениях-индикаторах в экстремальных и специфических условиях выживания и проявления ими информационной функции по своему структурно-функциональному статусу [4, 6, 8], в том числе в контексте функций живого вещества индикационного и средообразующего значения [9], оценке техногенной нагрузки и загрязнения [10, 11], при математическом моделировании процессов [12, 13], биофизическом подходе [14], аэропалинологических методах [15], геоботанических описаниях [16], библиографическом учете [17], аналитическом анализе на высокоточном оборудовании [18, 19]. Фитомониторинговые исследования сопряжены с индикацией климатообразующих факторов [20], имеют территориальную привязку и выход на образовательные программы [21, 22], осуществляются при непосредственном участии студентов биологического факультета [23].

На рисунках 1–4 продемонстрированы примеры компактизации резко сформированных экологических ниш бриобионтами и бриофитами.



Рис. 1 – Нео-трансформации дорожного полотна из тротуарной плитки (А) и асфальтного покрытия (Б) при открытии первичных ниш заселения



Рис. 2 – *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw. пионерной сукцессии после кассетных разрывов (горизонталь)



Рис. 3 – *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Bryum capillare* Hedw. пионерной сукцессии после кассетных разрывов (горизонталь – А, Б, ступени – В)



Рис. 4 – *Bryum argenteum* Hedw., *Bryum caespiticium* Hedw. пионерной сукцессии после кассетных разрывов (вертикаль)

Представлены результаты заселения мохообразными имеют временной интервал 0,5-1,5 года, т.е. сравнительно быстрое развитие процесса заполнения новыми элементами жизни пространства, что подчеркивает всюдность жизненного развития.

В большинстве случаев нами были зарегистрированы виды, которые по своей эколого-стратегической позиции характеризуются высокими показателями эксплеренции и широкой экологической амплитудой, что позволяет им заселять экстремальные места и формировать среду для возможного заселения следующих элементов по сукцессионному ряду.

Наиболее часто встречающимися видами признаны *Bryum argenteum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid, *Bryum caespiticium* Hedw., *Brachythecium campestre* (Müll.Hal.) Bruch et al., *Bryum capillare* Hedw., следующие по численности *Orthotrichum speciosum* Nees, *Leskea polycarpa* Hedw., *Tortula muralis* Hedw., *Plagiomnium cuspidatum* (Hedw.) T. Kop., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr., *Platygyrium repens* (Brid.) Schimp.

Следовательно, природа не терпит пустоты и находится в постоянном развитии в территориальном и временном отношениях, что позволяет нам отследить некоторые закономерности таких процессов.

Таким образом, в условиях антропогенной трансформации среды всегда необходим учет и контроль факторов, которые формируют зону благонадежности и терпимого комфорта (выносливости) для осуществления процессов жизнедеятельности; городские условия в Донбассе с 2014 г. отягощены также фактом ведения военных действий и имеют дополнительные импакты на среду обитания человека, а также всех представителей видов растений региона; нами осуществлена попытка установить специфику заполнения экстремально созданных экологических ниш в результате обстрелов городской застройки г. Донецка по результатам наблюдений в 2023 г. Геолокация мест намеренно не оглашается в целях безопасности реализованного эксперимента. Выявленные закономерности привлекли внимание биологов, экологов, неравнодушных людей к вопросам выживания в сложных условиях военных действий в Донбассе.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Епринцев С.А. Оценка влияния городской застройки и загрязнения воздушного бассейна на здоровье населения г. Воронежа / С.А. Епринцев, С.А. Куролап, О.В. Клепиков // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2009. Т. 14. № 3. С. 600-604.
2. Епринцев С.А. Оценка экологического риска урбанизированных территорий с использованием ГИС-технологий // Экологические системы и приборы. 2009. № 2. С. 3-8.
3. Safonov, A. I. Plants under industrial and military stress (polemostress) / A. I. Safonov // Practice Oriented Science: UAE - RUSSIA - INDIA : Proceedings of the International University Scientific Forum, UAE. Vol. Part 2. – UAE, 2023. – P. 64-72. – EDN RRMQEQ.
4. Safonov, A. I. Phytoindicational monitoring in Donetsk / A. I. Safonov // World Ecology Journal. – 2016. – Vol. 6, No. 4. – P. 59-71. – EDN WADNKV.
5. Safonov, A. Ecological scales of indicator plants in an industrial region // BIO Web of Conferences. 2022. 43. P. 03002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224303002>. EDN PUWEGC.
6. Сафонов, А. И. Динамика фитоиндикационных показателей по картографическим данным в Донбассе (2013-2023 гг.) / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 4. – С. 6-17. – EDN PIVHWY.
7. Гермонова, Е. А. Картографическая модель фактора полемостресса в Донбассе / Е. А. Гермонова // Донецкие чтения 2023. – Донецк: ДонГУ, 2023. – С. 52-54. – EDN CVSJJV.
8. Сафонов, А. И. Макромаркеры ландшафтных трансформаций в Донбассе: анализ картографического материала / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 68-75. – EDN NSSBBY.

9. Сафонов, А. И. Экологический фитомониторинг в Донбассе в контексте учения В.И. Вернадского о живом веществе / А. И. Сафонов // Космос и биосфера. Симферополь, 2023. С. 103-105. EDN VOIXGX.
10. *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.
11. 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.
12. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса / С. В. Беспалова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
13. Monitoring of factors of ecological safety of urbanized territories' population (by example of settlements of Voronezh region) / S. A. Yeprintsev, S. A. Kurolap, I. V. Komov, I. V. Y. Minnikov // Life Science Journal. – 2013. – Vol. 10, No. 12s. – P. 846-848. – EDN UZUSAB.
14. 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.
15. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
16. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. – № 3. – С. 6-11. EDN RMXEAQ.
17. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учет и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Библиотеки и экологическое просвещение: теория и практика ГПНТБР, 2022. С. 11-15. DOI 10.33186/978-5-85638-255-5-2022-11-15. – EDN TCPMIQ.
18. Neutron activation analysis of rare earth elements (Sc, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Dy, Yb) in the diagnosis of ecosystems of Donbass / I.I. Zinicovskaia, A.I. Safonov, et al. // Physics of Particles and Nuclei Letters. – 2024. – Vol. 21, No. 2. – P. 186-200. DOI: 10.1134/S1547477124020158
19. Биомониторинговая программа по оценке воздуха в Донбассе с помощью нейтронно-активационного анализа / И. И. Зиньковская // Донецкие чтения 2022. – Донецк: ДонНУ, 2022. С. 69-71. EDN SQZVXC.
20. Сафонов, А. И. Коррекция фитоиндикационных критериев оценки среды в связи с микроклиматическими изменениями в Донбассе / А. И. Сафонов // Глобальные климатические изменения: Воронеж: "Цифровая полиграфия", 2019. С. 166-167. EDN EEGDJU.
21. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2019. № 3-4. С. 37-42. EDN TZQVLA.
22. Indicator values of plants under conditions of heavy metal pollution (structural botany) / A.I. Safonov [et al.] // Plants. – 2021. – Vol. 11, N 12. – P. 155-167.
23. Гунченко, И. А. Диагностика и фитотестирование эдафотопов Донбасса вследствие милитаризации региона / И. А. Гунченко // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 39-42. – EDN FBWIRV.

COMPACTIZATION OF ECOLOGICAL NICHES IN URBAN STRUCTURES DAMAGED BY FRAGMENTATION EXPLOSIONS

Annotation. In conditions of anthropogenic transformation of the environment, it is always necessary to take into account and control the factors that form the zone of reliability and tolerable comfort (endurance) for the implementation of life processes. Urban conditions in the Donbass since 2014 have also been burdened by the fact of military operations and have additional impacts on the human environment, as well as all representatives of the flora and fauna of the region. We have made an attempt to establish the specifics of filling extremely created ecological niches as a result of shelling of urban areas in Donetsk based on the results of observations in 2023.

Keywords: phytoindication, polemstress, Donbass, environmental monitoring, phytomonitoring, environmental diagnostics, field experiment, landscape transformation.

Ivanyuk E.P.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581.15 (477.60)

ОБЗОР МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ФИТОМОНИТОРИНГЕ ДОНБАССА

Кинаш Т.А.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. На примере разных методических приемов и подходов в реализации программ экологического фитомониторинга рассмотрены структурные блок-схемы в разнообразии связей и функций между параметрами окружающей среды и способами их идентификации с помощью растений в промышленном регионе. Выделены апробированные методики, подготовлен широкий диапазон способов для дальнейшего использования в регионах с высокой антропогенной нагрузкой, а также в случае резкого проявления неблагоприятных экологических факторов.

Ключевые слова: фитомониторинг, фитоиндикация, Донбасс, Донецкий регион, экологический мониторинг, методы анализа, оценка качества природных сред, фитоквантификация.

Перед учеными Донбасса вопросы оценки (динамической квантификации) природных сред всегда были поставлены в приоритете [1–4], поскольку диагностика условий существования человеческой популяции должна перманентно реализовываться на всех этапах эксплуатации местности и сбалансированного природопользования [2, 5–7]. Накопленный опыт ученых в регионе на основании мировых научных трендов нуждается в рассмотрении разными способами, в том числе и обзорно-аналитическим для понимания существующего состояния направления и возможного планирования дальнейшей деятельности, а также с участием студентов биологического факультета Донецкого государственного университета.

Цель работы – подготовить обобщающие структурные схемы, соединяющие принципиальные сведения о фитомониторинге и фитоиндикации в Донбассе, для визуального представления о спектре направлений, приемов и подходов к оценке состояния среды в промышленно напряженном регионе.

В качестве методологического блока использовали сведения, обобщающие естественно-исторический опыт изучения экосистем Донбасса и современные сводки фитоиндикационного и мониторингового содержания [8–12], которые в основном приеме оценивания открытых ландшафтных систем связаны с мониторинговой сетью всего Центрального Донбасса [13] и основываются на вопросах нормирования антропогенной нагрузки [14] и пластичности растительных организмов в экологически неблагоприятных условиях существования [15–18]. Данные представляют собой также обязательное использование новых разработок в учебном процессе на кафедре ботаники и экологии [19], а также сопряженных научных тем на других кафедрах биологического факультета Донецкого государственного университета, например, на кафедре физиологии растений [20]. Целевая квантификация объединяет также совместные усилия ученых ДонГУ и Донецкого национального технического университета, Донецкого ботанического сада [21–23]. Сделан предварительный вывод о накопленном богатом опыте в диагностике техногенно трансформированных экосистем с помощью растительных объектов в Северном Приазовье, который требует участия молодых ученых и студентов при выполнении курсовых работ и выпускных квалификационных работ уровня бакалавров и магистров в системе образования Российской Федерации при планировании формирования нового подхода по базовому высшему образованию также на всей территории России.

Рисунок 1 объединяет данные о процессах и средах, в которых реализуется мониторинг, рисунок 2 формирует замкнутую систему проблем и свойств направления.



Рис. 1 – Блок-схема процессов и целевых вещественных сред, для которых реализуется программа экологического фитомониторинга



Рис. 2 – Сопряжение блока фундаментальных научных задач в биологии и науке в целом и блока характеристик фитомониторинга, которые по своим свойствам участвуют в решении классических вопросов наук о жизни

Основной прием фитоиндикационной оценки заключается в выявлении разницы между функциональными признаками изначально единой растительной генерации, но связанных с разными экотопами и, соответственно, испытывающими разный уровень

антропогенного воздействия, что важно для выводов о его наличии и характере проявления.

В решении любых прикладных задач рекомендовано опираться на знания классических ботанических наук, которые имеют отработанные навыки инструментального подхода и долгосрочные исследования в направлении возможных новых модификаций авторских экспериментов (рис. 3, 4).

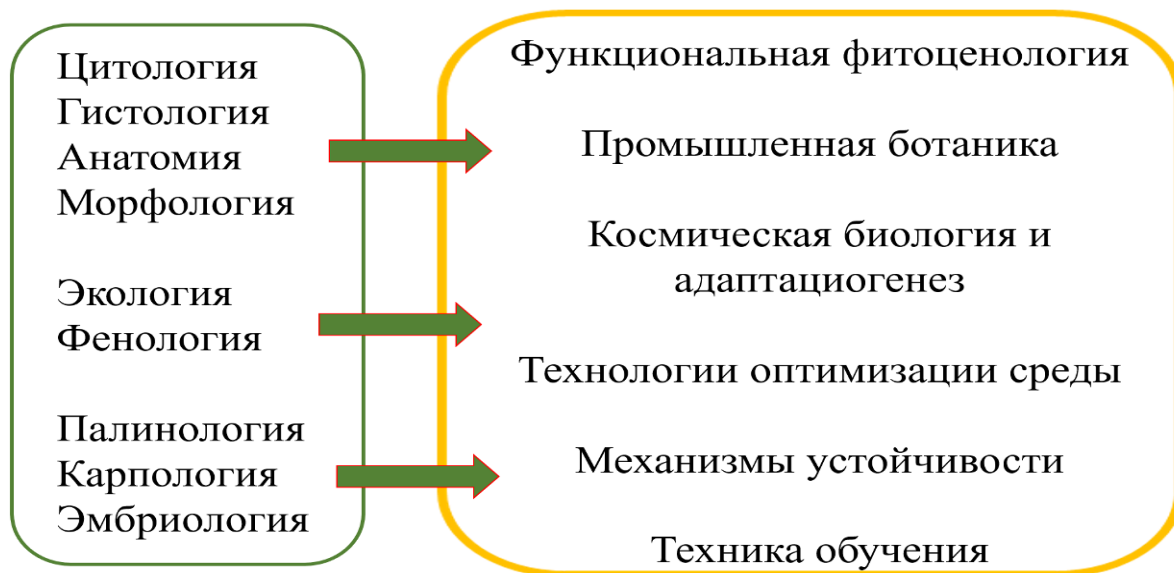


Рис. 3 – Структура научных направлений (наук), которые формируют своим развитием предпосылки реализации новых технологических приемов фитоиндикационного содержания и фитомониторингового назначения



Рис. 4 – Блоки преобразований научно-технологического процесса при реализации программ индикационной ботаники и ландшафтной фитоиндикации (методы и способы апробированы для территории Центрального Донбасса)

Составленные блок-схемы в ориентире на ранее существующие предложения [4] дополняют систему представлений о фитоиндикации и мониторинге, которые проводятся и планируются для проведения на территории донецкого экономического региона. Считаю, что такие направления в реализации прикладных задач весьма продвигают также и рассмотрение некоторых вопросов для понимания фундаментальных процессов в наследовании и влиянии экологических факторов на экспрессию генетического материала растений-индикаторов.

В Донбассе, безусловно, созданы условия для осуществления диагностических мероприятий, поскольку реализация жизни осуществляется в крайних границах выносливости популяций не только растительного состояния.

Наиболее интересными темами среди выбора студентов на специализации являются водоросли-индикаторы, гидробиологические данные, изучение пыльцы, фитоценотические данные о способах оптимизации нарушенного растительного и почвенного покрова, – все эти темы осуществляются молодыми учеными кафедры ботаники и экологии в Донецком государственном университете.

Следовательно, научно-прикладные направления мониторинга и индикации с помощью растений представляют собой собранную идеологию для решения вопросов оценки качества среды обитания в Донбассе. Имеющаяся теоретическая подготовка специалистов готова к реализации своих функций на высокоточном оборудовании, расширяющим спектр применяемых диагностических характеристик.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Определение порогов чувствительности биоиндикаторов на действие экологически неблагоприятных факторов среды / С. В. Беспалова, О. С. Горещкий, А. З. Глухов [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2010. – № 1(10). – С. 9-25. – EDN DGQGOX.
2. Концептуальные подходы к нормированию в системе экологического биомониторинга / С. В. Беспалова, О. С. Горещкий, А. З. Злотин [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2013. – № 1. – С. 8-15. – EDN XRAESD.
3. Глухов, А. З. Перспективы проведения фитоиндикационного мониторинга техногенно трансформированных экотопов / А. З. Глухов // Промышленная ботаника. – 2002. – Т. 2. – С. 7-14. – EDN LSYLJM.
4. Сафонов, А. И. Фитомониторинг антропогенно измененной среды: формализация терминологии и реализация на практике / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 3. – С. 62-70. – EDN NTNOHR.
5. 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/sn2023122107. – EDN BATLWA.
6. Кольченко, О. Р. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка / О. Р. Кольченко, В. О. Корниенко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 3-4. – С. 151-161. – EDN PAUIGC.
7. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
8. Сафонов, А. И. Фронтальный спектр фитодиагностики в Донбассе (2018-2019 гг.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2019. – С. 270-271. – EDN LJTXSY.
9. Сафонов, А. И. Опорные разработки в рамках тематического направления по ботанике антропогенеза (2022 г.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2022. – С. 113. – EDN ZSZAOG.

10. Сафонов, А. И. Ландшафтно-индикационные разработки как элемент оптимизации техногенных экотопов (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3-4. – С. 7-15. – EDN UALPJK.
11. Сафонов, А. И. Структурные аспекты оптимизации и фитоиндикации ландшафтов Донбасса (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 1. – С. 135-140. – EDN AXOXSS.
12. 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, A. Safonov, A. Kravtsova et al. // Physics of Particles and Nuclei Letters. – 2024. – Vol. 21, No. 2. – P. 313-329.
13. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
14. Глухов, А. З. Экосистемное нормирование по данным фитоиндикационного мониторинга // Донецкие чтения 2016. Образование, наука. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 311-312. – EDN YUAPAY.
15. Киселева, Д. В. Принципы создания шкал анатомо-морфологической пластичности фитоиндикаторов техногенного региона // Донецкие чтения 2016. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 117-119. – EDN YWGVLG.
16. 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.
17. Калинина, А. В. Таксономический и эколого-ценотический анализ раннецветущих растений некоторых трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 23-28. – EDN CBIYEG.
18. Мирненко, Э. И. Гидрохимический режим прудов Старобешевского района / Э. И. Мирненко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 1. – С. 115-120. – EDN ALGSBZ.
19. Сафонов, А. И. Введение в специализацию на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова, Э. И. Мирненко // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 196-197. – EDN XMTXGP
20. Фрунзе, О. В. Сорбционная способность некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца / О. В. Фрунзе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 85-91. – EDN VDFNUY.
21. Сафонов, А. И. Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2018. – Донецк: ДонНУ, 2018. – С. 216. – EDN YPAMWD.
22. Сафонов, А. И. Комплексный показатель нарушенности экотопов по фитоиндикационному критерию в г. Донецке / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 3-4. – С. 171-175. – EDN KXGBLU.
23. Глухов, А. З. Методологические аспекты фитомониторинга в антропогенно трансформированной среде // Донецкие чтения 2023. – Донецк: ДонГУ, 2023. – С. 58-59. – EDN QFUQBM.

REVIEW OF METHODS AND APPROACHES IN ECOLOGICAL PHYTOMONITORING OF DONBASS

Annotation. Using the example of different methodological techniques and approaches in the implementation of environmental phytomonitoring programs, structural block diagrams in the variety of connections and functions between environmental parameters and methods of their identification using plants in an industrial region are considered. Proven methods have been identified, a wide range of methods has been prepared for further use in regions with high anthropogenic load, as well as in the event of a sharp manifestation of unfavorable environmental factors.

Keywords: phytomonitoring, phytoindication, Donbass, Donetsk region, environmental monitoring, analysis methods, assessment of the quality of natural environments, phytoquantification.

Kinash T.A.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК577.3

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОРОСТКИ КУКУРУЗЫ САХАРНОЙ

Котюк П. Ф., Авдеева К. А.

*Научный руководитель: Корниенко В.О., канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: В данной работе проведено исследование влияния переменного магнитного поля на онтогенез и морфометрию растений сельско-хозяйственной ценности, на примере кукурузы сахарной (*Zea mays L.*).
Ключевые слова: растения, онтогенез, морфология, биотестирование, магнитное поле, переменное магнитное поле, геомагнитное поле.

Введение. В результате исторически накопленного опыта ведения хозяйствования на земле и обобщения научных исследований было установлено, что правильно и качественно подготовленные к посеву семена – один из главных факторов формирования высокой урожайности возделываемых культур. Поэтому предпосевной обработке семян [1-9] отводится роль одного из основных этапов в цикле производства продукции растениеводства.

В настоящее время вопросами предпосевной обработки сельскохозяйственных культур занимаются ученые-биологи (ботаники, физиологи, биофизики), физики, химики, инженеры, специалисты в области сельского хозяйства и технических наук, что говорит об особой актуальности данной проблемы [10–15]. По мнению ряда специалистов [16–18], перспективным направлением является предпосевная обработка семян переменным магнитным полем (ПеМП). Такая обработка имеет ряд преимуществ перед другими электротехнологическими методами, например это экономическая стоимость обработки, экологическая безопасность технологии и относительно простой способ применения методов предпосевной обработки. Внедрение в производство подобного экологически чистого метода обработки обуславливает необходимость установления механизма воздействия переменного магнитного поля на семена и определения наиболее эффективного режима обработки сельскохозяйственных культур [19].

Материалы и методы

Предпосевная обработка семян кукурузы сахарной происходила в течение 1 часа при значениях магнитной индукции ПеМП в диапазоне от 1 до 14 мТл, с шагом 1 мТл. Выборка состояла из 50 семян в 3-кратной повторности. Семена обрабатывали на установке в сухом состоянии, затем семена помещались в чашки Петри, при этом подложкой для семян служила влажная фильтровальная бумага. Полив осуществляли только дистиллированной водой. Семена проращивали при температуре +20°C. Энергию прорастания и всхожесть семян определяли в сроки, указанные в ГОСТ 12038-84 [20]: на 3-е сутки (энергия прорастания) и 8-е сутки (всхожесть). Все полученные результаты обрабатывались методами вариационной статистики с использованием пакета компьютерных программ «Statistica».

Результаты и обсуждения

Оценка силы роста семян кукурузы сахарной после облучения в переменном магнитном поле. При облучении переменным магнитным полем, мы оценили силу роста кукурузы сахарной местной селекции провели сравнение с контрольной группой растений. Установили, что все группы семян имели высокую силу роста (80–100% от выборки), кроме выборки, облученной 7 мТл (она имела среднюю силу роста). При

сравнении полученных данных по облучению семян с магнитной индукцией 9, 8, 10, 4, 3 и 6 мТл выяснили, что при этой амплитуде сила роста надземной части растения от контроля достоверно была выше на 14–27% (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сила роста (%) надземной части кукурузы семян сахарной в сравнении с контрольными образцами

Оценивая силу роста корневой системы, мы установили, что наибольшее стимулирующее действие оказали амплитуды 8, 1, 2, 6 и 5 мТл (рисунок 2). При $B = 8$ мТл, сила роста экспериментальной группы растений достоверно была выше контрольной группы на ~14%.

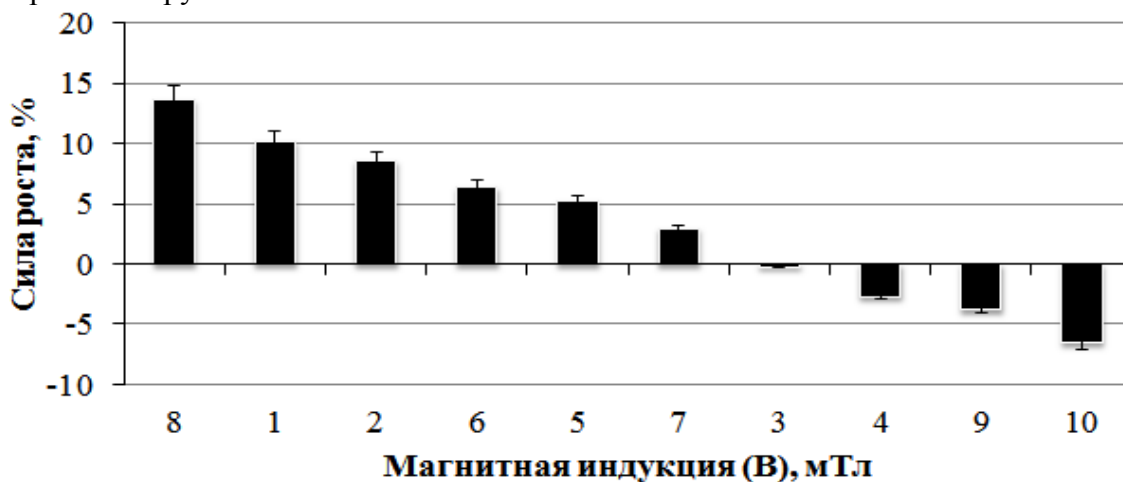


Рисунок 2 – Сила роста (%) корневой системы кукурузы семян сахарной в сравнении с контрольными образцами

Влияние ПеМП на онтогенез кукурузы сахарной. При облучении семян кукурузы сахарной с экспозицией в ПеМП 1 час, установили стимулирующие и угнетающие рост и развитие растений амплитудные характеристики переменного магнитного поля. При магнитной индукции 3 мТл наблюдался максимальный стимулирующий эффект в 25% при сравнении с контрольной группой растений (рисунок 3). Также стимулирующий эффект в развитии семян кукурузы сахарной дали следующие амплитуды: 1 мТл (+10% развития организма) и 10 мТл (+5% развития организма).

Нейтральным эффектом, со статистически незначимыми отличиями, обладали амплитуды ПеМП в 4, 8 и 9 мТл.

Негативным эффектом отличались амплитуды 2, 5–7, 11–14 мТл. Наибольшее

ингибирующее влияние, со значением ~35% отклонения от нормального развития организма, проявили амплитуды 2, 11 и 13 мТл.



Рисунок 3 – Онтогенетические изменения кукурузы сахарной под влиянием переменного магнитного поля различной амплитуды на 7-е сутки

Влияние ПеМП на морфометрические параметры кукурузы сахарной. По сравнению с контрольной группой, которая не подвергалась влиянию ПеМП, стимулирующим эффектом на морфометрические параметры (длина (L) и/или диаметр (D) стебля) надземной части кукурузы сахарной обладали амплитуды 9 мТл (L = 19%; D = 18%), 1 мТл (L = 15%; D = 3%), 4 мТл (L = 9%; D = 15%), 3 мТл (L = 8%), 8 мТл (D = 9%) (рисунок 4).

Нейтральный эффект обнаружен при В = 5 и 6 мТл. Ингибирующее действие проявили амплитуды 2 мТл (L = -20%; D = -6%), 7 мТл (L = -20%; D = -9%) и 10 мТл (L = -24%).

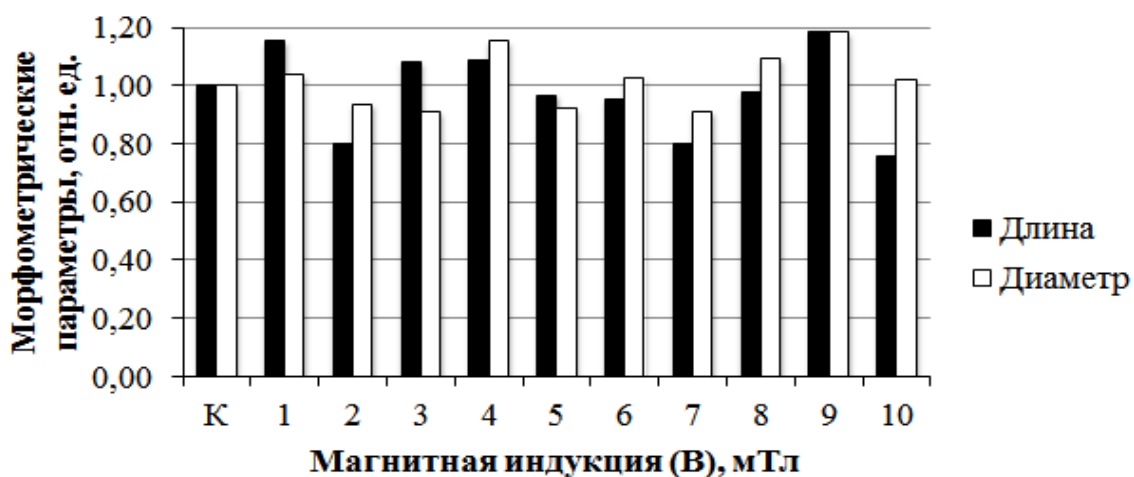


Рисунок 4 – Влияние ПеМП на морфометрические параметры надземной части кукурузы сахарной

Примечание: К – контрольная группа растений

Оценивая корневую систему кукурузы сахарной при различной амплитуде облучения переменным магнитным полем, установили, что подземная часть (длина (L) и/или диаметр (D) корня) организма менее подвержена действию физического поля.

Значительное ингибирующее влияние проявили 3 мТл ($L \approx 5\%$, $D = -10\%$), 7 мТл ($L = -46\%$), 10 мТл ($L = -15\%$). Амплитуды 2, 5, 6 и 8 мТл оказали нейтральный эффект на морфометрические параметры корневой системы (рисунок 5).

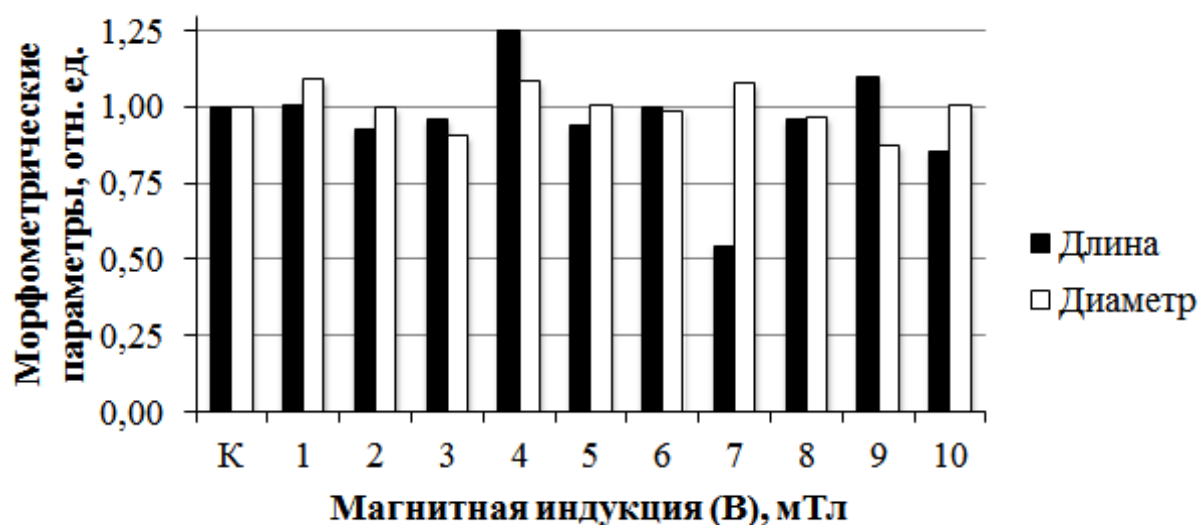


Рисунок 5 – Влияние ПеМП на морфометрические параметры подземной части (корневой системы) кукурузы сахарной

Примечание: К – контрольная группа растений

Стимулирующим действием обладала амплитуда 4 мТл. При данном значении магнитной индукции длина корневой системы была на 25% более развитой, чем в контроле, а диаметр на 8%. При $B = 1$ мТл длина статистически не отличалась от контроля, а диаметр был больше на 9%. При $B = 9$ мТл длина была больше на 10% относительно контроля.

Выводы

1. При облучении семян кукурузы сахарной местной селекции с экспозицией в переменном магнитном поле 1 час, установили, что при магнитной индукции 3 мТл наблюдался максимальный *стимулирующий эффект в развитии семян* – на 25% при сравнении с контрольной группой растений. Также стимулирующий эффект развития кукурузы сахарной дали следующие амплитуды: 1 мТл (+10% развития организма) и 10 мТл (+5% развития организма). Нейтральным эффектом, со статистически незначимыми отличиями, обладали амплитуды ПеМП – 4, 8 и 9 мТл. Ингибирующим эффектом отличались амплитуды 2, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14 мТл. Наибольшее ингибирующее влияние, со значением $\sim 35\%$ отклонения от нормального развития организма, проявили амплитуды 2, 11 и 13 мТл.

2. По сравнению с контрольной группой, которая не подвергалась влиянию ПеМП, стимулирующим эффектом на морфометрические параметры (длина (L) и диаметр (D)) *надземной части* кукурузы сахарной обладали амплитуды 9 мТл ($L = 19\%$; $D = 18\%$), 1 мТл ($L = 15\%$; $D = 3\%$), 4 мТл ($L = 9\%$; $D = 15\%$), 3 мТл ($L = 8\%$), 8 мТл ($D = 9\%$). Нейтральный эффект обнаружен при $B = 5$ и 6 мТл. Ингибирующее действие проявили амплитуды 2 мТл ($L = -20\%$; $D = -6\%$), 7 мТл ($L = -20\%$; $D = -9\%$) и 10 мТл ($L = -24\%$). Оценивая *корневую систему* кукурузы сахарной, при различной амплитуде облучения переменным магнитным полем, установили, что подземная часть организма менее подвержена действию физического поля. Значительное ингибирующее влияние

проявили только 3 мТл ($L \approx -5\%$, $D = -10\%$) и 7 мТл ($L = -46\%$). Амплитуды 2, 5, 6 и 8 мТл проявили нейтральный эффект на морфометрические параметры корневой системы. Стимулирующим действием обладала амплитуда 4 мТл. При данном значении магнитной индукции длина корневой системы была на 25% более развитой, чем в контроле, а диаметр на 8%. При $B = 1$ мТл длина статистически не отличалась от контроля, а диаметр был больше на 9%. При $B = 9$ мТл длина была больше на 10% от контроля.

Исследование проводилось по теме государственного задания (№ госрегистрации НИОКТР 1023031300005-4-1.6.7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котюк П. Ф. Влияние Fe_3O_4 на растительные организмы сельскохозяйственной ценности // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий Национальный Университет". – 2020. – Т. 1., № 12. – С. 90-96. EDN: LYQWWA
2. Корниенко В. О. Влияние наночастиц Fe_3O_4 с различными типами покрытия на ранние стадии развития кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2020. – № 3–4. – С. 88-98. EDN: FOZVSP
3. Корниенко В. О., Кольченко О. Р., Яицкий А. С. Влияние наночастиц Fe_3O_4 на онтогенез и морфометрические показатели кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2020. – № 08/2. – С. 30-36. DOI: 10.37882/2223-2966.2020.08-2.09; EDN: ANTYZO
4. Котюк П. Ф., Корниенко В. О. Влияние сочетанного действия переменного магнитного поля с наночастицами Fe_3O_4 (СiТ) на онтогенез и морфометрию кукурузы сахарной // Актуальные вопросы биологической физики и химии. – 2022. – Т. 7. – №. 1. – Р. 45-49. DOI: 10.29039/rusjbpс.2022.0482; EDN: UFJVCL
5. Корниенко В. О. Влияние переменного магнитного поля с различным временем экспозиции на ранние стадии онтогенеза *Zea mays* L. // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2021. – № 4. – С. 92-98. EDN: YINHHH
6. Корниенко В. О., Котюк П. Ф., Яицкий А. С. Влияние переменного магнитного поля с различным временем экспозиции на рост и развитие кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) // Естественные и технические науки. – 2021. – №11 (162). – С. 57-61. DOI: 10.25633/ETN.2021.11.02; EDN: SJRELU
7. Корниенко В. О., Котюк П. Ф., Яицкий А. С. Влияние переменного магнитного поля (1-14 мТл) на рост и развитие кукурузы сахарной // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2021. – №11. – С. 17-23. DOI: 10.37882/2223-2966.2021.11.12; EDN: PBFTJB
8. Корниенко В. О., Котюк П. Ф., Яицкий А. С. Влияние сочетанного действия переменного магнитного поля и низкочастотной вибрации на рост и развитие кукурузы сахарной (*Zea mays* L.) // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2022. – № 09. – С. 15-21. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.09.15; EDN: IPUMGB
9. Корниенко В. О., Авдеева К. А., Елизаров А. О. Биологические эффекты переменного магнитного поля промышленной частоты, на примере кукурузы сахарной // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 60-67. EDN: JGJAHB
10. Антонова Г. А. Исследование эффекта от предпосевной электромагнитной обработки на всхожесть // Вестник Красноярского государственного университета. – 2017. – № 1. – С. 77– 79.
11. Еськов Е. К., Тобоев В. А. Воздействие искусственно генерируемых электромагнитных полей на биологические объекты // Вестник Чувашского университета. – 2008. – № 2. – С. 28–36.
12. Савченко В. В., Синявский А. Ю. Изменение биопотенциала и урожайности сельскохозяйственных культур при предпосевной обработке семян в магнитном поле // Вестник ВИЭСХ. – 2013. – № 2 (11). – С. 33–37.
13. Козырский В. В. Влияние магнитного поля на диффузию молекул через клеточную мембрану семян сельскохозяйственных культур // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 2 (15). – С. 16–19.
14. Козырский В. В. Влияние магнитного поля на транспорт ионов в клетке растений // Вестник ВИЭСХ. – 2014. – № 3 (16). – С. 18–22.
15. Козырський В. В., Савченко В. В., Синявський О. Ю. Вплив магнітного поля на водопоглинання насіння // Науковий вісник НУБіПУ України. – 2014. – №. 194, ч. 1. – С. 16–20.

16. Каменир Э. А. Комплексное применение электрических полей в системах подготовки семян: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.02. Челябинск, 1988. – 53 с.
17. Летова А. Н., Зейналов А. А. Использование электромагнитных излучений в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур // Физико-технические проблемы создания новых технологий в агропромышленном комплексе: сб. науч. тр. Ставрополь: Ставропольский ГАУ, 2005. – С. 366–369.
18. Попандопуло К. Х., Сидорцов И. Г. Применение магнитных полей постоянных магнитов для предпосевной обработки семян // Технологии и средства повышения надёжности машин в АПК. Черноград: АЧГАА, 2007. – С. 133–137.
19. Савченко В. В., Синявский А. Ю. Влияние предпосевной обработки в магнитном поле на посевные качества семян кукурузы // Инновации в сельском хозяйстве. – 2017. – № 3 (24). – С. 20–24.
20. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы анализа: сб. ГОСТов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. 47 с.

THE BIOLOGICAL EFFECT OF AN ALTERNATING MAGNETIC FIELD ON SUGAR CORN SEEDLINGS

Annotation. In this paper, the influence of an alternating magnetic field on the ontogenesis and morphometry of plants of agricultural value is studied, using the example of sugar corn (*Zea mays* L.).

Keywords: plants, ontogenesis, morphology, biotesting, magnetic field, alternating magnetic field, geomagnetic field.

Kotyuk P. F., Avdeeva K. A.

Scientific director: Kornienko V.O., PhD in Biological sciences, Associate Professor Donetsk state university

E-mail: kotyukpolya@gmail.com

УДК 581.15 : 581.1 : 574.04 (477)

СПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ПЕРЕНОСИТЬ ЭКСТРИМАЛЬНЫЕ УСЛОВИЯ КАК РЕЗУЛЬТАТ СОЧЕТАННОГО ДЕЙСТВИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ

Крамаренко А.А.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В промышленной агломерации г. Шахтёрска после выпадения осадков в виде ледяного дождя и дальнейшего обледенения были проведены исследования о способности деревьев, показавших себя в роли эффективных пылеосадителей и видов, проявивших хорошую экранизирующую способность повышенного радиационного фона, переносить экстремальные условия обледенения в период покоя. По двум маршрутам собраны фотоматериалы механических повреждений деревьев, полученных вследствие обледенения, проанализированы данные и выявлены виды наиболее склонные к повреждениям.

Ключевые слова: Донбасса, фитомониторинг, устойчивость растений, фитоиндикация, загрязнение среды, обледенение, стресс, адаптация растений.

В Донбассе созданы сложные эколого-токсикологические и природно-климатические условия для развития биологических систем [1], проводятся исследования по диагностике ландшафтов, в том числе по климатическим и геохимическим параметрам [2–4]. Механическая устойчивость древесных растений в условиях урбанизации и антропогенной трансформации является ведущей научной темой в Донецком регионе [5–8] и сопредельных регионов России [9]. Адаптационные механизмы растений [10–12], вырабатываемые в результате функционирования в стрессовых условиях [13–15], являются показателями для экологического мониторинга [16, 17] и в целом экологических программ в регионе [18, 19].

В связи с учащением выпадения осадков в виде ледяного дождя и дальнейшего обледенения в период покоя древесных растений возникает необходимость исследовать последствия влияния техногенных факторов промышленного региона Донбасса на способность растений благополучно переносить неблагоприятные условия в зимний период.

В промышленной агломерации города Шахтёрска после обледенения в декабре 2023 года были выявлены значительные повреждения древесных насаждений. Были составлены пешие маршруты с целью обнаружения повреждённых деревьев и выявления видов, пострадавших от обледенения больше всего. Для исследования были отобраны деревья приблизительно одного возраста и видов, предположительно наиболее восприимчивых к антропогенным факторам. Также был учтён фактор плотности древесины ($\text{кг}/\text{м}^3$): *Robinia pseudoacacia* L. ≈ 800 , *Populus nigra* L. ≈ 750 , *Populus deltoides* L. ≈ 750 , *Populus pyramidalis* L. ≈ 750 , *Fraxinus lanceolata* Borkh. ≈ 680 , *Fraxinus excelsior* ≈ 680 , *Quercus robur* ≈ 760 .

Первый маршрут пролегал через центральные районы г. Шахтёрска (рисунок 1). Участок 1 маршрута №1 (обозначен красной линией) проходил около трассы регионального масштаба с наиболее интенсивным движением автотранспорта. Вдоль трассы имеются насаждения следующих видов: *Robinia pseudoacacia*, *Populus nigra*.

Вдоль первого участка маршрута из 48 деревьев *Populus nigra* у 42 из них были обнаружены повреждения кроны, а из 13 деревьев *Robinia pseudoacacia* у 6 были сломаны крупные живые ветки (рисунок 2). На втором участке маршрута (на карте обозначен зелёным цветом), который проходил около менее оживлённых дорог, через сквер, было обнаружено меньшее количество деревьев, пострадавших от обледенения.

Преимущественно травмированными оказались *Populus deltoides* L., *Populus pyramidalis* L. и *Fraxinus lanceolata* Borkh (рисунок 3).

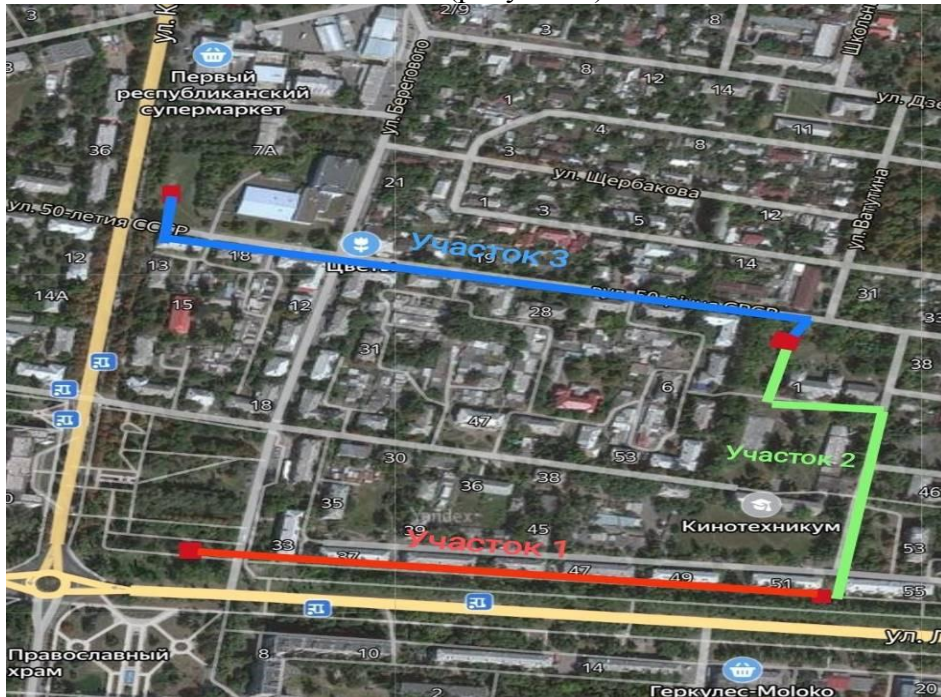


Рисунок 1 – Маршрут №1:
Центральный район города с активным движением транспорта



Рисунок 2 – 1 – *Populus nigra*; 2 – *Robinia pseudoacacia*



Рисунок 3 – 1 – *Populus deltoides*, 2 – *Populus pyramidalis*, 3 - *Fraxinus lanceolata*

Третий участок маршрута проходит вдоль жилых домов. На данном промежутке также травмы преимущественно имеют *Fraxinus lanceolata* и *Fraxinus excelsior* (рисунок 4). Повреждения у представителей рода *Populus* не обнаружено.



Рисунок 4 – 1, 2 – *Fraxinus lanceolata*, 3 – *Fraxinus excelsior*

Второй маршрут создавался на основе исследований, проведённых в январе 2023 года по выявлению внешних модификаций растений при повышенном радиационном фоне [20, 21]. Цель следования по маршруту №2 (рисунок 5) – выявление склонности к механическим повреждениям во время обледенения видов, восприимчивых к повышенному радиационному фону.



Рисунок 5: Маршрут №2: Лесопосадка вблизи породного отвала.

По маршруту №2 основное внимание было уделено на доминирующие по произрастанию виды: *Quercus robur* и *Fraxinus excelsior*. Были обнаружены множества сломанных деревьев и веток сухостоя данных видов (рисунок 6). Механические повреждения живых веток встречались редко и были незначительными.



Рисунок 6 – Сломанный сухостой: 1 – *Quercus robur*; 2, 3 – *Fraxinus excelsior*

По результатам наблюдений, можно сделать выводы, что наиболее значительные повреждения были выявлены у представителей видов *Populus nigra*, *Robinia pseudoacacia* и *Fraxinus lanceolata*, которые являются лидерами по пылеосаждению в промышленном регионе Донбасс [22].

Как показывают исследования, в связи с возможностью осаждающей пыль, у растений-пылеосаждателей изменяется структура листовой пластины, что негативно сказывается на процессе фотосинтеза, а в дальнейшем на запас крахмала, который с понижением температуры превращается в сахара [23], которые препятствуют свертыванию белков при пониженных температурах. Недостаток сахаров приводит к пониженной устойчивости деревьев к механическим повреждениям во время обледенения.

Повышенный радиационный фон, безусловно, оказывает влияние на деревья, но не является главенствующим фактором, влияющим на способность растений благополучно переносить резко-неблагоприятные погодные условия, например, обледенения в период покоя.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учет и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Библиотеки и экологическое просвещение: теория и практика ГПНТБР, 2022. С. 11-15. DOI 10.33186/978-5-85638-255-5-2022-11-15. – EDN TCRMIQ.
2. Гермонова, Е. А. Визуализация микроклиматических изменений индикаторных признаков в локальных популяциях растений г. Донецка / Е. А. Гермонова // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты, модели. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2019. С. 39-40. EDN JJEZIX.
3. Сафонов, А. И. Оценка геосистем Донбасса: фитоиндикация тератогенности и картографический анализ / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 1. – С. 98-104. – EDN PHAMBH.
4. Сафонов, А. И. Фитомониторинг антропогенно измененной среды: формализация терминологии и реализация на практике / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 3. – С. 62-70. – EDN NTNOHR.
5. Корниенко, В. О. Механическая устойчивость старовозрастных деревьев *Quercus robur* L. в условиях города Донецка / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. 2021. Т. 7, № 4. – С. 60-68. – EDN WLEACB.
6. Корниенко, В. О. Влияние температуры на биомеханические свойства древесных растений в условиях закрытого и открытого грунта / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев, А. О. Елизаров // Сибирский лесной журнал. – 2018. – № 6. – С. 91-102. – DOI 10.15372/SJFS20180608. – EDN YVCYNN.
7. Корниенко, В. О. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. / В. О. Корниенко // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – № 134. – С. 93-100. – DOI 10.36305/0513-1634-2020-134-93-100. – EDN EXLREC.
8. Кольченко, О. Р. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка / О. Р. Кольченко, В. О. Корниенко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 3-4. – С. 151-161. – EDN PAUIGC.
9. Клименко, Н. И. Зимостойкость древесных растений Юго-Восточного берега Крыма / Н. И. Клименко, И. Л. Потапенко, В. Ю. Летухова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 50-59. – EDN KVXYUD.
10. Сафонов, А. И. Комплексный показатель нарушенности экотопов по фитоиндикационному критерию в г. Донецке / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 3-4. – С. 171-175. – EDN KXGBLU.
11. Федоркина, И. А. Анализ риска и функции экологического благополучия по фитоиндикационным данным / И. А. Федоркина // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 99-105. – EDN JIQJM.

12. Фрунзе, О. В. Изменение ростовых показателей некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца / О. В. Фрунзе // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 106-114. – EDN FXBQDM.
13. Сафонов, А. И. Макромаркеры ландшафтных трансформаций в Донбассе: анализ картографического материала / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 68-75. – EDN NSSBBY.
14. Корниенко, В. О. Биологические эффекты переменного магнитного поля промышленной частоты, на примере кукурузы сахарной / В. О. Корниенко, К. А. Авдеева, А. О. Елизаров // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 60-67. – EDN JGJAHB.
15. Сафонов, А. И. Тератогенез растений-индикаторов промышленного Донбасса / А. И. Сафонов // Разнообразии растительного мира. – 2019. – № 1(1). – С. 4-16. – DOI 10.22281/2686-9713-2019-1-4-16. – EDN IJNXJE.
16. 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, A. Safonov et al. // Physics of Particles and Nuclei Letters. – 2024. – Vol. 21, No. 2. – P. 186-200. DOI: 10.1134/S1547477124020158.
17. Сафонов, А. И. Коррекция фитоиндикационных критериев оценки среды в связи с микроклиматическими изменениями в Донбассе / А. И. Сафонов // Глобальные климатические изменения: региональные эффекты. Воронеж: Цифровая полиграфия, 2019. С. 166-167. EDN EEGDJU.
18. 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 KUQQL.
19. Алемасова, А. С. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе / А. С. Алемасова, А. И. Сафонов // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 6. – С. 5-13. – DOI 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13. – EDN XRXDNV.
20. Крамаренко, А. А. Фенотипическая пластичность древесных растений агломерации г. Шахтерска в условиях повышенного радиационного фона породных отвалов / А. А. Крамаренко // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 68-75. – EDN UWTQAE.
21. Крамаренко А.А., Сафонов А.И. Формирование некоторых древесных растений в условиях повышенного радиационного фона (г. Шахтерск) // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Донецк: ДОННТУ, 2023. С. 39-41.
22. Крамаренко А. А. Эффективность деревьев по пылеосаждению в индустриально загрязненных точках Донбасса // Наука и инновации – современные концепции. Москва: Инфинити, 2023. С. 167–174.
23. Андропова, М. М. Сахароза в тканях однолетних побегов древесных растений-интродуцентов / М. М. Андропова, А. В. Платонов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2022. – № 1(385). – С. 62-76. – DOI 10.37482/0536-1036-2022-1-62-76. – EDN RRPBFQ.

THE ABILITY OF WOODY PLANTS TO TRANSFER EXTREME CONDITIONS AS A RESULT OF THE COMBINED ACTION OF ANTHROPOGENIC FACTORS

Annotation. In the industrial agglomeration of Shakhtersk, after precipitation in the form of freezing rain and further icing, studies were carried out on the ability of trees that have proven themselves to be effective dust precipitators and species that have shown good shielding ability of increased background radiation to tolerate extreme icing conditions during the dormant period. Along two routes, photographic materials of mechanical damage to trees caused by icing were collected, the data was analyzed and the species most prone to damage were identified.

Keywords: Donbass, phytomonitoring, plant resistance, phytoindication, environmental pollution, icing, stress, plant adaptation.

Kramarenko A.A.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581.15 : 581.4 (477.60)

АТИПИЧНЫЙ МОРФОГЕНЕЗ ПЫЛЬЦЫ В МЕСТАХ ФОНОВЫХ ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Мельник С.В.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. Для доступной к штатному полевому экологическому эксперименту территории Центрального Донбасса были идентифицированы несколько мест, в которых зафиксированы высокие уровни атипичного полиморфизма растений по палинологическому критерию. Для хронических мест формирования геохимического контраста и фоновых высоких ареолов загрязнения подготовлены указатели и доминирующие виды в палинологическом спектре и фактов существенных отклонений от нормы по структурно-функциональному статусу пыльцы.

Ключевые слова: пыльца, тераты растений, фитоиндикация, Донбасс, фитомониторинг, геохимические провинции, геохимические аномалии.

В государственных программах ботанико-экологического содержания [1, 2] использование растений-индикаторов и характеристик природных сред [3–5] является актуальной задачей для территории Донбасса [1, 6], где на протяжении последних лет активно занимаются палинологическими исследованиями [3, 7–9].

Цель работы – на основании полевых выездов, маршрутно-экспедиционных сборов 2023 г. с привязкой к определенным координатам выявить места максимальной структурной гетерогенности пыльцы растений-индикаторов в связи с регистрируемо высоким геохимическим фоном природно-антропогенного происхождения.

В качестве методологической основы работы в ландшафтных системах были использованы руководства геостратегического планирования и исследования территориальных объектов [10, 11] и имеющиеся региональные наработки по состоянию экотопов в Донбассе [12–15] с выходом за пределы имеющейся мониторинговой сети [16] в связи с возможностью территориального расширения мест работы экологических программ диагностического назначения. Инструкции по организации экологотоксикологического эксперимента и идеологии подходов в его осуществлении [17–19] соизмерены с особенностями загрязнения почв и других природных сред в Донецком регионе и для использования в лабораторном эксперименте [20–23].

Для анализа в совокупности данных по 424 местам отбора проб были составлены характеристики состояния растительных объектов с возможным объяснением по местам атипичного полиморфизма. Эта работа представляет собой техническую сторону общего вопроса об изменчивости растительных организмов в условиях среды с повышенным антропогенным воздействием. В палинологических спектрах мы определили 82 вида растения из 60 родов (большинство образцов описано только до родовой принадлежности). Для иллюстративного примера были использованы геохимические карты Донбасса в диапазонах повышенных концентраций некоторых элементов (рис. 1–4).

Поскольку дифференциация пыльцевого материала предполагает кропотливую работу на протяжении всего периода камеральной обработки данных, то были выбраны элементы-загрязнители из числа тех, для которых имеются характеристики по территориальному распределению на местности. Каждый картографический материал был проанализирован по тератогенезу (тератному проявлению, атипичному полиморфизму) доминирующих видов из палиноспектров и указаны места высоких значений на карте (рис. 1–4).

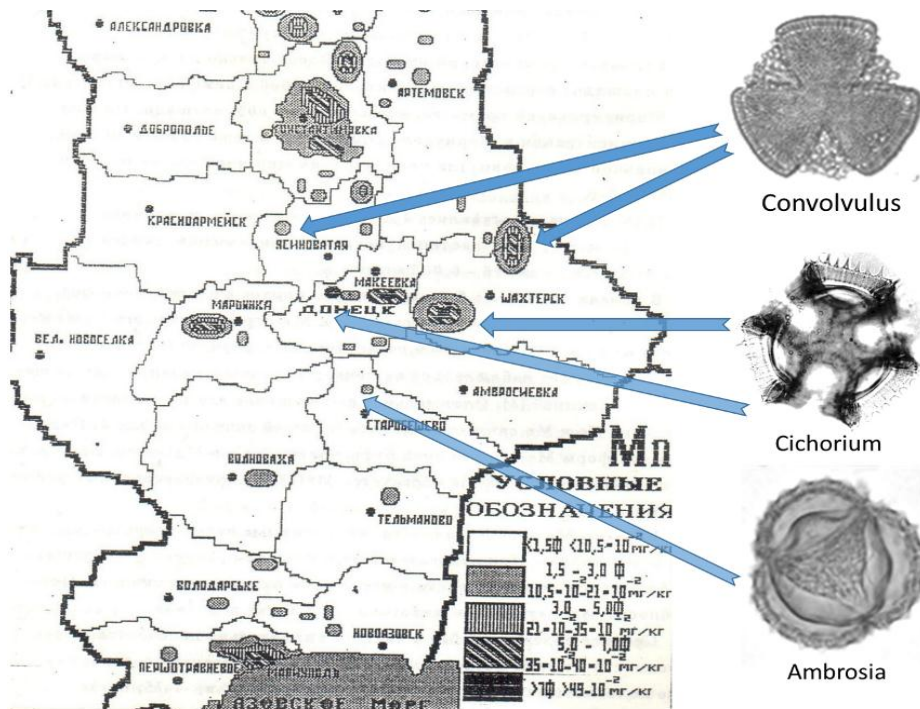


Рис. 1 – Пыльцевые спектры атипичного полиморфизма пыльцы видов-доминантов в привязке к геохимическим аномалиям по загрязнению Mn

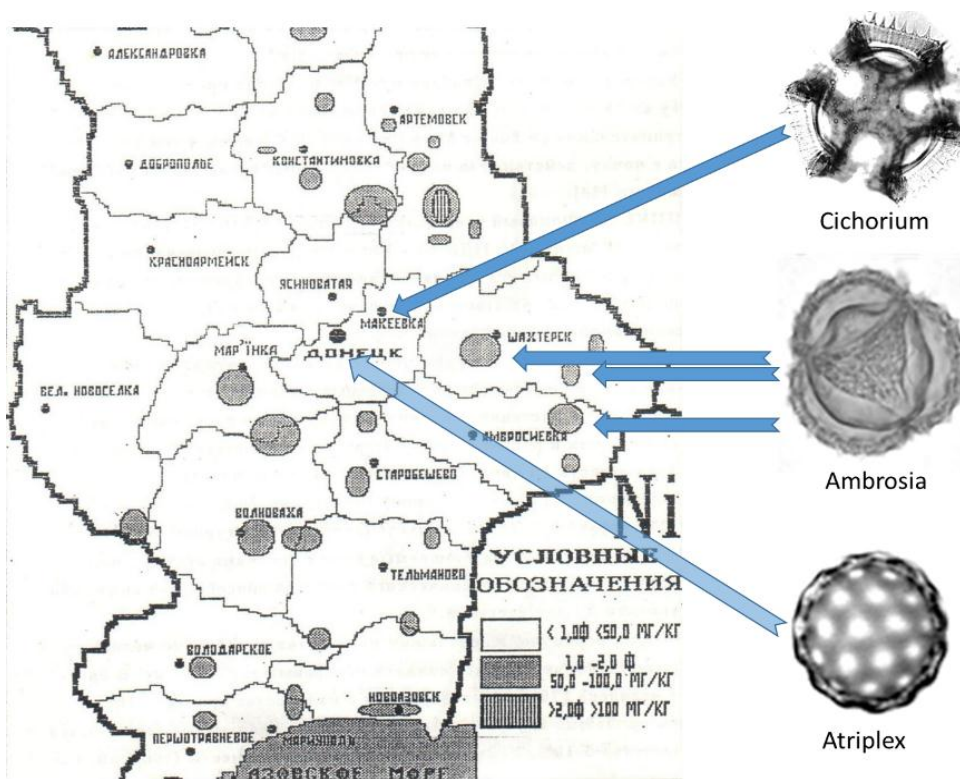


Рис. 2 – Пыльцевые спектры атипичного полиморфизма пыльцы видов-доминантов в привязке к геохимическим аномалиям по загрязнению Ni

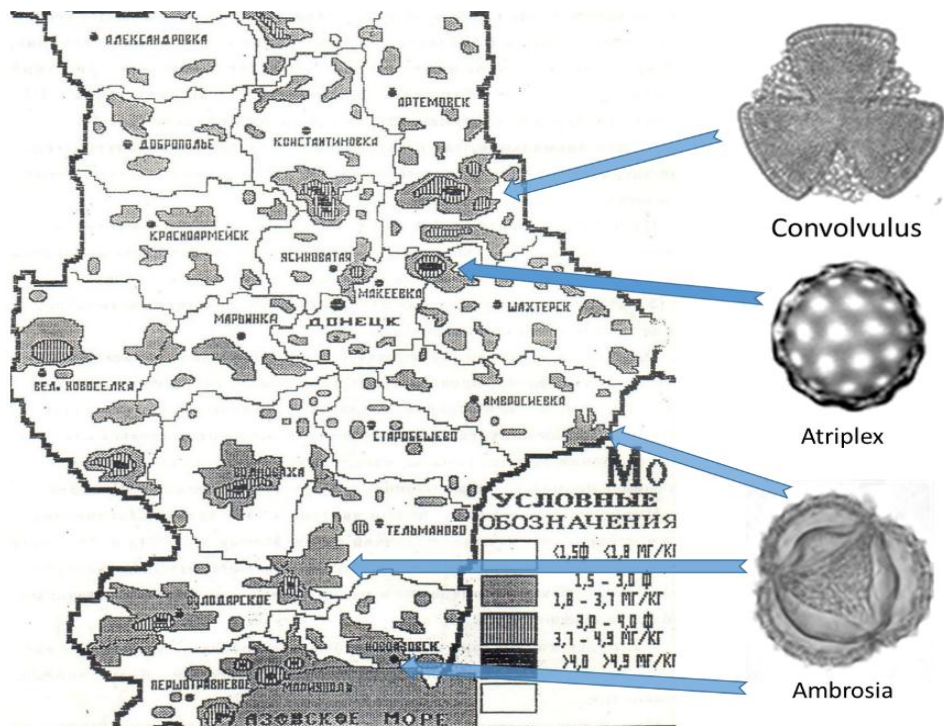


Рис. 3 – Пыльцевые спектры атипичного полиморфизма пыльцы видов-доминантов в привязке к геохимическим аномалиям по загрязнению Mo

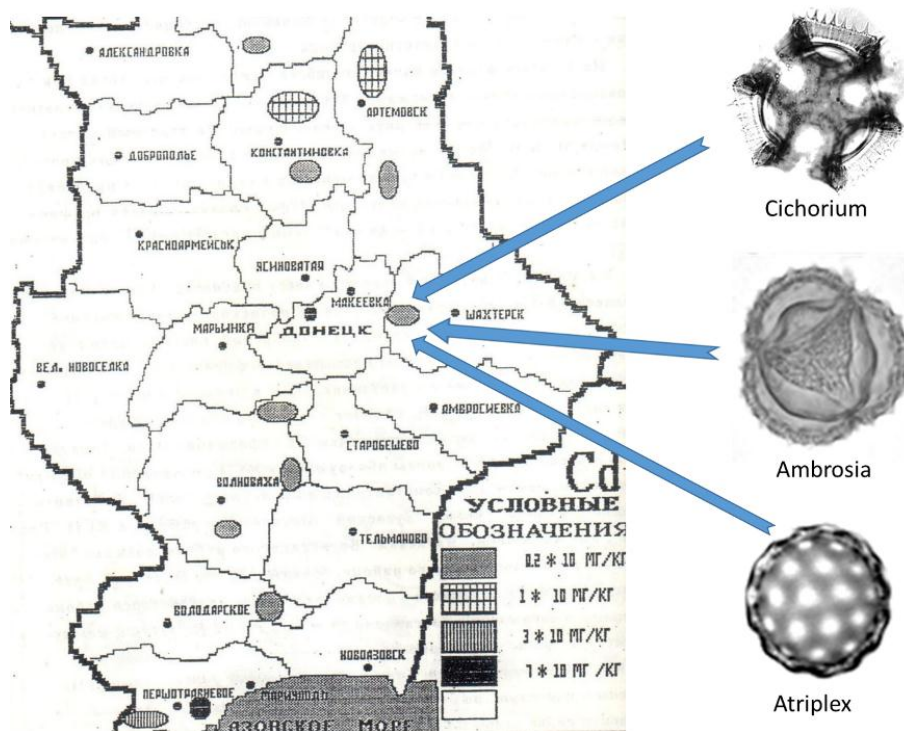


Рис. 4 – Пыльцевые спектры атипичного полиморфизма пыльцы видов-доминантов в привязке к геохимическим аномалиям по загрязнению Cd

Статистически показатели атипичного морфогенеза совпадают с данными по общему показателю (индексу) степени дефектности пыльцы, который апробирован для диагностики антропогенно измененных территорий для большинства регионов Российской Федерации. При расширении возможности штатного нахождения экологов-мониторингологов в Донбассе сведения о состоянии новых территорий могут не только быть расширены, но и включены в общие сводки состояния объектов природно-заповедного фонда и техногенно нарушенных мест, а также территорий, пострадавших в результате интенсивного влияния антропогенного фактора, формирующего полевостресс в регионе.

Большинство полученных данных требуют дополнительного проведения эксперимента в следующие полевые этапы и вегетационные периоды для более детального описания картографического материала.

Таким образом, для мест с максимальными значениями атипичного полиморфизма растений по палинологическому критерию идентифицировано несколько локалитетов, которые выражены в привязке к местам геохимических провинций некоторых элементов-загрязнителей.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций / С. В. Беспалова, О. С. Горецкий, М. В. Рева [и др.] // Степная Евразия - устойчивое развитие: Ростов-на-Дону: ЮФУ. – С. 179-181. – EDN LUJGKG.
2. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса / С. В. Беспалова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
3. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
4. Корниенко, В. О. Экологическая оценка загрязнения питьевой воды, воздуха и почв города Донецка тяжёлыми металлами / В. О. Корниенко, Е. А. Бригневич // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 261-264. – EDN YWGWJD.
5. Мирненко, Э. И. Минерализация водных экосистем как фактор трансформации комплексов фитопланктона прудов г. Донецка / Э. И. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2021. – № 3-4. – С. 30-35. – EDN WQDSUN.
6. Мирненко, Н. С. Виды адвентивной флоры Донбасса в контексте палинологических экспертиз / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3-4. – С. 21-29. – EDN SSMJMN.
7. Сафонов, А. И. Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса / А. И. Сафонов, Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 43-48. – EDN KCBQTF.
8. Сафонов, А. И. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1-2. – С. 18-24. – EDN YTUHVC.
9. Мирненко, Н. С. Мониторинг экотопов г. Донецка по палинологическим данным *Populus nigra* L. / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2021. – № 3-4. – С. 24-29. – EDN RPLWJI.
10. Епринцев, С. А. Формирование зон экологического риска в промышленно-развитом городе (на примере г. Воронежа) : специальность 25.00.36 "Геоэкология (по отраслям)" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук / Епринцев Сергей Александрович. – Воронеж, 2007. – 23 с. – EDN ZNJYWL.

11. Monitoring of factors of ecological safety of urbanized territories' population (by example of settlements of Voronezh region) / S. A. Y reprintsev, S. A. Kurolap, I. V. Komov, I. V. Y. Minnikov // Life Science Journal. – 2013. – Vol. 10, No. 12s. – P. 846-848. – EDN UZUSAB.
12. Сафонов, А. И. Ландшафтно-индикационные разработки как элемент оптимизации техногенных экотопов (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3-4. – С. 7-15. – EDN UALPJJ.
13. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
14. 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.
15. Сафонов, А. И. Макромаркеры ландшафтных трансформаций в Донбассе: анализ картографического материала / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 68-75.
16. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
17. Разработка региональных экологических нормативов содержания загрязняющих веществ в почвах юга России / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, Т. В. Денисова, Е. В. Даденко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 82. – С. 152-168. – EDN PGKYLD.
18. Ермаков, В. В. Концепция биогеохимических провинций А.П. Виноградова и ее развитие / В. В. Ермаков // Геохимия. – 2017. – № 10. – С. 875-890. – DOI 10.7868/S0016752517100041. – EDN ZHNBZX.
19. Ермаков, В. В. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия / В. В. Ермаков. – Москва: Министерство экологии и природных ресурсов, 1992. – 50 с. – EDN VYEPZP.
20. Фрунзе, О. В. Содержание ионов кобальта и марганца в проростках газонных трав в условиях контролируемого загрязнения / О. В. Фрунзе, Е. А. Олюнина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2021. – № 3-4. – С. 108-114. – EDN AULEGO.
21. Фрунзе, О. В. Сорбционная способность некоторых видов декоративных травянистых растений в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами кадмия / О. В. Фрунзе // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 1. – С. 105-111. – EDN UMMCJB.
22. Safonov, A. Ecological scales of indicator plants in an industrial region / A. Safonov // BIO Web of Conferences. – 2022. – Vol. 43. – P. 03002. – DOI 10.1051/bioconf/20224303002. – EDN PUWEGC.
23. Алемасова, А. С. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе / А. С. Алемасова // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 6. – С. 5-13. – DOI 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13. – EDN XRXdNV.

ATYPICAL MORPHOGENESIS OF POLLEN IN PLACES OF BACKGROUND GEOCHEMICAL ANOMALIES

Annotation. For the territory of Central Donbass accessible to a regular field ecological experiment, several places were identified in which high levels of atypical plant polymorphism were recorded according to the palynological criterion. For chronic places of formation of geochemical contrast and background high pollution areas, indicators and dominant species in the palynological spectrum and facts of significant deviations from the norm in the structural and functional status of pollen have been prepared.

Keywords: pollen, plant terats, phytoindication, Donbass, phytomonitoring, geochemical provinces, geochemical anomalies.

Melnik S.V.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology
Donetsk State University
E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581.9 : 58.006 : 502.75 : 712.253 : 57.087 (477.60)

ЭКСПОЗИЦИИ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ НА МЕЖДУНАРОДНОМ ФОРУМЕ 2023 ГОДА

Палагута А.П.

Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой ФГБОУ ВО «ДонГУ»

Аннотация. В связи с необходимостью популяризации научной информации и научно-технической продукции в системе «университет – общество» было принято решение подготовки специальной публикации о выставочной деятельности на кафедре ботаники и экологии Донецкого государственного университета в 2023 г. для участия в международном форуме технического университета, а также в связи с тем, что каталог выставки не представляет собой печатное издание для публикации.

Ключевые слова: выставка достижений, экологическое образование, научная работа, фитоиндикация, Донбасс, кафедра ботаники и экологии, экологический мониторинг.

Научно-историческая аналитика [1, 2] важна для выстраивания вектора развития в опоре на успешные технологии и методические приемы, реализуемые в прошлые годы, а также успешные практики постановки и осуществления эксперимента в реальных условиях развития региона и в связи с потребностью для созданных научных школ. В 2023 году членами студенческого научного общества кафедры ботаники и экологии ДонГУ были предприняты попытки освещения выставочной деятельности кафедры за 2022 год в контексте популяризации неопубликованных ранее научных исследований [3, 4], что представляет собой часть актуальных разработок на кафедре по тематике «Ботаника антропогенеза: индикация и оптимизация» [5, 6].

Цель работы – представить для публикации две экспозиции, подготовленные для участия в ежегодном форуме технического университета в Донецке по инновационным перспективам развития Донбасса, в связи с тем, что создаваемый каталог организаторами не предусматривает публикацию научно-технической продукции того материала, который составляет выставочные стенды.

Для территорий центрального Черноземья России [7, 8] в контексте актуальных эколого-ботанических исследований в регионе [9, 10] проводится большое количество мероприятий, отражающихся в обобщениях на методических научно-практических конференциях сотрудников [11–15] и студентов факультета, например, в аспекте изучения мохообразных [3, 16]. Для наглядного и визуализационного способа подачи информации используется мониторинговая сеть, данные которой составляют каркас полученных картографических моделей и анализ обобщенных данных для большинства параметров, имеющих территориальную принадлежность в гео-пространстве [17]. Для приоритетных направлений кафедры ботаники и экологии предусмотрены работы по аэро-мониторингу природных и техногенно трансформированных объектов [18–21]. Реализованная на практике научная (инициативная) тема кафедры по ботанике антропогенеза является идейно-содержательным рычагом научных исследований и механизмом их реализации в общей схеме изучения растений промышленного региона, что обобщено также в библиографическом анализе [22, 23].

Разработка по использованию мохообразных для индикации факторов техногенного (и не только) загрязнения представлена на рисунке 1, указаны исполнители, доказано успешное решение вопроса благодаря совмещению классических ботанических результатов с данными химического анализа, полученными на современном аналитическом оборудовании. Рисунок 2 содержит некоторую обобщающую информацию по палинологическим исследованиям.

ФИТОДИАГНОСТИКА ГЕОХИМИЧЕСКИХ АНОМАЛИЙ

Авторы: Сафонов А.И.¹, зав. каф. ботаники и экологии, к.б.н., доц.,
Алемасова А.С.², зав. каф. аналитической химии, д.х.н., проф.,
Зиньковская И.И.³, начальник сектора Лаборатории
нейтронной физики ОИЯИ, д.х.н., ст.н.с.

Руководитель: Сафонов А.И., зав. каф. ботаники и экологии, к.б.н., доц.

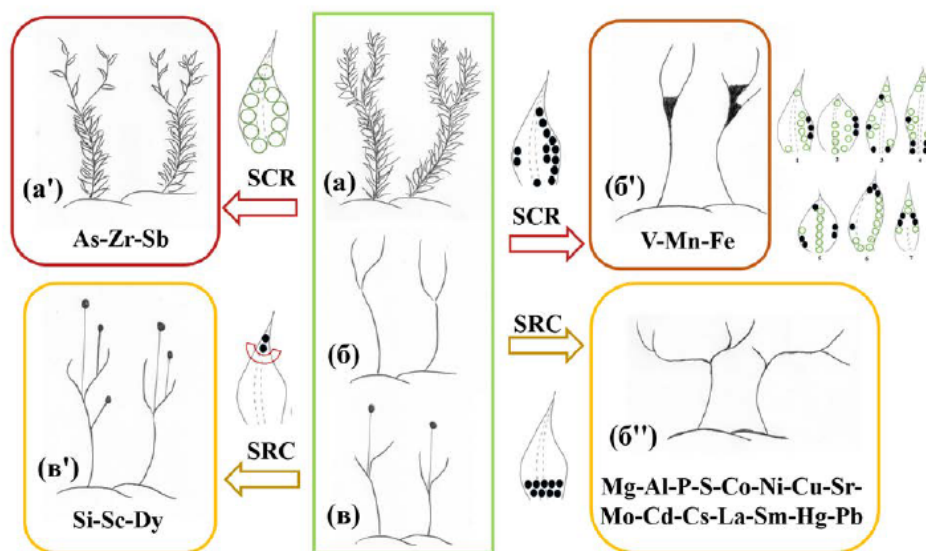
¹Кафедра «Ботаники и экологии»

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

²Кафедра «Аналитической химии»

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

³Лаборатория нейтронной физики, Международная межправительственная организация «Объединенный институт ядерных исследований», г. Дубна, РФ



Технология использования бриобионтов в условиях техногенного геохимического контраста экотопов Донбасса: (а) – морфологическая норма, (б) – схема габитуса, (в) – стадия спорофита (норма), (а') – олигомеризации, (б') – фасциации, (б'') – дистопии, (в') – пролификации; SCR – пациентные стратегии; SRC – экспериментные стратегии выживания видов

Разработка относится к области экотоксикологической оценки природных сред в регионе с высоким уровнем антропогенной трансформации. Реализуемый экологический мониторинг осуществляется по ключевым индикаторам: ингредиентному анализу фитомассы экспонированных мхов (атомно-абсорбционный и нейтронный активационный анализ) и специфическим аномалиям строения растений в условиях техногенного геохимического контраста экотопов Донбасса.

Рис. 1 – Экспонат 1: Бриодиагностика геохимического контраста в Донбассе (идентификации нео-химической антропогенной активности)

Метод эколого-токсикологического мониторинга, применяемый при использовании бриобионтов, совмещен по геопатогенным зонам химических аномалий со стратегиями выживания видов в нестабильных условиях.

КАЛЕНДАРЬ ЦВЕТЕНИЯ И ПЫЛЕНИЯ В ДОНБАССЕ

Авторы: Сафонов А.И.¹, зав. каф. ботаники и экологии, к.б.н., доц.,
 Мирненко Н.С.¹, асс., аспирант каф. ботаники и экологии,
 Гермонова Е.А.², доц. каф. геоинформатики, геодезии и
 землеустройства, к.т.н.

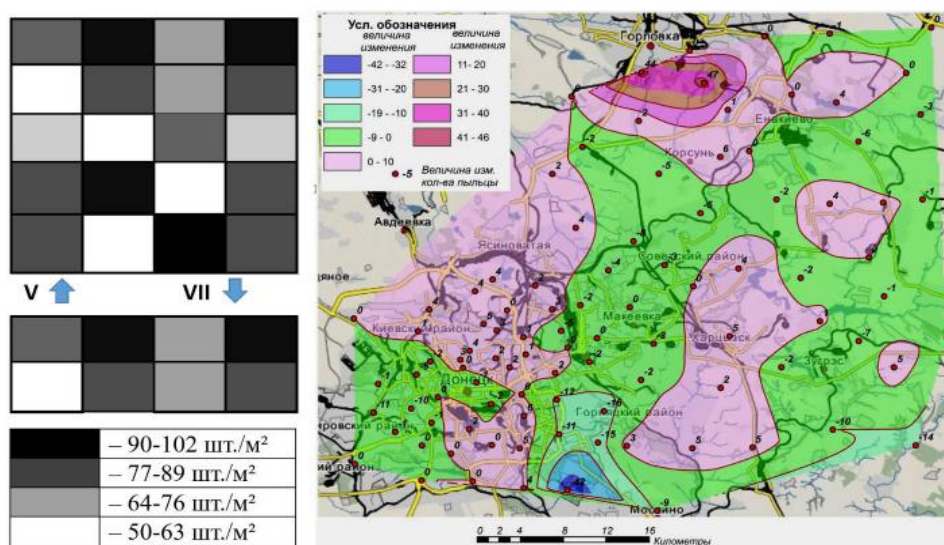
Руководитель: Сафонов А.И.¹, зав. каф. ботаники и экологии, к.б.н., доц.

¹Кафедра «Ботаники и экологии»

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный университет»

²Кафедра «Геоинформатики, геодезии и землеустройства»

ФГБОУ ВО «Донецкий государственный технический университет»



Технология сбора, идентификации и геостратегической экстраполяции данных аэропалинологического мониторинга в Центральном Донбассе

Система аэробиологических данных является неотъемлемой частью санитарно-гигиенического нормирования природных сред в урбанизированных регионах. Разработка включает фенологические наблюдения, фиксирование данных в разные декады палинологических циклов, учет содержания пыльцевых и пылеватых структур в приземном слое атмосферы по концентрированию в ловушках оседания, выделение периодов и мест формирования риска поллинозов в населенных пунктах Донбасса, уточнение локалитетов и сравнение динамики за разные годы сбора полевой информации, территориальное моделирование процессов биологического загрязнения воздушной среды.

Рис. 2 – Экспонат 2: Перспективизация палинологических исследований на кафедре ботаники и экологии ДонГУ в системе природно-территориальных комплексов Донбасса

Календарь цветения и пыления (рис. 2) имеет региональную специфику и важен для диагностики природных сред в Донбассе.

Оценка среды, трансформированной в результате глубоких антропогенных потрясений, является важной процедурой и этапом по восстановлению измененных экосистем, поскольку прежде, чем разрабатывать и применять оптимизационные технологии, нужно территориально зондировать всю местность по специфике нарушений, чтобы применять разные методы эффективных процедур улучшения состояния природных сред.

Оба анализируемых метода и технологических приема успешны для использования как на высоко урбанизированных территориях, так и в местах минимальной антропогенной деятельности, например, в объектах природно-заповедного фонда.

По итогам научной работы на кафедре ботаники и экологии в 2023 году и начале 2024 года были подготовлены стенды для экспонирования на выставке достижений народного хозяйства «Россия» (г. Москва, ВДНХ), что требует дальнейшего анализа и публикации материалов в специализированной научной литературе.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петкогло, О. В. Ретроспективный анализ интерьерной и ландшафтной фитооптимизации промышленной среды (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) / О. В. Петкогло // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 3. – С. 72-79. – EDN GTDLEL.
2. Петкогло, О. В. Научный ресурс ботанического музея в Донецке / О. В. Петкогло // Донецкие чтения 2016. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 139-140. – EDN WCLWCT.
3. Бондарь, Е. Н. Мохообразные Донбасса как объект выставочной работы / Е. Н. Бондарь // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 29-33. – EDN CVEDQF.
4. Мельников, Д. А. Ресурсоёмкость видов рода *Artemisia* Донбасса в контексте экспозиционной деятельности / Д. А. Мельников, А. Э. Ступак // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 81-84. – EDN QMMHDC.
5. Сафонов, А. И. Опыт проведения экологической олимпиады в вузах Донбасса (2015-2023 гг.) / А. И. Сафонов // Куражсковские чтения. Астрахань: АстрГУ, 2023. С. 431-435. EDN: ZBNIFW.
6. Сафонов, А. И. Экспозиции редких растений на кафедре ботаники и экологии Донецкого государственного университета / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 4. – С. 18-33.
7. Киселева, Д. В. Принципы создания шкал анатомо-морфологической пластичности фитоиндикаторов техногенного региона / Д. В. Киселева // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: Южный федеральный университет, 2016. – С. 117-119. – EDN YWGVLG.
8. Исследование социально-экологических условий, определяющих устойчивое развитие регионов России / С. А. Епринцев, О. В. Клепиков, С. В. Шекоян, Е. В. Жигулина // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. – 2019. – Т. 1, № 4. – С. 212-216. – DOI 10.23885/2500-395X-2019-1-4-212-216. – EDN OIRUTJ.
9. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621085 РФ. Механическая устойчивость, аварийность и экология основных видов-озеленителей города Донецка: № 2020620885: заявл. 08.06.2020; опублик. 30.06.2020 / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев, А. П. Преображенский [и др.]; заявитель Воронежский государственный университет. – EDN LOZMIN.
10. 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/snvt2023122107. – EDN BATLWA.
11. Сафонов, А. И. Специфика подготовки учебно-методической продукции ботанико-экологического содержания для научной библиотеки ДонНУ / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура. – Донецк: ДонНУ, 2019. – С. 294-297. – EDN AZCFDC.

12. Сафонов, А. И. Актуальные позиции индикационных разработок на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2020. – С. 252-254. – EDN IGTWBF.
13. 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.
14. Введение в специализацию на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова, Э. И. Мирненко // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 196-197. – EDN XMTXGP.
15. Сафонов, А. И. Фронтальный спектр фитодиагностики в Донбассе (2018-2019 гг.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2019. – С. 270-271. – EDN LJTXSY.
16. Бондарь, Е. Н. Фрагмент бриотеки городских агломераций Донбасса / Е. Н. Бондарь, А. И. Сафонов // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2021. – Т. 1, № 13. – С. 19-23. – EDN QWMODZ.
17. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
18. Мирненко, Н. С. Мониторинг экотопов г. Донецка по палинологическим данным *Populus nigra* L. / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2021. – № 3-4. – С. 24-29. – EDN RPLWJI.
19. Сафонов, А. И. Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса / А. И. Сафонов, Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 43-48. – EDN KCBQTF.
20. Сафонов, А. И. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1-2. – С. 18-24. – EDN YTUHVC.
21. Сафонов, А. И. Эколого-палинологическая ситуация в Донбассе (2014-2020 гг.) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2021. № 1-2. – С. 32-38. – EDN SGJBRJ.
22. Сафонов, А. И. Ботаника антропогенеза - новая государственная бюджетная научно-исследовательская тема в Донецком национальном университете / А. И. Сафонов // Степная Евразия - устойчивое развитие. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2022. – С. 239-240. – EDN SDFZRL.
23. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.

EXHIBITIONS OF SCIENTIFIC DEVELOPMENTS OF THE DEPARTMENT OF BOTANY AND ECOLOGY OF DONSU AT THE INTERNATIONAL FORUM 2023

Annotation. In connection with the need to popularize scientific information and scientific and technical products in the “university - society” system, it was decided to prepare a special publication on exhibition activities at the Department of Botany and Ecology of Donetsk State University in 2023 for participation in the international forum of the technical university, as well as due to the fact that the exhibition catalog does not constitute a printed publication for publication.

Keywords: exhibition of achievements, environmental education, scientific work, phytoindication, Donbass, department of botany and ecology, environmental monitoring.

Palaguta A.P.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology
Donetsk State University
E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581.15 : 581.4 (477.60)

ОБЗОР БОТАНИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ТЕМАТИКИ В НАУЧНЫХ ЖУРНАЛАХ ДОНЕЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА, РОЛЬ СТУДЕНТОВ

Попова М.В.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. При созданной обширной научно-образовательной программе в Донецком государственном университете по ботанико-экологической составляющей возникла необходимость обобщения и структурирования накопленного опыта с выделением важного звена в реализации всех научно-исследовательских проектов на биологическом факультете – студентов, в рамках выполнения ими курсовых, дипломных работ и магистерских диссертаций. Рассмотрена необходимость преемственности в обучении и научении при реализации ежегодных экологических программ, в том числе по мониторингу и диагностике состояния антропогенно трансформированных экотопов.

Ключевые слова: студенческое научное общество, ботанико-экологическая тематика, фитоиндикация, мониторинг, Донбасс, растения, диагностика состояния экосистем, фитоквантификация, ДонГУ

На основе имеющегося успешного опыта в аналитике работы Студенческого научного общества в структуре Донецкого государственного университета [1], а также по причине устранения конфликта интересов и соблюдения научной этики, например, в публикационных благодарностях за содействие в научных изобретениях, как, например, в [2], возникает необходимость представить некоторые обобщения достижений ботаников и экологов университета посредством отбора актуальных статей, например, в глубине научного поиска – 1 год в периодической литературе, актуализированной для донецкого региона по опубликованным темам исследований.

Цель работы – сформировать обзорное представление о структуре и тематическом разнообразии научно-исследовательских работ ботанико-экологического содержания в Донецком государственном университете таким образом, чтобы проанализировать роль и значимость студентов в осуществлении крупномасштабных программ в регионе в целом – для территории Центрального Донбасса, а также в лабораторном научном эксперименте.

При постановке цели и продумывании задач мы пришли к промежуточному выводу, что требуемых публикаций даже за 2023 г. в рамках одной схемо-технологии понимания структуры вполне достаточно, поэтому мы сконцентрировались на авторских разработках нескольких ученых ДонГУ, и это никоим образом не умаляет достижения других ученых, работающих в обозначенной сфере деятельности. Концептуально все мониторинговые разработки для открытых ландшафтных систем приурочены к узлам локализации наблюдательной сети, материалы по которой для Центрального Донбасса опубликованы в 2019 г. [3].

Нами был проанализирован спектр публикаций Вестника Донецкого национального университета (Серия А: Естественные науки) [4–11], журнала «Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона» [12–20] с некоторыми ссылками на обобщающие научно-методические и библиографические публикации по выбранной теме исследования [21–23]. В качестве научных руководителей и, соответственно, кураторов отдельных научных тем в данный обзор вошли: С.В. Беспалова [16], В.О. Корниенко [4, 5] по кафедре биофизики, О.В. Фрунзе [6, 7] по кафедре физиологии растений, Т.В. Демьяненко [11], А.В. Калинина [14, 18], Н.С. Мирненко [15, 19], Э.И. Мирненко [20], А.И. Сафонов [8–10, 12, 13, 17] за 2023 г.

Обобщающие данные о тематическом направлении и участии студентов в научно-образовательном процессе по обозначенной тематике представлены на рис. 1 и 2.

ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ СТУДЕНЧЕСКОГО НАУЧНОГО ОБЩЕСТВА 2023 г. (ботанико-экологическая часть)

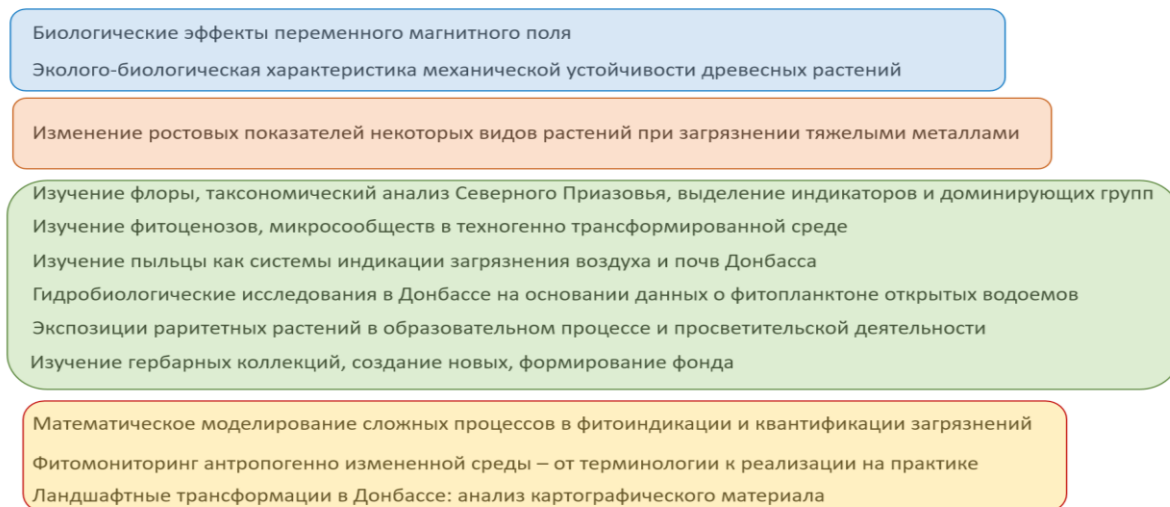


Рис. 1 – Блоковые составляющие ботанико-экологической тематики в Донецком государственном университете по материалам этого тематического направления в обзорном перечне публикаций 2023 года

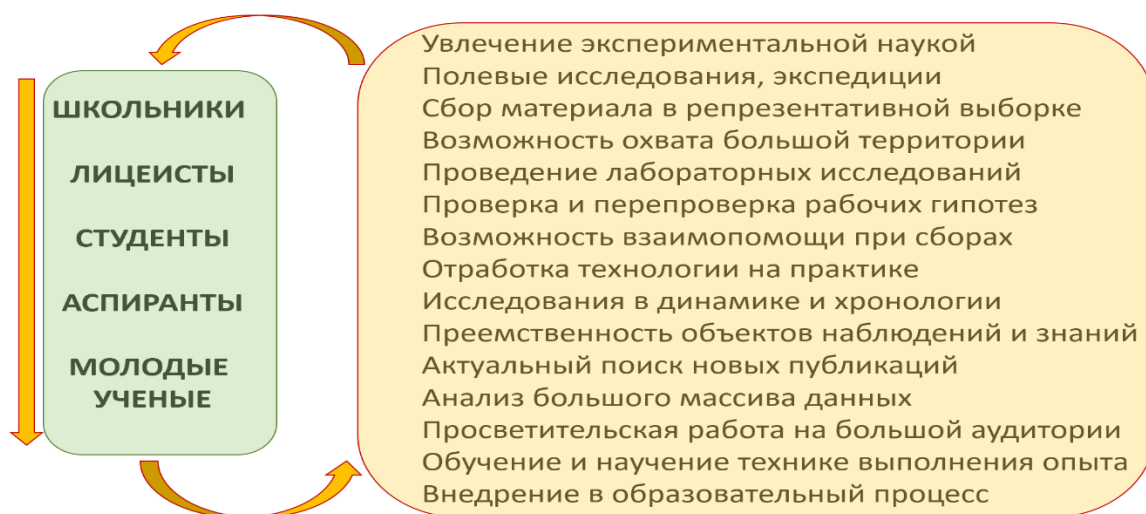


Рис. 2 – Блок-схема профессионального роста и необходимости вовлечения новых членов в студенческое научное общество (СНО) при реализации крупномасштабных и амбициозных научных проектов

При анализе тематических направлений были выделены такие публикации, которые касались именно практического применения научных знаний.

Доказательств в пользу важности приобщения студентов с младших курсов университетов, а быть может еще до поступления в вуз (в школе, лицее, профильных классах) достаточно, чтобы рекомендовать студентам как можно раньше начать заниматься профильными исследованиями и теоретическим освоением возможностей

научной реализации в регионе. Психологически важно соблюсти временной период ожидания так называемой зрелости интересов, когда тема научной работы выбирается в гармонии с объектами исследования, подчеркивая первоначальный интерес к конкретному направлению, разработке конкретных тем. Для такого своевременного профориентационного созревания преподавательским коллективом биологического факультета инициирован с 2017 г. еженедельный семинар «Наука – первокурснику», где студенты активно мотивированы в получении разнообразной информации о науке на всех кафедрах биологического факультета.

Таким образом, рассмотрена необходимость преемственности в обучении и научении при реализации ежегодных экологических программ, в том числе по мониторингу и диагностике состояния антропогенно трансформированных экотопов; при созданной обширной научно-образовательной программе в Донецком государственном университете по ботанико-экологической составляющей оправдана необходимость обобщения и структурирования накопленного опыта с выделением важного звена в реализации всех научно-исследовательских проектов на биологическом факультете – студентов, в рамках выполнения ими курсовых, дипломных работ и магистерских диссертаций. Благодаря такой слаженной работе СНО за многие годы, стало реальностью открытие коллективной молодежной лаборатории с 2024 г. по диагностике экосистем Донбасса, – студенты младших курсов рассматриваются на перспективу вовлечения в эту лабораторию как научного и профессионального стартапа и получения первого рабочего места в системе исследований и инновационных разработок Российской Федерации.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абуснайна, М. В. Опыт организации Студенческого научного общества кафедры ботаники и экологии ДонНУ / М. В. Абуснайна // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 10-14. – EDN YENEJD.
2. Сафонов, А. И. Итоги многоцелевого изучения биоразнообразия в Донбассе (2015-2022 гг.) / А. И. Сафонов // Вестник Тульского государственного университета. – Тула: Тульский государственный университет, 2023. – С. 120-130. – EDN FQNQVV.
3. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
4. Кольченко, О. Р. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка / О. Р. Кольченко, В. О. Корниенко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 3-4. – С. 151-161. – EDN PAUIGC.
5. Корниенко, В. О. Биологические эффекты переменного магнитного поля промышленной частоты, на примере кукурузы сахарной / В. О. Корниенко, К. А. Авдеева, А. О. Елизаров // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 60-67. – EDN JGJAHB.
6. Фрунзе, О. В. Изменение ростовых показателей некоторых видов газонных трав в условиях контролируемого загрязнения почвы ионами свинца / О. В. Фрунзе // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. 2023. № 4. – С. 106-114. EDN FXBQDM.
7. Фрунзе, О. В. Влияние ионов цинка на морфометрические показатели декоративных травянистых растений / О. В. Фрунзе, М. С. Кузьменко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 3. – С. 76-83. – EDN ILZRQC.
8. Сафонов, А. И. Макромаркеры ландшафтных трансформаций в Донбассе: анализ картографического материала / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 68-75. – EDN NSSBBY.

9. Сафонов, А. И. Фитомониторинг антропогенно измененной среды: формализация терминологии и реализация на практике / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 3. – С. 62-70. – EDN NTNOHR.
10. Сафонов, А. И. Оценка геосистем Донбасса: фитоиндикация тератогенности и картографический анализ / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 1. – С. 98-104. – EDN PHAMBH.
11. Демьяненко, Т. В. Перспективы создания электронного гербария в Донецком государственном университете / Т. В. Демьяненко, Е. М. Витязь // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 1. – С. 91-97. – EDN EFUIPB.
12. Сафонов, А. И. Динамика фитоиндикационных показателей по картографическим данным в Донбассе (2013-2023 гг.) / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 4. – С. 6-17. – EDN PIVHWY.
13. Сафонов, А. И. Экспозиции раритетных растений на кафедре ботаники и экологии Донецкого государственного университета / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 4. – С. 18-33. – EDN QQCВЕТ.
14. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. С. 6-11. EDN RMXEAQ.
15. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
16. 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 KUQQL.
17. Гермонова, Е. А. Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса / Е. А. Гермонова, А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 13-22. – EDN QECLTU.
18. Калинина, А. В. Таксономический и эколого-ценотический анализ раннецветущих растений некоторых трансформированных экотопов Донецко-Макеевской агломерации / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. С. 23-28. EDN СВІУЕГ.
19. Мирненко, Н. С. Сезонный анализ пыльцевых спектров сорно-рудеральных растений г. Донецка / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 29-34. – EDN UIOBVD.
20. Мирненко, Э. И. Семейство Hydrodictyaceae в водоемах Донбасса / Э. И. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 35-40. – EDN CSAYZCZ.
21. Сафонов, А. И. Актуальные позиции индикационных разработок на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2020. – Донецк: ДонНУ, 2020. – С. 252-254. EDN IGTWBF.
22. Сафонов, А. И. Введение в специализацию на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова, Э. И. Мирненко // Донецкие чтения 2016. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 196-197. – EDN XMTXGP.
23. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.

REVIEW OF BOTANICAL AND ECOLOGICAL TOPICS IN SCIENTIFIC JOURNALS OF DONETSK STATE UNIVERSITY, ROLE OF STUDENTS

Annotation. With the creation of an extensive scientific and educational program at Donetsk State University on the botanical and ecological component, there was a need to generalize and structure the accumulated experience, highlighting an important link in the implementation of all research projects at the Faculty of Biology - students, as part of their coursework, diploma and master's theses dissertations. The need for continuity in training and teaching in the implementation of annual environmental programs, including monitoring and diagnostics of the state of anthropogenically transformed ecotopes, is considered.

Keywords: student scientific society, botanical-ecological topics, phytointication, monitoring, Donbass, plants, diagnostics of the state of ecosystems, phytoquantification, Donetsk State University.

Popova M.V.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 595.771

**ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ПРИЗНАКИ КРОВОСОСУЩИХ МОШЕК РОДОВ
WILHELMIA ENDERLEIN, 1921 И *EUSIMULIUM ROUBAUD, 1906* (DIPTERA,
SIMULIIDAE) НА ТЕРРИТОРИИ ДОНБАССА**

Пьяных А.В., Шкиренко А.О.
Научный руководитель: Рева М.В., канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»

Аннотация. В данной работе установлен видовой состав мошек родов *Wilhelmia* End. и *Eusimulium* Roubaud на территории Донбасса. Составлен диагноз отличительных признаков рода и отдельных видов, *Wilhelmia* End. и *Eusimulium* Roubaud, встречающихся на территории Донбасса, изучена их биология, что является основанием для организации защитных мероприятий по защите от кровососущих симулиид
Ключевые слова: мошки, видовой состав, отличительные признаки, *Wilhelmia*, *Eusimulium*.

Введение.

Мошки (Diptera, Simuliidae) – мелкие (длина тела 2-6 мм), кровососущие двукрылые, входящие в состав гнуса.

Семейство Simuliidae в практическом отношении занимает одно из первых мест среди кровососущих двукрылых. Большинство мошек являются кровососами человека, домашних животных и птиц. Вред, причиняемый мошками, заключается в их массовом нападении на человека и животных. Кроме того, укусы мошек болезненны, а слюна токсична. Массовые укусы вызывают аллергическую реакцию, которая носит название симулидотоксикоз. Также мошки являются специфическими и неспецифическими переносчиками возбудителей ряда инфекционных заболеваний, таких как: туляремия, сибирская язва, сап, онхоцеркоз и тд.

Семейство Simuliidae – одна из наиболее сложных в систематическом отношении групп двукрылых насекомых из-за необычайного внешнего морфологического сходства близких видов [1, 2].

Для точной диагностики мошек внешнего описания недостаточно. Лишь в начале XX-го в. появляется ряд серьезных работ по систематике мошек, однако диагностика видов основывалась по преимуществу грубых внешних отличиях. Позднее были опубликованы работы, в которых изучены наружные половые придатки самцов. Оказалось, что при отсутствии внешних различий самцы разных видов резко отличались по строению половых придатков [3]. Следующий шаг по изучению мошек был сделан Эдвардсом. Он исследовал водные фазы развития мошек. Оказалось, что преимагинальные фазы обнаруживают заметные различия, иногда более отчетливые, нежели те, что наблюдаются у взрослых насекомых, особенно у самок [4]. Новый период в изучении симулиид связан с именем И.А.Рубцова [2, 5, 6], который изучал все фазы развития симулиид.

Для успешной идентификации отдельных видов симулиид необходимы надежные морфологические критерии на всех фазах развития.

Цель работы – выявление отличительных признаков мошек рода *Wilhelmia* Enderlen, 1921 и рода *Eusimulium*, Roubaud 1906 на территории Донбасса и изучение их биологии для организации практических мероприятий по защите от кровососущих симулиид.

Материалы и методы.

Материалом для написания работы послужили собственные сборы и наблюдения за мошками, коллекции кафедры зоологии и экологии Донецкого государственного университета и литературные данные.

Сбор, изготовление микропрепаратов мошек, изучение их морфологии и биологии проводили по общепринятым методикам И.А. Рубцова [6] и З.В. Усовой и др. [7].

Результаты исследований. На территории Донбасса обнаружено 6 видов мошек рода *Wilhelmia* End.: *W. angustifurca* Rubzov, 1956, *W. balcanica* Enderlein, 1924, *W. mediterranea* Puri, 1925, *W. salopiensis* Edwards, 1927, *W. secunda* Baranov, 1926, *W. tertia* Baranov, 1926, и 4 вида мошек рода *Eusimulium*: *E. aureum* (Fries, 1824); *E. krymense* Rubzov, 1956; *E. angustipes* (Edwards, 1915); *E. securiforme* Rubzov, 1956.

Изучение морфологии мошек рода *Eusimulium* показало, что к признакам рода следует отнести: у самок – темную, однотонную окраску спинки без полос и пятен; коготки с крупным зубцом у основания; языковидно-вытянутые генитальные пластинки; относительно широкие ветви вилочки; у самцов – бархатисто-черную, в ярких золотистых волосках спинку; короткие сапожковидные гоностили, наличие одного апикального шипа; сжатого с боков; гонофурку в виде узкой пластинки, неглубоко расщепленной в дистальной части; наличие одного крупного шипа в параметрах; личинка имеет четкий, крестообразный рисунок на лбу; антенны длинные (0,50-0,55 мм); вентральный вырез головной капсулы занимает менее половины длины капсулы; на заднем конце тела пара крупных вентральных боковых конических выростов; куколка имеет простой кокон, который полностью прикрывает её тело; в дыхательном органе 4 довольно широко расставленные от основания нити.

У рода *Wilhelmia* к общим признакам относятся: широкая форма лба, покрытого серыми волосками у самок, щупик по длине превышающий усик; наличие 3-х темных продольных полосок на спинке; коготок простой формы; вытянутые задние концы генитальных пластинок; расширенные в дистальной части ветви вилочки; общая форма гоностилей, гоностерна, гонофурки, количество шипов в параметрах у самцов; крупные предвершинные зубцы мандибул личинок; расширенный передний край субментума; задний прикрепительный орган с широким кольцом крючьев: 90-120 рядов по 20-30 крючьев в каждом; в дыхательном органе куколок 4-8 нитей, 2 нити (верхняя и нижняя) гораздо толще остальных, остальные 2-6 направлены вперед; плохо выраженные каудальные шипы на конце брюшка куколки; кокон башмаковидный, с длинным цельным воротником.

В результате собственных исследований и анализа литературных данных выявлен ряд морфологических признаков, на основании которых проводят диагноз отдельных видов. К таким признакам относят у самок обоих родов – опушенность и особенности формы лба и лица, детали строения вилочки, генитальных и анальных пластинок, а также форма церок. У самцов обоих родов – форма лицевого кия, детали строения гоностилей, гоностерна и гонофурки, а также строение параметров. У личинок каждого из изученных родов – особенности формы вентрального выреза, строения мандибулы и субментума. У куколок – особенности структуры дыхательного органа и хетотаксия брюшка. Данные морфологические отличия являются надежными видовыми признаками, а детали их строения являются уникальными для каждого вида.

Несмотря на то, что кровососущие мошки ведут сходный образ жизни, некоторые различия в биологии преимагинальных фаз (яйцо, личинка, куколка) и взрослых мошек все же есть.

Общим признаком мошек рода *Wilhelmia* Enderlen, 1921 и рода *Eusimulium*, Roubaud 1906 на территории Донбасса являются места обитания, а именно хорошо

прогреваемые ручьи, родники и малые реки открытых пространств со скоростью течения 0,2- 1,0 м/с.

Необходимым условием для всех кровососущих мошек является достаточно высокий уровень содержания кислорода в воде. В водоёмах со стоячей водой мошки быстро гибнут. Дыхание осуществляется не только через трахейную систему, но и всей поверхностью тела. Личинки достаточно чувствительные к содержанию органических веществ в воде. Чем выше показатели окисления, тем менее благоприятен водоём для личинок. К колебанию других условий внешней среды – рН и солевому режиму – личинки мошек достаточно терпимы [1].

От характера погодных условий зависит характер зимовки мошек, окукливание и вылет первых генераций.

Так, по характеру зимовки мошки рода *Eusimulium* делятся на 2 группы видов: зимуют в фазе яйца (*E. aureum* и *E. securiforme*) и зимуют в фазе личинки (*E. krymense* и *E. angustipes*). Количество генераций различно: одна генерация у *E. krymense*, 2 – у *E. angustipes* и *E. securiforme*, 2 – 3 генерации у вида *E. aureum*. Отрождение личинок начинается с конца октября по апрель, при температуре воды от 9⁰ до 12⁰С. Окукливание и вылет первых генераций происходит с марта по май при температуре воды 5⁰ - 17⁰С.

По характеру зимовки мошки рода *Wilhelmia* делят на 3 группы: зимуют в фазе яйца (*W.secunda*, *W.tertia*). Отрождение личинок этих видов начинается в марте и продолжается до апреля-мая при температуре воды от 2-6⁰ до 14⁰С; зимуют в фазе личинки (*W. angustifurca*, *W. mediterranea*, *W.salopiensis*). Отрождение отмечено во второй половине сентября-первой половине ноября при температуре воды 3-12⁰С. Появление личинок этих видов второй генерации наблюдается в декабре-январе при температуре воды 2-5⁰С; и зимуют в фазе яйца и личинки (*W.balcanica*). Вылупление личинок из яиц у этих видов зависит от погодных условий. В годы с холодными зимами, когда водотоки покрываются льдом и снегом (с декабря по февраль), эти виды зимуют в фазе яйца. В такие годы личинки отрождаются из яиц сразу после освобождения водотоков ото льда (февраль-март). В годы с тёплыми непродолжительными зимами виды зимуют в фазе личинки.

Количество генераций рода *Wilhelmia* различно: одна генерация у *W.angustifurca*, *W.secunda*, *W.tertia*, три генерации у *W.salopiensis*, *W.balcanica*, от 3 до 5 генераций выявлено у вида *W.mediterranea*

У большинства видов обоих родов наблюдаются миграции личинок, которые связаны со сменой факторов среды их существования таких, как скорость течения воды, мутность воды, освещённость, солевой режим и др. А также личинки могут мигрировать в период весеннего половодья. Личинки мигрируют на участки с более спокойным течением воды. Чаще мигрируют личинки молодых и средних возрастов.

Актуальность изучения взрослых мошек в основном заключается в их эпидемиологическом значении. У мошек, как и у большинства других кровососущих двукрылых, кровососами являются только самки. Самцы питаются нектаром растений.

По мнению некоторых авторов [4, 7], кровососущая активность мошек обусловлена не только генетически, но и зависит от условий развития личинок. Если условия были благоприятными, то и гонотрофический цикл завершается автогенно. Если личинка за время развития не накопила достаточное количество питательных веществ, то самка нуждается в дополнительной белковой пище. Следовательно, у мошек проявляется факультативность питания взрослых мошек кровью и возможность развития половых продуктов без кровососания, только на углеводном питании. Так личинки самок и взрослые самки имеют вес втрое больший, чем у самцов.

Сезонная и суточная активность нападения мошек определяется численностью особей, которые вылетели, и зависит от факторов внешней среды: температуры воздуха, освещённости, силы ветра и др. В основном массовый вылет мошек наступает в весенний период. В летнее время активность мошек определяют температура воздуха и освещённость. Активность нападения мошек снижается при повышении температуры до 35° и совсем прекращается с наступлением темноты.

Кроме того, активность самок усиливается перед дождём приблизительно за 15-30 минут перед грозой.

Яйцекладки встречаются в незагрязнённых водоёмах всех типов, но чаще в открытых незатенённых ручьях и малых реках. Самки откладывают яйца чаще во второй половине дня.

Кровососущая активность у рода *Eusimulium* зарегистрирована только у одного вида *E. securiforme*. Самки *E. securiforme* являются кровососами птиц, реже – других животных и человека. У остальных видов (*E. aureum*, *E. krymense* и *E. angustipes*) кровососание не зарегистрировано.

Все виды рода *Wilhelmia* являются кровососами. Виды *W. mediterranea*, *W. salopiensis*, *W. balcanica*, *W. angustifurca* предпочитают нападать на крупный рогатый скот и человека. Вид *W. tertia* – на птиц, человека, и вид *W. secunda* только на человека.

Выводы

На территории Донбасса обнаружено 6 видов мошек рода *Wilhelmia* End.: *W. angustifurca* Rubzov, 1956, *W. balcanica* Enderlein, 1924, *W. mediterranea* Puri, 1925, *W. salopiensis* Edwards, 1927, *W. secunda* Baranov, 1926, *W. tertia* Baranov, 1926

и 4 вида мошек рода *Eusimulium*: *E. aureum* (Fries, 1824); *E. krymense* Rubzov, 1956; *E. angustipes* (Edwards, 1915); *E. securiforme* Rubzov, 1956.

Отличительными признаками родов *Eusimulium* и *Wilhelmia* следует считать: у самок – окраска спинки, строение коготка, общий план строения половых придатков. У самцов к таким признакам относятся окраска и опушение спинки, общий план строения гениталиев; у личинок – общий план рисунка на лбу, строение вентрального выреза; у куколок – форма кокона, количество дыхательных нитей.

Такие признаки, как особенности формы лба и лица, детали строения половых придатков у самок; форма лицевого киля, детали строения гениталиев у самцов; особенности строения вентрального выреза, строения мандибулы и субментума личинок, а также особенности структуры дыхательного органа и хетотаксии брюшка у куколок являются надёжными видовыми признаками. Детали их строения являются уникальными для каждого вида. Диагностика видов есть комплекс морфологических признаков с учетом уровня их диагностической значимости.

Изучение биологии мошек родов *Eusimulium* и *Wilhelmia* показало, что преимагинальные фазы развития изученных видов встречаются в водотоках со скоростью течения 0,2-1,0 м\с. Зимовка мошек может проходить в фазе яйца (*E. aureum* и *E. securiforme* *W. secunda*, *W. tertia*), в фазе личинки (*E. krymense*, *E. angustipes* *W. angustifurca*, *W. mediterranea*, *W. salopiensis*), либо в фазе или яйца или личинки (*W. balcanica*).

Количество генераций от одной (*E. krymense* *W. angustifurca*, *W. secunda*, *W. tertia*) до пяти (*W. mediterranea*).

У видов *E. aureum*, *E. krymense* и *E. angustipes* кровососание не зарегистрировано. Остальные изученные виды – кровососы человека и животных.

Результаты исследований могут служить основанием для организации практических мероприятий по защите от кровососущих симулиид.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рева М.В., Шкиренко А.О., Руппа А.В. Биология мошек рода *Eusimulium* Roubaud, 1906 на территории Донбасса // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: Материалы VIII Международной научной конференции (Донецк, 25–27 октября 2023 г.). – Том 3: Биологические и медицинские науки, экология / под общей редакцией проф. С.В. Беспаловой. – Донецк: Изд-во ДонГУ, 2023. – 294 с.
2. Рубцов И.А. О критериях аллопатрических видов кровососущих мошек группы *Odagmia ornate* (Mg). (*Diptera, Simuliidae*) // Энтотомол. обзор. – 1962. – Т. XLI, №4. – С. 900 – 920.
3. Lundstrom C. Beitrage zur Kenntnis der Dipteren Finnlands. VII. Melusinidae (Simuliidae). // Acta Soc. Fauna, Flora Fenn. – 1911
4. Edwards F.W. On the British species of Simulium, I. The adults. Bull. Entomol. Res. – 1915.4.
5. Рубцов И.А. Фауна СССР: Насекомые двукрылые. Мошки (Simuliidae). – М., Л., Зоол. Ин-т Ан СССР, 1940. – Т. 6, - 553
6. Рубцов И.А. Мошки (род Simuliidae) // Фауна СССР. Насекомые двукрылые. 2-е изд. М., Л., 1956. Т. 6, вып. 6. 860 с.
7. Усова З.В., Семушин Р.Д., Кузнецов А.В. Условия массового размножения кровососущих мошек (*Diptera, Simuliidae*) и случаи симулидотоксикоза в водоемах Северского Донца и его притоков // Мед. паразитол. и паразитар. болезни. 1983. №1. С. 37–40.

DISTINGUISHING CHARACTERISTICS OF BLOOD-SUCKING MILES OF THE GENERUS WILHELMIA ENDERLEIN, 1921 AND EUSIMULIUM ROUBAUD, 1906 (DIPTERA, SIMULIIDAE) IN THE TERRITORY OF DONBASS

Annotation. In this work, the species composition of midges of the genera *Wilhelmia* End. and *Eusimulium* Roubaud in the territory of Donbass is established. The diagnosis of the distinctive features of the genus and individual species, *Wilhelmia* End. and *Eusimulium* Roubaud, found on the territory of Donbass, was made, their biology was studied, which is the basis for organizing protective measures to protect against blood-sucking simuliids

Keywords: black flies, species composition, distinctive features, *Wilhelmia*, *Eusimulium*.

Shkirenko A.O., Pyanykh A.V.

Scientific adviser: Reva M.V., Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Donetsk State University

E-mail: alyona.shkirenko@mail.ru, anya04102000@mail.ru

УДК 577.3

ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ГОРОДА ТОРЕЗА, ДНР

Реуцкая В.В.

*Научный руководитель: Корниенко В.О., канд. биол. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: В данной работе исследовано видовое разнообразие и жизнеспособность древесных растений произрастающих в условиях зашумления города Тореза. В результате проведенных исследований установили, что средний уровень интенсивности транспортного потока на выбранной территории превышает 700 ед./час на всех участках, что соответствует среднему уровню антропогенного загрязнения. Исследования вибрационно-акустического шума показали, что по улице Энгельса возле автомагистрали максимумы звукового давления составляют в среднем 80 ± 2 дБА. Как следствие такое воздействие должно отражаться на живых системах, в том числе древесных растениях. Жизненное состояние деревьев оценивалось как ослабленное.

Ключевые слова: вибрация, зашумление, антропогенная нагрузка, древесные растения, жизнеспособность.

Введение. В настоящее время известны многочисленные исследования, показывающие изменения окружающей среды Донбасса, которые отражаются на загрязнении поверхностных вод шахтными шламовыми отходами [1, 2], изменении климатических показателей и их экологических последствиях [3, 4], загрязнении почвенного покрова в городах и (или) его полного разрушения [5-7], изменении уровня и структуры биоразнообразия [8-10], что, в конечном итоге, снижает устойчивость урбанизированных экосистем [11-16]. Огромное значение в стратегии сохранения биологического разнообразия России придается охране биоразнообразия городских территорий для создания оптимальной среды обитания [17], а также анализу адаптационных механизмов растений в урбанизированных экосистемах и формированию экологически устойчивых искусственных экосистем на техногенно нарушенных территориях [17].

Цель работы - исследование влияния вибрационно-акустического зашумления на жизнеспособность древесных растений города Тореза, на примере улицы Энгельса.

Задачи поставленные для этой работы:

1. Оценить уровень интенсивности и вибрационно-акустического зашумления в городе Торезе, на примере улицы Энгельса.
2. Оценить состояние древесных растений на основе физиологических и морфологических показателей в условиях зашумления, на территории исследования.

Материалы и методы. Мониторинговые исследования проводились в городе Торезе, вдоль улицы Энгельса в период август-октябрь 2023 года (рис. 1).

Вибрационно-акустический шум регистрировали с помощью откалиброванного шумометра (рис. 2). Измерения уровня шума проводили в двенадцати точках, расположенным на двух участках. Исследования проводились с учётом ГОСТ 20444-85 «Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики». Измерение шума производилось вблизи автотрассы (0,5 м) и в первом ряду древесных растений.

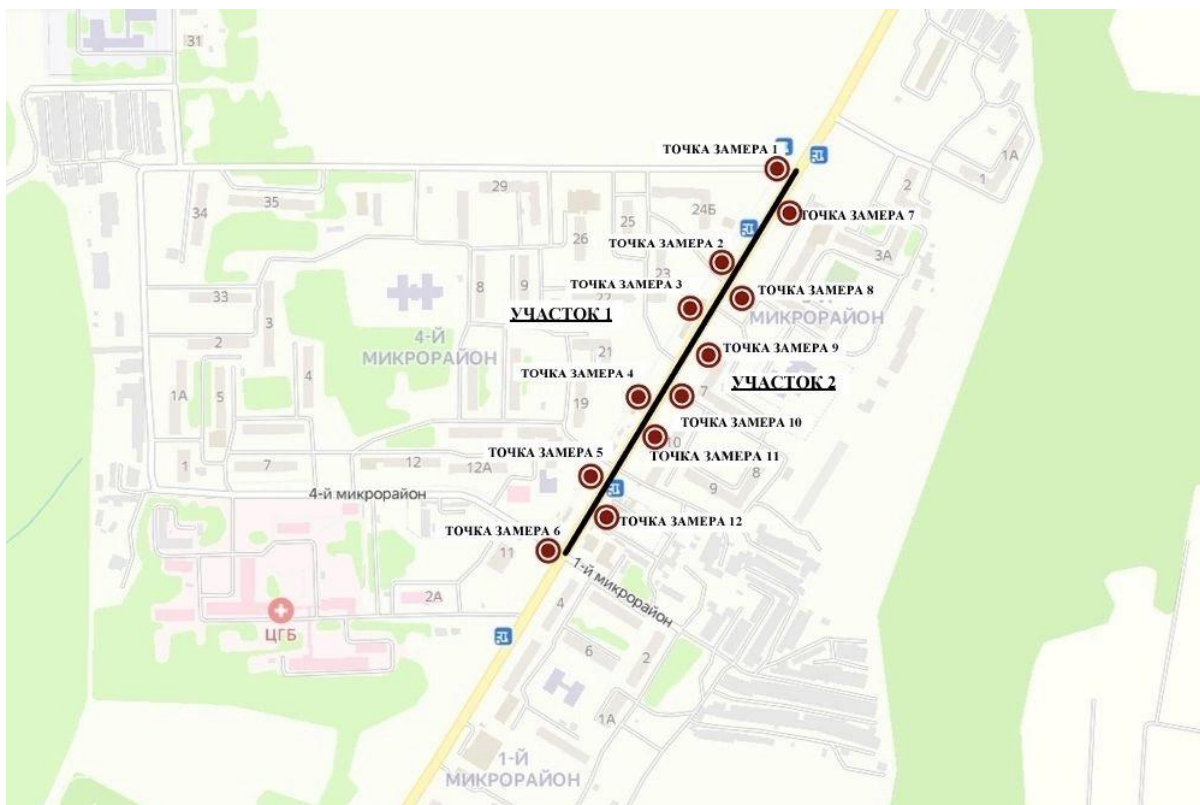


Рис. 1 – Территория проведения исследований вдоль автомагистрали по улице Энгельса, г. Тореза



Рис. 2 – Внешний вид работающего приложения «Шумомер»

Интенсивность транспортного потока на улице Энгельса оценивали по количеству единиц автотранспорта определенного типа, проезжающих мимо точки измерения за единицу времени по ГОСТ 20444-85. Жизнеспособность древесных растений оценивали с помощью интегральной общепринятой шкалы Алексева. В ходе исследования было оценено более 100 древесных растений.

Результаты исследований и их обсуждение. Интенсивность транспортного потока имела значения, превышающие 700 ед./час на всех участках, что соответствует среднему уровню антропогенного загрязнения (табл. 1).

Таблица 1 – Интенсивность движения автотранспорта по ул. Энгельса

Время проведения исследований	Вид транспорта							Сумма
	Грузовой		Пассажирский					
	Легкий (газель)	Тяжелый (фура)	Легковой			Тяжелая техника	Автобусы (№2, №31, №10, №5)	
1			2	3				
8 ⁰⁰ -12 ⁰⁰	18	33	357	186	76	87	21	778
13 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	24	28	349	152	52	64	17	686
Среднее	21	30,5	353	169	64	75,5	19	732

Примечания: 1 – иномарки легковые; 2 – легковые автомобили отечественного производства; 3 – внедорожники

От интенсивности транспортного потока зависит и вибрационно-акустическое зашумление территории. Исследования показали, что по улице Энгельса города Тореза возле автомагистрали максимумы звукового давления располагаются в среднем на 80 дБА (табл. 2).

Таблица 2 – Средние значения шумового загрязнения (дБА) по улице Энгельса, города Тореза

Территория	Возле дороги (бордюр)			1 ряд деревьев		
	max	min	Ср.знач	max	min	Ср.знач.
Участок 1 (точка 1)	77,8	48,0	64,9	77,0	58,3	67,6
Участок 1(точка 2)	78,6	54,0	69,0	78,3	55,6	65,8
Участок 1(точка 3)	79,6	54,7	66,6	78,0	47,7	66,8
Участок 1 (точка 4)	81,3	45,4	66,4	77,1	57,1	57,7
Участок 1(точка 5)	81,4	54,5	69,1	74,7	47,0	62,1
Участок 1 (точка 6)	77,9	55,1	67,9	80,7	60,9	71,1
Участок 2 (точка 7)	81,9	58,5	69,1	73,1	48,2	59,6
Участок 2 (точка 8)	77,4	54,9	66,4	78,1	53,0	68,1
Участок 2 (точка 9)	78,7	51,9	62,8	78,1	55,5	65,6
Участок 2(точка 10)	79,7	58,4	68,5	79,5	49,5	66,9
Участок 2 (точка 11)	81,2	59,3	71,2	74,9	53,3	62,6
Участок 2(точка 12)	80,9	48,4	62,1	77,2	58,0	66,0

Также оценили амплитудно-частотные спектры зашумления территории от различных видов автотранспорта (рис. 3). Установили, что среднее максимальное значение возле автомагистрали составляет 80 ± 2 дБА, а максимумы возле зеленых насаждений – 77 ± 2 дБА (рис. 3).

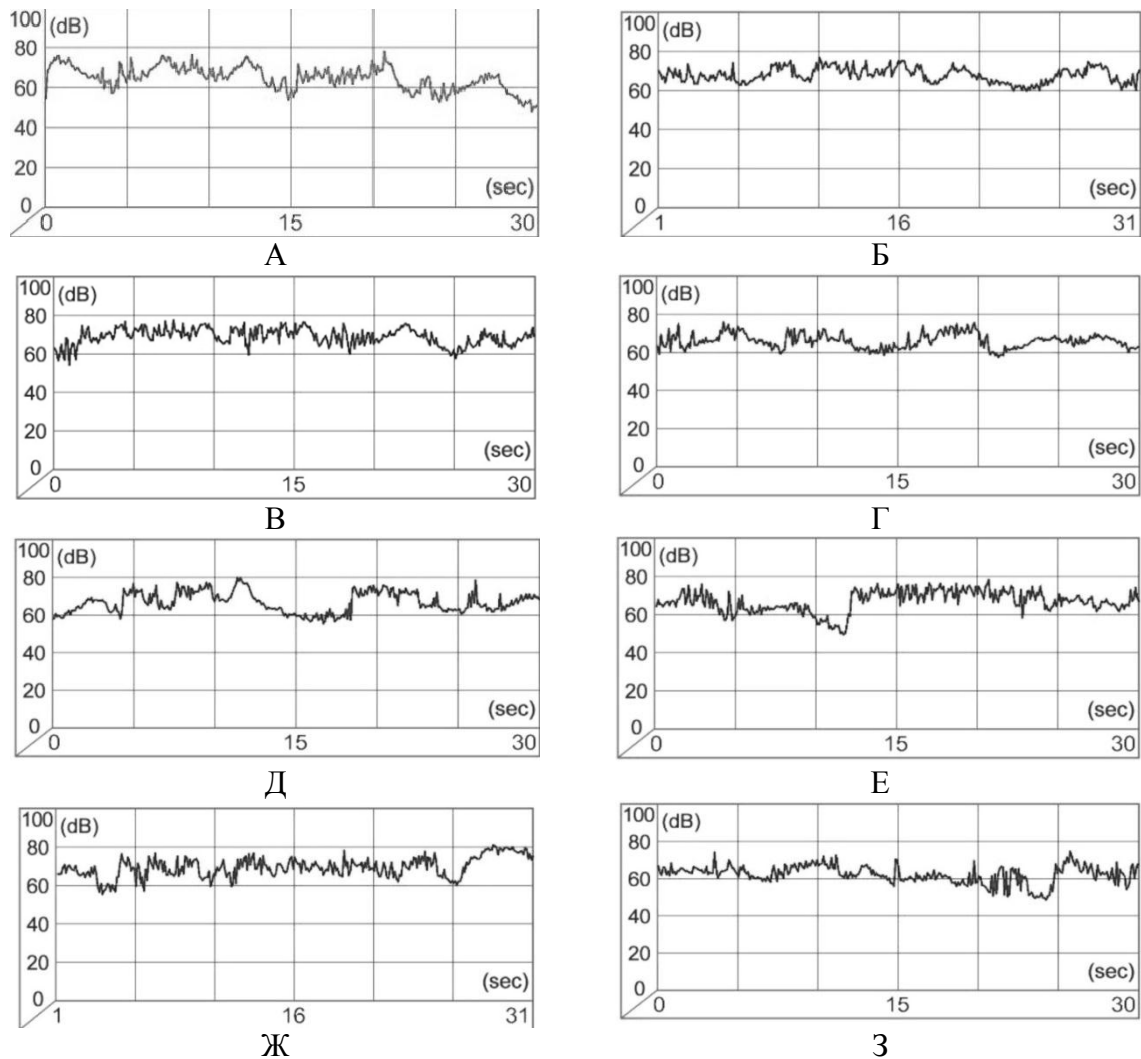


Рис. 3 – Амплитудно-частотные спектры зашумления территории от различных видов автотранспорта, города Тореза

Обозначения: А – участок 1, точка замера 1- бордюр (джип); Б – участок 1, точка замера 1ряд деревьев (джип); В – участок 1, точка замера 2 –бордюр (газель); Г – участок 1, точка замера 1 ряд деревьев (газель); Д – участок 1, точка замера 3 –бордюр (грузового автомобиль); Е – участок 1 ,точка замера 1 ряд деревьев (грузового автомобиль); Ж – участок 1, точка замера 5- бордюр (легковой автомобиль отечественный); З – участок 1 ,точка замера 1 ряд деревьев (легковой автомобиль отечественный).

В первом ряду представленность древесных растений имела следующее распределение: Ясень пенсильванский – 28 %; Тополь канадский – 25 %; Тополь Симона – 16 %; Робиния псевдоакация – 11 %; Тополь Болле – 8%; Тополь итальянский – 5 % и др. Для деревьев 45-50 лет характерны повреждения ствола и кроны типичные для растений, произрастающих в условиях средней и высокой антропогенной нагрузки (рис. 4). Жизнеспособность в среднем по видам составляла 3-4 балла это ослабленные и сильно ослабленные растения. Так для робинии псевдоакации, тополя Симона и тополя итальянского характерно значение 4 балла, для тополя Болле и тополя канадского, а также ясеня пенсильванского жизнеспособность составляла 3 балла.



Рис. 4 – Типичные нарушения ствола и кроны для деревьев, произрастающих в условиях города Тореза

Обозначения: А, Д – дупла, стволовая гниль; Б – сухое растение (5 баллов); В, Г, Е – повреждения ствола, отслоение коры; Ж – суховершинность.

Выводы

1. В результате проведенных исследований установили, что средний уровень интенсивности транспортного потока на выбранной территории превышает 700 ед./час на всех участках, что соответствует среднему уровню антропогенного загрязнения.

2. Исследования вибрационно-акустического шума показали, что по улице Энгельса возле автомагистрали максимумы звукового давления составляют в среднем 80 ± 2 дБА. Как следствие такое воздействие должно отражаться на живых системах, в том числе древесных растениях.

3. В первом ряду наиболее представлены древесные растения рода *Fraxinus* L. и виды рода *Populus* L. Жизнеспособность в среднем по видам составляла 3-4 балла это ослабленные и сильно ослабленные растения (4 балла). Так для робинии псевдоакации, тополя Симона и тополя итальянского характерно значение 4 балла, для тополя Болле и тополя канадского, а также ясеня пенсильванского жизнеспособность составляла 3 балла.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспалова С.В., Романчук С.М., Чуфицкий С.В., Перебейнос В.В., Готин Б.А. Флуориметрический анализ влияния шламовых загрязнителей на фитопланктон // Биофизика. – 2020. – Т. 65. № 5. – С. 994-1002. DOI: 10.31857/S0006302920050178
2. Мирненко Э.И. Диатомовый анализ водохранилищ, расположенных на р. Кальмиус // Самарский научный вестник. 2023. – Т. 12. – № 1. – С. 82-86. DOI: 10.55355/snv2023121112
3. Корниенко В.О., Калаев В.Н. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность деревьев березы повислой в г. Донецке // Лесоведение. – 2022. – №3. – С. 321-334. DOI: 10.31857/S0024114822020073
4. Корниенко В. О. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность древесных растений на примере *Juniperus virginiana* L. // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2020. – № 134. – С. 93-100. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-134-93-100
5. Netsvetov M., Sergeev M., Nikulina V., Korniyenko V., Prokopuk Yu. The climate to growth relationships of pedunculate oak in steppe // Dendrochronologia. – 2017. – Т. 44. – С. 31-38. DOI: 10.1016/j.dendro.2017.03.004
6. Агурова И.В., Сыщиков Д.В. Кислотность деградированных почв сельскохозяйственных угодий Донецкой народной республики // Вестник московского университета. Серия 17: Почвоведение. – 2023. – №3. – С. 125-131. DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-3-125-131
7. Сыщиков Д.В., Агурова И.В. Содержание органического вещества в эдафотопях антропогенно трансформированных экосистем как один из показателей их успешного самовозобновления // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – №1. – С. 141-148. EDN: OZTYJR
8. Корниенко В.О., Хархота Л.В. Мониторинг состояния древесных растений центральной части города Донецка // Самарский научный вестник. - 2023. - Т. 12. - №2. - С. 46-51. DOI: 10.55355/snv2023122107
9. Сафонов А. И. Новые виды растений в экологическом мониторинге Донбасса // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2020. – № 1. – С. 96–100. EDN: QKKMHN
10. Корниенко В. О., Калаев В. Н. Эколого-биологические особенности и механическая устойчивость древесных растений, используемых в озеленении города Донецка: монография / В.О. Корниенко, В.Н. Калаев. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2021. – 109 с. ISBN: 978-5-9273-3220-5; EDN: HCFNFD
11. Сафонов А.И., Алемасова А.С., Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Юшин Н.С., Кравцова А.В., Чалигава О. Морфогенетические аномалии бриобионтов в условиях геохимически контрастной среды Донбасса // Геохимия. – 2023. – Т. 68. – №10. – С. 1032-1044. DOI: 10.31857/S0016752523100114
11. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Жизнеспособность древесных растений в условиях зашумления городской территории (на примере г. Донецка) // Естественные и технические науки. – 2022. – №12 (175). – С. 166-170. EDN: JJZVTE

12. Кольченко О. Р., Корниенко В. О. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка // Вестник Донецкого национального университета. Серия А. Естественные науки. – 2019. – №3-4. – С. 151-162. EDN: PAUIGC
13. Корниенко В. О., Яицкий А. С. Экологические последствия шумового загрязнения города Донецка // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2022. – №11/2. – С. 28-34. DOI: 10.37882/2223-2966.2022.11-2.13
14. Корниенко В. О., Приходько С. А., Яицкий А. С. Оценка жизненного состояния древесных насаждений в условиях урбанизированной среды // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и Технические Науки. – 2020. – № 03/2. – С. 14-19. EDN: GWBRPR
15. Зиньковская И.И., Вергель К.Н., Сафонов А.И., Юшин Н.С., Чалигава О., Кравцова А.В. *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
16. Алемасова А.С., Сафонов А.И. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе // Лесной вестник. – 2022. – Т. 26. – №6. – С. 5-13. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13
17. Морозова Г.Ю. Жизнеспособность популяций растений в урбанизированной среде // Вестник ТОГУ. – 2015 – № 2 (37). – С. 35-44. EDN: TYGAHD

VIABILITY OF WOODY PLANTS OF THE CITY OF TOREZ, DPR

Annotation. In this work, the species diversity and viability of woody plants growing in the noisy conditions of the city of Torez are investigated. As a result of the conducted research, it was established that the average intensity of traffic flow in the selected area exceeds 700 units/hour in all areas, which corresponds to the average level of anthropogenic pollution. Studies of vibration and acoustic noise have shown that along Engels Street near the motorway, the maximum sound pressure is on average 80 ± 2 dBA. As a result, such an impact should be reflected in living systems, including woody plants. The vital condition of the trees was assessed as weakened.

Keywords: vibration, noise, anthropogenic load, woody plants, viability.

Reutskaya V.V

Scientific director: Kornienko V.O., PhD in Biological sciences, Associate Professor

Donetsk state university

E-mail: reutskaya_lerchka@mail.ru

УДК 581 : 398.332 : 37.033 : 502.315 (477.60)

МЕХАНИЗМ КОМПЛЕКТАЦИИ ДАННЫХ О КАФЕДРЕ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ КО ДНЮ РОССИЙСКОЙ НАУКИ

Руденко Е.П.

Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой ФГБОУ ВО «ДонГУ»

Аннотация. В статье представлены результаты экспозиционной работы научных и просветительских проектов сотрудников и студентов кафедры ботаники и экологии ко Дню российской науки в 2024 году. Целевая программа популяризации научных данных и научных разработок включает участие молодых ученых в мероприятиях по сбору, анализу материала, работе в полевых экспедиционных условиях, в лаборатории, качественное представление результатов работы на научно-технических мероприятиях: конференциях, съездах, конгрессах. Результаты объединяют стиль, направление, дизайн научных экспериментов, подчеркивают эксклюзивность работы каждого сотрудника и кафедры в целом.

Ключевые слова: СНО ДонГУ, мыэтонаука-2024, кафедра ботаники и экологии, научная работа студентов, дизайн и стиль в ботанике, экология растений, Донбасс, фитоиндикация.

В числе брендовых и часто анализируемых научных направлений Донбасса выделяются ботанико-экологические [1], которые в рамках функционирования кафедры ботаники и экологии реализуются научно-педагогическим составом Донецкого государственного университета по инициативной теме с 2022 г. [2], а также в рамках профориентационной работы и специализации студентов, прохождения обучения в магистратуре и аспирантуре, подготовки выпускных квалификационных работ [3–6]. В рамках созданной молодежной лаборатории федерального уровня организации под руководством заведующего НИЧ (научно-исследовательская часть), кандидата биологических наук В.О. Корниенко [7, 8] реализуется много амбициозных проектов в регионе, в том числе ботанико-экологического и диагностического назначения.

Цель работы – дать визуальный анализ специфике комплектования научно-образовательных ресурсов просветительского содержания от сотрудников и студентов кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета в контексте экспозиционной работы ко Дню российской науки в 2024 г. под руководством куратора СНО ДонГУ – кандидата экономических наук А.А. Торбы.

Ресурсом для экспериментальной части работы послужили авторские экспозиции сотрудников (преподавателей, молодых ученых, аспирантов) и студентов кафедры ботаники и экологии, размещенные в социальных сетях накануне Дня российской науки и в группах студенческого научного общества биологического факультета и Донецкого государственного университета в целом.

Так, старший преподаватель кафедры ботаники и экологии Э.И. Мирненко активно работает в области экологии и систематики водорослей, изучает фитопланктон водоемов Донбасса, активно участвует на проводимых Международных конференциях (рис. 1), руководит группой студентов, выполняющих дипломные работы в этом направлении [9, 10]. Аспирант и ассистент, молодой ученый кафедры ботаники и экологии Н.С. Мирненко формирует поле своих научных интересов в палинологических исследованиях, изучает как вопросы строения пыльцевых зёрен с точки зрения их принадлежности к отдельным таксономическим группам, так и в прикладном аспекте – для проведения экологического мониторинга по показателям структурно-функционального статуса мужского гаметофита растений [11, 12] (рис. 1).

Такие исследования помогают в частном случае и в комплексе оценить состояние локальных экосистем, ландшафтов, иметь информацию актуального содержания о

возможных нарушениях, или отклонениях от нормы в развитии геолокальных природно-территориальных комплексов.



Рис. 1 – Экспозиции научной работы аспирантов и молодых ученых кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета Н.С. Мирненко и Э.И. Мирненко

Аспирант и ассистент кафедры ботаники и экологии, председатель Совета молодых ученых биологического факультета А.В. Калинина [13, 14] имеет наработки по фитоценологическим характеристикам антропогенно трансформированных ландшафтов Донбасса, неоднократно представляла интересы донецких ученых на Международных конференциях, форумах, победитель федерального проекта (образовательного интенсива) «Амбассадоры науки» (рис. 2).

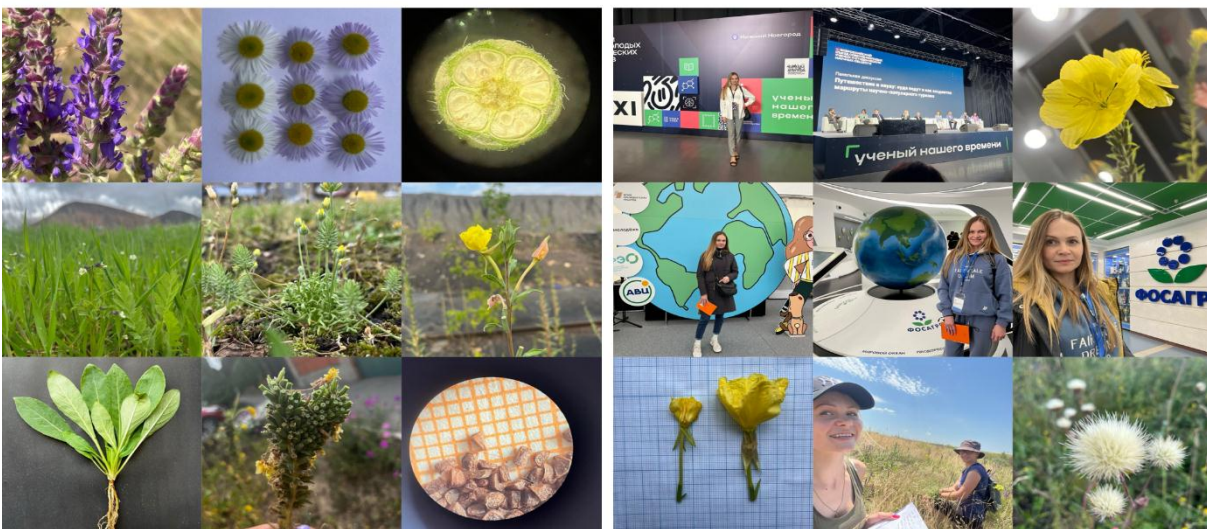


Рис. 2 – Экспозиции научной работы аспиранта и молодого ученого кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета А.В. Калининой

Научная перспектива кафедры ботаники и экологии – молодые ученые в составе новой лаборатории по диагностике природных и техногенных экосистем Донбасса – Ю.С. Калинина и А.П. Палагута [15, 16] сформировали авторские экспозиции во фрагментах исследовательских работ из циклов направлений биологического факультета по изучению живых организмов в условиях разных факторов выносливости и изучению приспособлений к неблагоприятным воздействиям (рис. 3).

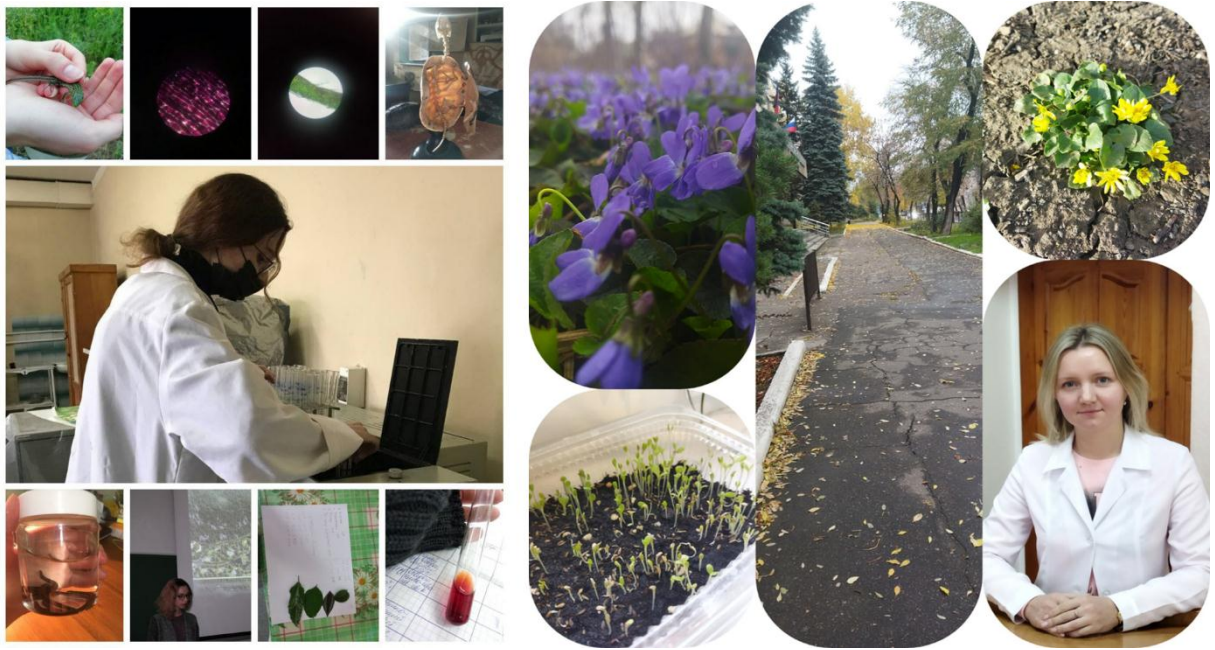


Рис. 3 – Экспозиции научной работы молодых ученых кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета А.П. Палагута и Ю.С. Калинина

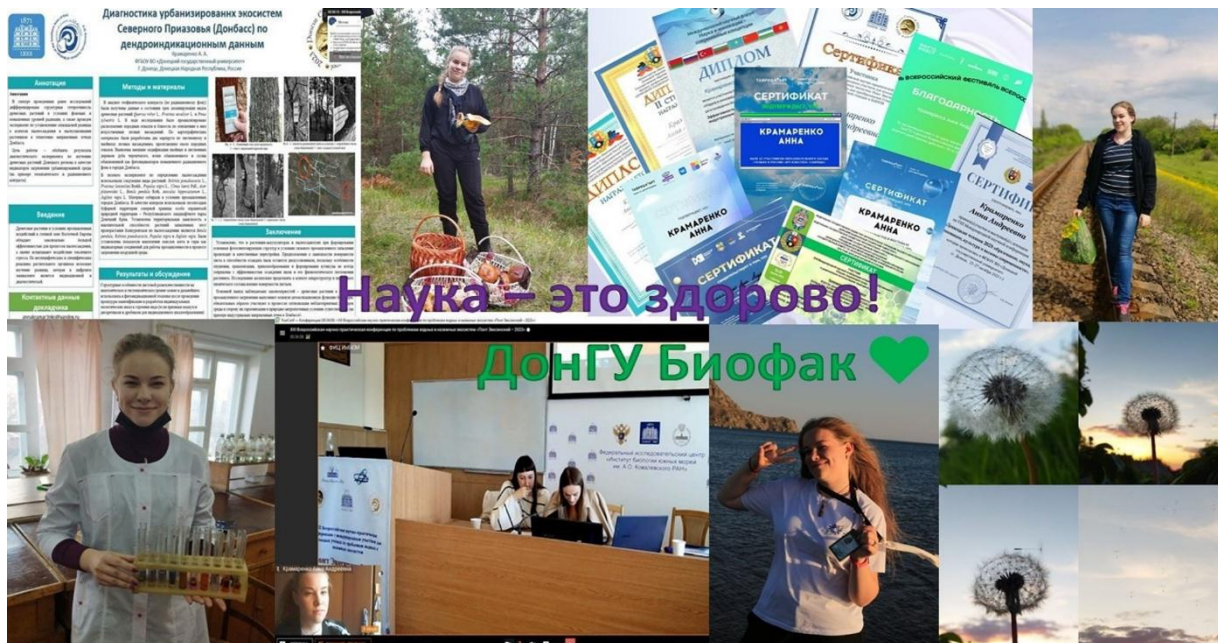


Рис. 4 – Экспозиции научной работы студентки кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета А.А. Крамаренко

Разнообразным спектром научно-исследовательских работ отличились в 2024 году студенты кафедры ботаники и экологии: А.А. Крамаренко [17] (рис. 4) по дендроиндикации и определению амплитуды колебаний выносливости видов растений в условиях техногенных воздействий – повышенного радиационного фона и запыленности от металлургических комбинатов и в зоне интенсивного автотранспорта, и В.Н. Шмыгло (материалы рис. 5), работающий под руководством доцента кафедры Т.В. Демьяненко [18, 19]. Особый интерес вызвали работы, связанные со структурными особенностями организации растительных организмов под воздействием факторов экологического стресса или в условиях культуры.

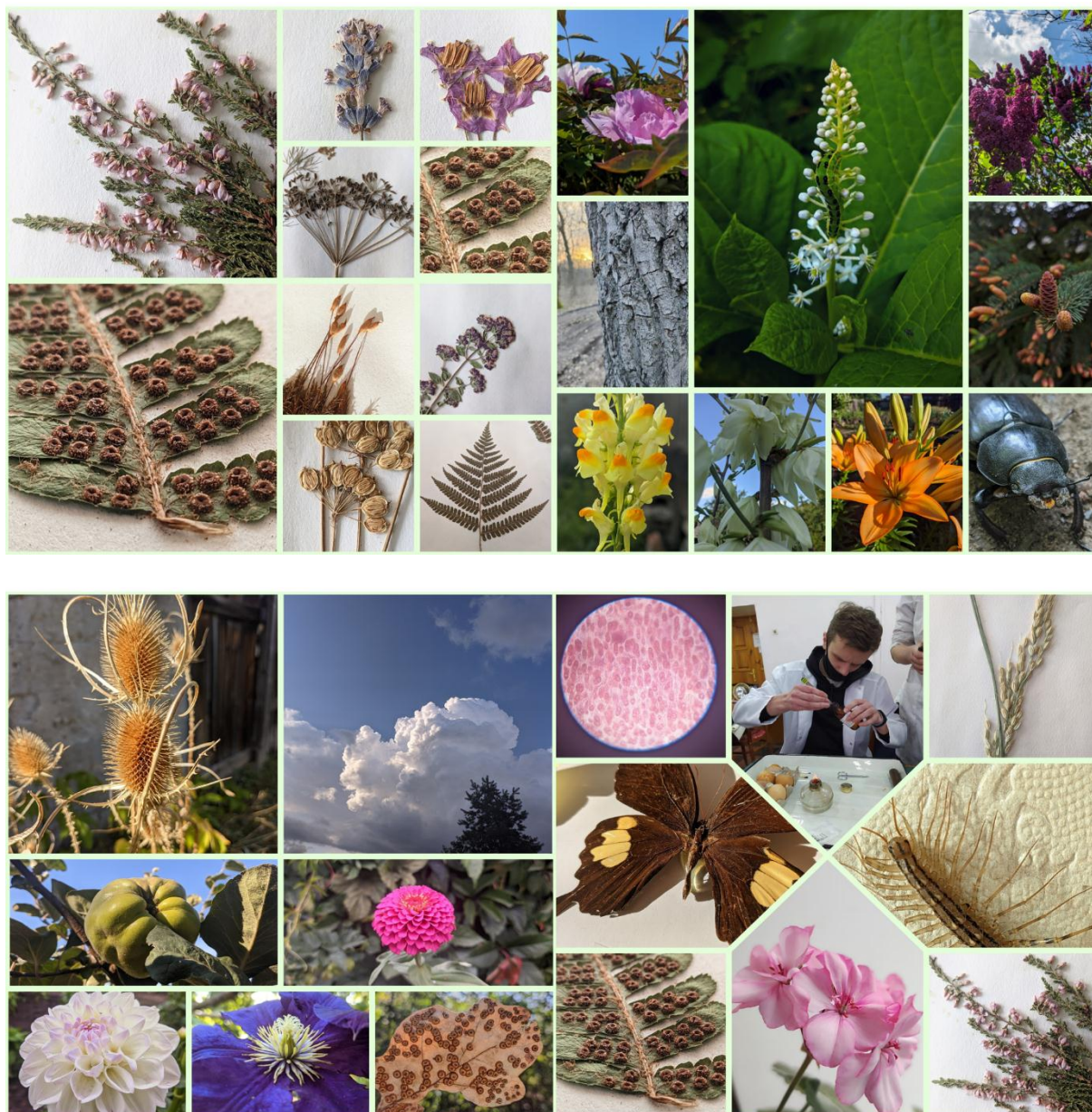


Рис. 5 – Экспозиции научной работы студента кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета В.Н. Шмыгло

Механизм комбинирования экспозиции авторы выбирали самостоятельно, подчеркивая индивидуальность собственной научной разработки.

Нужно отметить, что в целом, активность и спектр интересов от студентов и молодых ученых биологического факультета был сравнительно высок, что подтверждает активность реакций на экспонируемые материалы в социальных сетях и группах Студенческого научного общества и Совета молодых ученых Донецкого государственного университета. Весьма полезными для актуального анализа такой деятельности являются публикации о работе студентов и со студентами [20–22], что существенным образом отразилось и на нашу публикационную активность [23] по индивидуальной траектории научной работы.

Таким образом, в статье представлены результаты экспозиционной работы научных и просветительских проектов сотрудников и студентов кафедры ботаники и экологии ко Дню российской науки в 2024 году; целевая программа популяризации научных данных, материалов и научных разработок включает участие студентов и разных категорий молодых ученых в мероприятиях по сбору, анализу материала, работе в полевых экспедиционных условиях, в лаборатории, качественное представление результатов работы на научно-технических мероприятиях: конференциях, съездах, конгрессах; результаты (рис. 1–5) объединяют стиль, направление, дизайн научных экспериментов, подчеркивают эксклюзивность работы каждого сотрудника и кафедры в целом.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ государственной НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
2. Сафонов, А. И. Опорные разработки в рамках тематического направления по ботанике антропогенеза (2022 г.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2022. – С. 113. – EDN ZSZAOG.
3. Введение в специализацию на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова, Э. И. Мирненко // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: Южный федеральный университет, 2016. – С. 196-197. – EDN ХМТХGR.
4. Сафонов, А. И. Специфика образовательных технологий на кафедре ботаники и экологии ДонНУ при подготовке студентами выпускных квалификационных работ / А.И. Сафонов // Развитие интеллектуально-творческого потенциала молодежи. Донецк: ДонНУ, 2018. С. 274-275. EDN YYPGBF.
5. Сафонов, А. И. Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2018. – С. 216. – EDN YPAMWD.
6. Сафонов, А. И. Специфика подготовки учебно-методической продукции ботанико-экологического содержания для научной библиотеки ДонНУ / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. Донецк: ДонНУ, 2019. С. 294-297. EDN AZCFDC.
7. Корниенко, В. О. Влияние экологических факторов на физико-механические свойства, морфометрию и аллометрию древесных растений урбоэкосистем (на примере города Донецка). специальность 15.15.00 : диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук, 2022. 166 с. EDN QYUEPJ.
8. Корниенко, В. О. Биологические эффекты переменного магнитного поля промышленной частоты, на примере кукурузы сахарной / В. О. Корниенко, К. А. Авдеева, А. О. Елизаров // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 60-67. – EDN JGJAHB.
9. Внедрение альгоиндикационных технологий в процесс обучения студентов-экологов / А. И. Сафонов, Э. И. Мирненко, Н. С. Захаренкова // Биологическое и экологическое образование студентов и школьников. – Самара: СамГСПУ, 2016. – С. 135-138. – EDN VLNYZF.
10. Мирненко, Э. И. Минерализация водных экосистем как фактор трансформации комплексов фитопланктона прудов г. Донецка / Э. И. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2021. – № 3-4. – С. 30-35. – EDN WQDSUN

11. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
12. Мирненко, Н. С. Виды адвентивной флоры Донбасса в контексте палинологических экспертиз // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2022. № 3-4. С. 21-29. EDN SSMJMN.
13. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. 2023. – № 3. – С. 6-11. – EDN RMXEAQ.
14. Калинина, А. В. Изменчивость морфометрических параметров *Oenothera depressa* Greene в ценопопуляциях трансформированных экотопов г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3-4. – С. 16-20. – EDN DEKIUI.
15. Загнитко, Ю. П. Динамика пектолитической активности культуральной жидкости базидиальных ксилотрофов на среде с яблочным жомом / Ю. П. Загнитко, А. П. Палагута, Н. П. Ткаченко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 1-2. – С. 48-53. – EDN AIKCOY.
16. Загнитко, Ю. П. Оптимизация питательной среды с использованием цитрусового пектина как индуктора ферментов пектолитического действия при культивировании базидиальных ксилотрофов / Ю. П. Загнитко, А. П. Палагута // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3-4. – С. 63-67. – EDN YPHSFO.
17. Крамаренко, А. А. Фенотипическая пластичность древесных растений агломерации г. Шахтерска в условиях повышенного радиационного фона породных отвалов / А. А. Крамаренко // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 68-75. – EDN UWTQAE.
18. Демьяненко, Т. В. Перспективы создания электронного гербария в Донецком государственном университете / Т. В. Демьяненко, Е. М. Витязь // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 1. – С. 91-97. – EDN EFUIIB.
19. Демьяненко, Т. В. Морфологическая характеристика семян видов рода *Penstemon* Schmidel. в интродукции / Т. В. Демьяненко, И. В. Макогон // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2021. – № 4. – С. 83-91. – EDN QFRNNJ.
20. Абуснайна, М. В. Опыт организации Студенческого научного общества кафедры ботаники и экологии Донну / М. В. Абуснайна // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 10-14. – EDN YEHBJD.
21. Шевчук, Н. А. Анализ представленности актуальной научно-образовательной информации фитоиндикационного содержания в системе обучения / Н. А. Шевчук // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 131-135. – EDN NDFQTQ.
22. Сафонов, А. И. Опыт проведения экологической олимпиады в вузах Донбасса (2015-2023 гг.) / А. И. Сафонов // Куражсковские чтения. Астрахань: Астраханский ГУ, 2023. С. 431-435. EDN ZBNIFW
23. Руденко, Е. П. Индикаторы для оценки урбанизированной среды и техногенного воздействия в Донбассе / Е. П. Руденко // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 108-112. – EDN ETRPEE.

MECHANISM FOR COMPLETING DATA ABOUT THE DEPARTMENT OF BOTANY AND ECOLOGY OF DONSU FOR THE DAY OF RUSSIAN SCIENCE

Annotation. The article presents the results of the exhibition work of scientific and educational projector's of employees and students of the Department of Botany and Ecology for the Day of Russian Science in 2024. The targeted program for the popularization of scientific data and scientific developments includes the participation of young scientists in activities for the collection and analysis of material, work in field expeditionary conditions, in the laboratory, and high-quality presentation of the results of work at scientific and technical events: conferences, conventions, congresses. The results combine the style, direction, design of scientific experiments, and emphasize the exclusivity of the work of each employee and the department as a whole.

Keywords: SSS DonSU, myetonauka-2024, Department of Botany and Ecology, scientific work of students, design and style in botany, plant ecology, Donbass, phytoindication.

Rudenko E.P.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology
Donetsk State University
E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 625.77 : 712.4 (477.60)

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛАНДШАФТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ Г. ДОНЕЦКА

Сафонов Р.А.

*Научный руководитель: Калинина Ю.С., ассистент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. На примере отдельных рекреационных зон (парковых территорий) г. Донецка рассмотрены показатели геометрического разнообразия в существующих конструкциях при планировке и функциональной эксплуатации территории. Реализованная геометрическая идентификация отдельных структурных элементов парков позволяет констатировать высокий уровень применения способов ландшафтной архитектуры в антропогенно нагруженном городе Юга России.

Ключевые слова: ландшафтная архитектура, Донецк, Донбасс, дизайн, озеленение, планировка, математика в зеленом строительстве, фитоиндикация.

Идеология любой ботанической (ботанико-экологической) ландшафтной конструкции формируется в специфике научно-творческого организационного блока, – это конкретные задачи людей, которые и устанавливают особенности изучаемой в последующем местности [1], для чего обязательно учеными подбирается адекватный ассортимент видов и форм растений [2], изучаются их адаптационные характеристики [3–5] и формируется в итоге оптимизационная среда, благоприятная для жизнедеятельности, – рекреационного назначения [6–8]. Критически важным является формирование среды таким образом, чтобы она была многофункциональной, в том числе в образовательной [9, 10] и научной составляющей [11, 12].

Цель работы – обработать данные о состоянии некоторых парковых территорий города Донецка по критериям геометрического разнообразия как показателя уровня ландшафтной архитектуры, продемонстрировать результаты в сравнительном анализе таких конструкций.

В качестве методической базы для обоснования такого направления использовали опыт успешных отечественных практик по зеленому строительству и ландшафтной архитектуре, в том числе для урбанизированных территорий [1–12]. Каждая из публикаций содержит материалы эксклюзивного сочетания тех или иных приемов облагораживания и тактик оптимизации, поэтому в совокупности изученные материалы указывают в целом на необходимость проведения таких разработок для каждого региона Российской Федерации. Проводимая для территории Донбасса широкомасштабная программа по экологическому фитомониторингу и ботанико-экологической экспертизе [13, 14] также использует дополнительный математический аппарат [15] в интерпретации своих результатов, например, в обобщающих сводках [16], использования ГИС-технологий [17, 18], ретроспективном анализе [19], библиографическом учёте [20]. Принципиально, что большинство научно-исследовательских программ реализовано студентами Донецкого государственного университета в составе научного общества – СНО [21–23], – это формирует также обоснование для создания в университете (и в регионе в целом) молодежных лабораторий на федеральном уровне финансирования, например, с 2024 г. открыта такая лаборатория по теме биодиагностики природных и антропогенно напряженных территорий с участием студентов и молодых ученых разных факультетов и специальностей в первую очередь естественнонаучного профиля подготовки.

Материалы рисунков 1 и 2 содержат методическую и результирующую части проведенной работы. Отдельно рассмотрены участки города и архитектурная

грамотность на основании критериев аналитической геометрии для больших и малых растительных конструкций города (рис. 3-4).

МЕТОДИКА РАБОТЫ

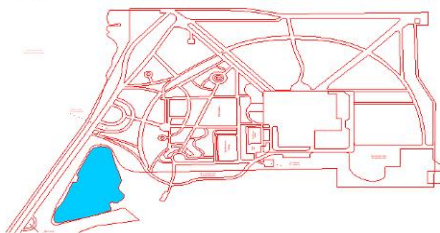
1) любительское фотографирование



4200 фото

2) анализ официальных схем,

предоставленных Администрацией предприятия «Парки Донецка»



3) данные спутникового зондирования системы

Google Earth pro в свободном доступе по снимкам со спутников с 2002 по 2020 гг.

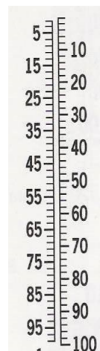


230 скринов

Рис. 1 – Составляющие методической части эксперимента по сбору данных и их обработке (парковые рекреационные территории г. Донецка)

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ

Если первично разложить каждый из требуемых критериев по **10-балльной шкале оценивания**, то общее **100-балльное оценивание** изучаемых парковых зон имеет следующие результаты

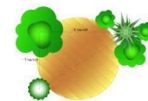


- 1) каркас, очертания
- 2) скелет, рельеф
- 3) зоны отдыха
- 4) регулярный стиль
- 5) ярусность
- 6) золотое сечение
- 7) регулярность. ритм
- 8) точки обзора
- 9) тихий отдых
- 10) перспектива

- !** Парк культуры и отдыха им. А.С. Щербакова (91 балл),
 территория бульвара им. А.С. Пушкина (93 балла),
 Городской парк культуры и отдыха "Освободителям Донбасса" (Парк Ленинского комсомола) – 89 баллов,
 отдельно – территория детской железной дороги (54 балла) и музыкальный парк (61 балл),
 Парк кованых фигур – 72 балла,
 Парк "Сокол" – 52 балла,
 Парк Победы (Калининский район) – 84 бала,
 Парк славянской культуры и письменности – 86 баллов,
 Парк гостиничного комплекса "Виктория" – 88 баллов.



ярусность



$$\frac{a}{b} = \frac{a+b}{a} = 1,618...$$

золотое сечение



ритм

Рис. 2 – Критерии и результаты оценивания разнообразия приемов и стилей в ландшафтной архитектуре отдельных парков г. Донецка

Объект исследования	% проективного покрытия	индекс геометрического разнообразия	фактический прирост биомассы по кронам эдификаторов	
			2002-2012 гг.	2014-2020 гг.
Парк Щербакова	78–70–91	П ₇₇ О ₃₉ У ₄₅ В ₂₆	+2,3	+10,3
Бульвар Пушкина	92–80–85	П ₄₆ О ₃₃ У ₉₃ В ₂₄	-1,5	+8,8
Парк ЛенКом	96–38–72	П ₃₃ О ₂₁ У ₁₉ В ₂₀	-41,6	+23,3
Детская ж.д.	54–56–59	П ₁₅ О ₁₁ У ₁₀ В ₂	+4,7	+5,2
Парк кованых фигур	84–92–93	П ₄₅ О ₄₉ У ₄₄ В ₁₈	+2,6	+2,2
Парк "Сокол"	72–54–66	П ₇ О ₉ У ₁₃ В ₅	-10,9	+4,7
Парк Победы (террит.)	90–81–90	П ₂₂ О ₂₀ У ₁₆ В ₇	-3,7	+6,1
Парк Слав. КиП (террит.)	88–82–90	П ₁₇ О ₃₉ У ₃₅ В ₁₀	-13,2	+10,1
Парковая зона "Виктория"	79–72–74	П ₉ О ₁₂ У ₁₆ В ₆	-7,5	+1,5

Google Earth pro **ручной подсчет** Google Earth pro

- 1) % проективного покрытия дан в тренде 2002, 2014, 2020 годов,
- 2) индекс геометрического разнообразия учитывал П-прямоугольники, О-окружности, У-углы (острые) и В-волны (изгибы, ломаные в природном стиле)

Рис. 3 – Геометрические особенности по разнообразию форм и приросту проективного покрытия древесно-кустарниковых растений на рекреационных территориях г. Донецка с 2002 по 2020 гг.

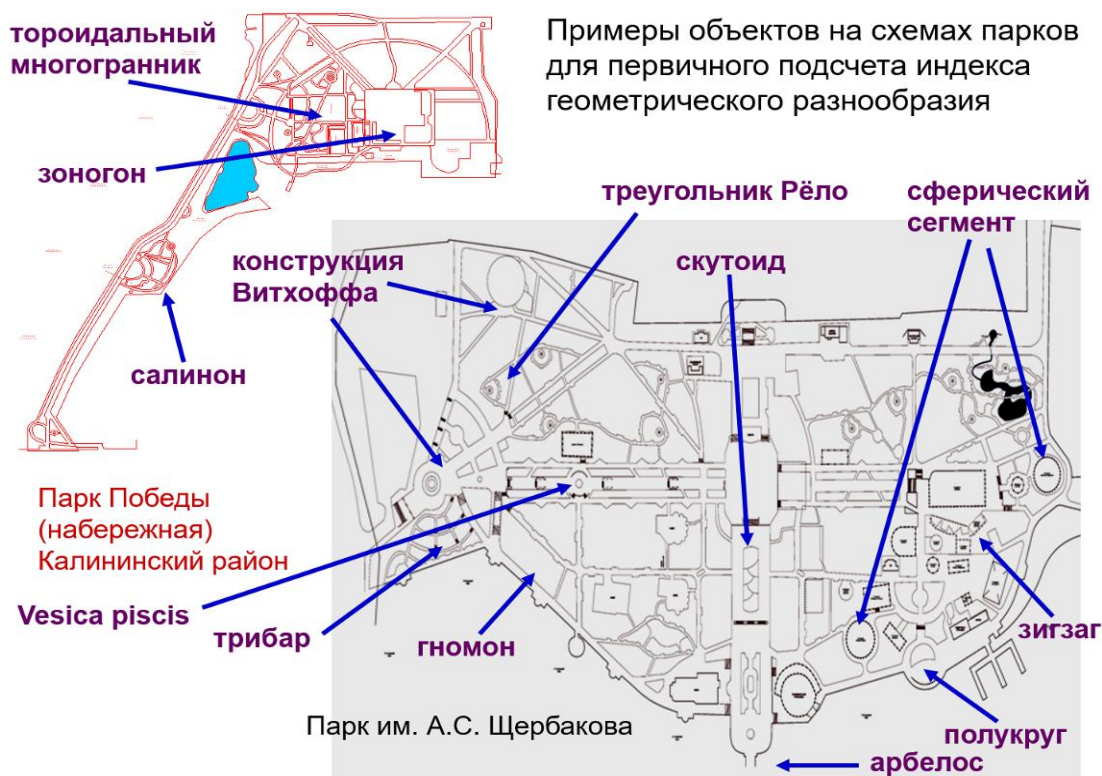


Рис. 4 – Идентификация структурных элементов парков Донецка по их геометрическим вариантам в планиметрии

Для регулирования процессов озеленения, планировки, перепланировки в растительной архитектуре города методы аналитической геометрии очень востребованы. В плане озеленения при ландшафтном проектировании важно учитывать 1) принцип гармоничных пропорций, 2) количественную уравновешенность композиционных линий, 3) соразмерность составляющих малых и больших конструкций. Поэтому нами опытным путем рассмотрены геометрические особенности разных элементов зеленой архитектуры города Донецка:

– выделены объекты для применения методов аналитической геометрии – рекреационные территории (парки, скверы, бульвары), отдельные участки улиц и малые композиции (цветочно-декоративные, древесно-кустарниковые);

– изучены особенности пропорциональной соразмерности структурных единиц зеленой архитектуры (принцип золотого сечения, пропорциональность и масштабность в пространстве – гармоничность, симметрия и асимметрия, динамика и статика, ритм, пластика конкретных «растительных структур», полученные данные сведены в таблице, представлены результаты в динамике за 20 лет;

– из установленного разнообразия архитектурных стилей выделены регулярный или пейзажный, стили кантри, модерн, хай-тек, натургарден, минимализм.

Таким образом, если посмотреть на ландшафтную архитектуру Донецка с помощью критериев математического (геометрического) разнообразия, то можно получить ряд ценных данных для последующего его благоустройства.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ государственной регистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наумцев, Ю. В. Сад и люди: философия отношений с людьми в ботаническом саду XXI века / Ю. В. Наумцев // Зеленый журнал - Бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. – 2017. – № 3. – С. 2-4. – EDN ХУВРКХ.
2. Репецкая, А. И. Ассортимент для городского озеленения: взгляд ботаника, питомниковода, ландшафтного архитектора и чиновника / А. И. Репецкая // Ботанические сады в современном мире. Том выпуск 3. – СПб., 2023. – С. 153-157. – DOI 10.24412/cl-36595-2023-3-153-157. – EDN QXPERO.
3. Корниенко, В. О. Влияние природно-климатических факторов на механическую устойчивость и аварийность деревьев березы повислой в г. Донецке / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев // Лесоведение. – 2022. – № 3. – С. 321-334. – DOI 10.31857/S0024114822020073. – EDN KDUHDW.
4. Kharchenko, N. N. Mechanical resistance of *Quercus robur* L. at the environmental boundary of the species distribution in the steppe / N. N. Kharchenko, V. N. Kalaev, V. O. Kornienko // Earth and Environmental Science., 2021. – P. 12049. – DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012049. – EDN HNQTEI.
5. Клименко, Н. И. Зимостойкость древесных растений Юго-Восточного берега Крыма / Н. И. Клименко, И. Л. Потапенко, В. Ю. Летухова // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 4. – С. 50-59. – EDN KVXYUD.
6. Федорова, С. А. Проблема современного благоустройства городских зон на примере Центральной площади г. Ижевска / С. А. Федорова, А. В. Федоров // Современные проблемы истории и теории архитектуры. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский ГАСУ, 2022. – С. 185-189. – EDN GBOZQE.
7. Федоров, А. В. История озеленения и цветочное оформление города Ижевска / А. В. Федоров, Н. М. Кузьмина, О. А. Ардашева. – Ижевск: Удмуртский ФИЦ РАН, 2020. – 132 с. – EDN RBUVZC.
8. Application of the Field-Map software and hardware complex for creating GIS of urban green spaces and Botanical gardens collections / A. I. Repetskaya, S. O. Vishnevski, I. G. Savushkina [et al.] // Earth and Environmental Science, 2020. – P. 012069. – DOI 10.1088/1755-1315/574/1/012069. – EDN SGEOIX.
9. Солтани, Г. А. Использование растительных ресурсов ботанических садов для проведения эколого-просветительских мероприятий / Г. А. Солтани // Ботанические сады в современном мире. Том выпуск 4, 2023. – С. 123-125. – DOI 10.24412/cl-36595-2023-4-123-125. – EDN WGEWZN.

10. Солтани, Г. А. Символика тайных обществ в Сочинском «Дендрарии» / Г. А. Солтани // Ландшафтная архитектура в эпоху глобализации. – 2022. – № 3. – С. 48-60. – DOI 10.37770/2712-7656-2022-3-48-60. – EDN KYGKLP.
11. Березина, В. В. Особенности ассортимента и архитектурно - планировочной композиции скверов Ростова - на - Дону / В. В. Березина, Б. Л. Козловский, М. В. Куропятников // Живые и биокосные системы. – 2022. – № 42. – DOI 10.18522/2308-9709-2022-42-1. – EDN LSDQUV.
12. Наумцев, Ю. В. Позвольте Природе стать Вашим учителем! / Ю. В. Наумцев, П. Олин // Современные концепции и практические методы сохранения фиторазнообразия. Центральный ботанический сад НАН Беларуси, Гродненский ГУ. – Минск: Колорград, 2019. – С. 23-27. – EDN VFUFHC.
13. Мирненко, Н. С. Пыльца как тест-система индикации неблагоприятной городской среды (на примере г. Донецка) / Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 12-17. – EDN JQCOXN.
14. Калинина, А. В. Травянистые фитоценозы придорожной территории г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 3. – С. 6-11. – EDN RMXEAQ.
15. Беспалова, С. В. Математическое моделирование в системе экологического фитомониторинга Донбасса / С. В. Беспалова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN KUQQSL.
16. Глухов, А. З. Методологические аспекты фитомониторинга в антропогенно трансформированной среде / А. З. Глухов, А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2023: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонГУ, 2023. – С. 58-59. – EDN QFUQBM.
17. Гермонова, Е. А. ГИС-фитоиндикация при анализе факторов войны: полемостресс в Донбассе / Е. А. Гермонова // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем. – Киров: Вятский государственный университет, 2023. – С. 36-41. – EDN FWJYJH.
18. Гермонова, Е. А. Геоинформационная визуализация данных по атипичному морфогенезу растений экотопов Донбасса / Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 1-2. – С. 13-22. – EDN QECLTU.
19. Горецкий, О. С. К 100-летию основателя Донецкого ботанического сада М.Л. Ревы (1922-1996) / О. С. Горецкий, Т. П. Столярова // Историко-биологические исследования. – 2023. – Т. 15, № 1. – С. 187-204. – DOI 10.24412/2076-8176-2023-1-187-204. – EDN CHZGFD.
20. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
21. Абуснайна, М. В. Опыт организации Студенческого научного общества кафедры ботаники и экологии Донну / М. В. Абуснайна // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 10-14. – EDN YENEJD.
22. Руденко, Е. П. Индикаторы для оценки урбанизированной среды и техногенного воздействия в Донбассе / Е. П. Руденко // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 108-112. – EDN ETRPEE.
23. Мозговенко, К. А. Зеленая архитектура промышленно развитого Донецка: эстетика, комбинаторика стилей / К. А. Мозговенко // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 85-90. – EDN TCJSVK.

GEOMETRICAL FEATURES IN LANDSCAPE ARCHITECTURE OF DONETSK

Annotation. Using the example of individual recreational zones (park areas) of Donetsk, indicators of geometric diversity in existing structures during the planning and functional operation of the territory are considered. The implemented geometric identification of individual structural elements of parks allows us to state a high level of application of landscape architecture methods in the anthropogenically loaded city of the South of Russia.

Keywords: landscape architecture, Donetsk, Donbass, design, landscaping, planning, mathematics in green construction, phytoindication.

Safonov R.A.

Scientific adviser: Kalinina Yu.S., assistant of the Department of Botany and Ecology
Donetsk State University
E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 504 : 628(477.60)

РИЗОЛОГИЧЕСКОЕ ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ ПОЧВ ДОНБАССА

Турчанинова А.В.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. Для образцов почв геохимически контрастного Донбасса были проведены мероприятия по выявлению качественных реакций в структуре корневых апексов для возможной индикации специфических или совместных загрязнений. Метод ризологического тестирования разработан в лаборатории Донецкого государственного университета в рамках мониторинговой программы по диагностике природных и антропогенно трансформированных экосистем Северного Приазовья. На графическом материале обозначены структурные модификации в привязке к мониторинговым точкам с высокими концентрациями токсических элементов.

Ключевые слова: Донбасс, фитоиндикация, фитотестирование, экологический мониторинг, оценка почв, фитотоксичность, квантификация территории.

Оценка качества эдафической среды является приоритетным направлением экологических исследований [1, 2], что реализуется в эколого-ботанических и геохимических исследованиях в ведущих научных школах России [1, 3–5] и требует обязательной функциональной связи в изучении для понимания благоприятной среды проживания человека [6]. Диагностика эдафотопов [7], эколого-токсикологические экспертизы [8] и комплексные биоиндикационные исследования в Донбассе [9–11] формируют актуальную базу для проведения фитоиндикационных разработок эколого-мониторингового назначения [12–16].

Цель работы – определить наличие качественных структурных реакций по ризологическому методу для эдафических субстратов, собранных в местах интенсивного поллютостресса – узлах локализации мониторинговой сети в Центральном Донбассе.

В основе механизма проработки метода ризологического учета специфических реакций лежит принцип соответствия постановки эксперимента в соответствии с территориальным распределением загрязнителей в Донбассе, чтобы осуществить отбор образцов почв в реальных условиях металлического загрязнения. Сбор образцов производили в местах учета данных существующей мониторинговой сети [17, 18]. Использовали имеющиеся данные о загрязнении почв Донбасса, полученные в актуальном разрезе времени [19–21].

Экспериментальная часть работы состояла в этапе полевых сборов благодаря совместной работе в рамках студенческого научного общества (СНО) кафедры ботаники и экологии на биологическом факультете Донецкого государственного университета [22, 23], что позволило отобрать для ризологического эксперимента 30 образцов почв в особо загрязненных участках и в дальнейшем провести качественный анализ растительного материала при проращивании в лабораторных условиях на полученных эдафических субстратах (по водной вытяжке).

В работе по ризологической идентификации использовали данные по строению (в первую очередь – осевой асимметричности) корневого чехлика, целостности ткани дерматогена. Для картографических моделей по распределению загрязнителей (рис. 1–4) были получены основные морфоструктурные отклонения, которые рассматриваются нами как фитоиндикационная реакция на действие факторов загрязнения. Идентифицировать для почв реального сбора основное действующее токсическое вещество не представляется корректно возможным, поэтому на уровне модельных

реакций были представлены основные варианты отклонений от нормы в строении тканей.



Рис. 1 – Ризологические эффекты загрязнения почвенного субстрата ртутью, на примере двух мониторинговых точек



Рис. 2 – Ризологические эффекты загрязнения почвенного субстрата синцом, на примере двух мониторинговых точек

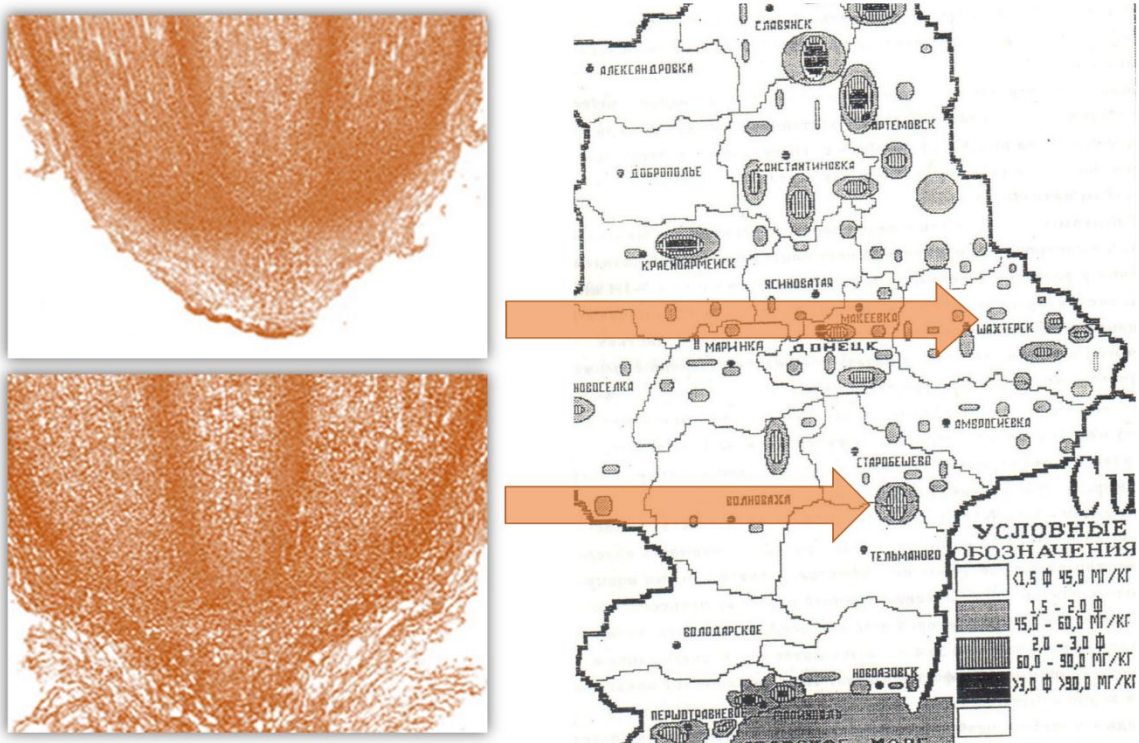


Рис. 3 – Ризологические эффекты загрязнения почвенного субстрата медью, на примере двух мониторинговых точек

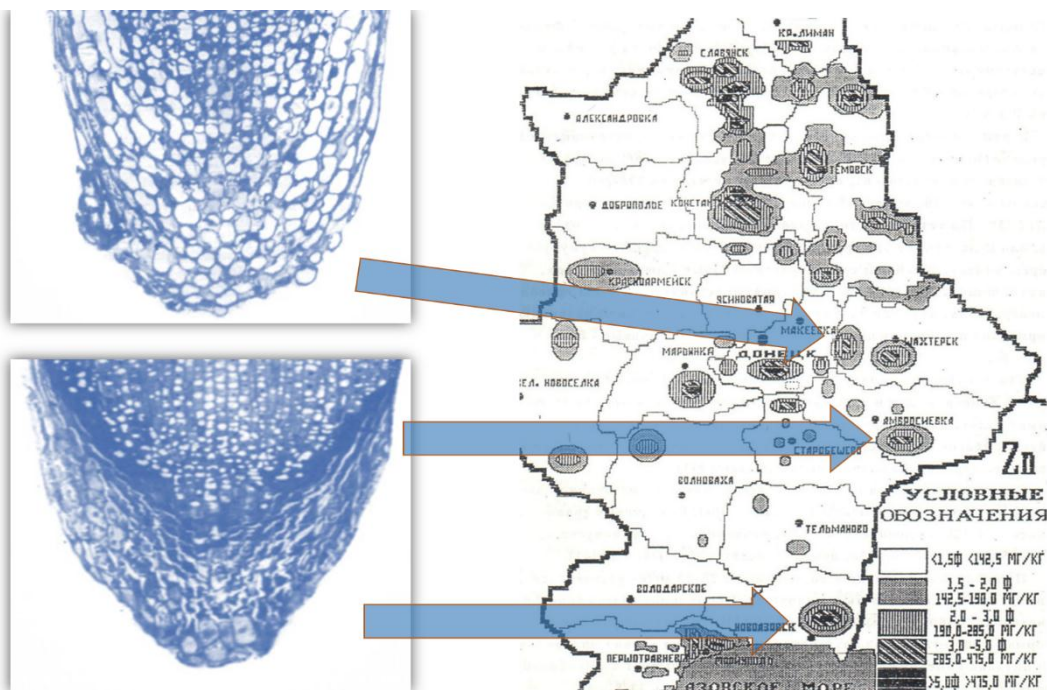


Рис. 4 – Ризологические эффекты загрязнения почвенного субстрата цинком, на примере двух мониторинговых точек

Выбор металлов-загрязнителей для анализа был связан с проведенными ранее исследованиями в геохимической идентификации ландшафтных профилей [22].

В итоге, для обобщения основных показателей и результатов ризологического тестирования, было использовано пять индикаторных ключевых показателей. Эти данные объединили в расчет 5-балльной шкалы для рабочей версии оценки уровня токсического воздействия отдельного субстрата.

В числе диагностируемых тканей выделили функциональную зависимость для:

- дерматокалипрогена,
- периблемы,
- эпиблемы и
- плеромы.

Обязательно нужно отметить, что именно на уровне «почвенный раствор – зона всасывания, корневой чехлик» осуществляется первый биогеохимический барьер при поступлении веществ в растительный организм (если брать во внимание онтогенетические преобразования с первых этапов прорастания семени). В диагностике токсических веществ это важный этап оценки токсичности и при контакте зародышевого корешка с первыми веществами в транспортной фитосорбционной колонке. Считаем, что фрагментарно результаты этой серии эксперимента должны быть использованы и в диагностике экотопов, пострадавших в результате военного конфликта на территории Донбасса за последние 10 лет.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нормирование химического загрязнения почв по степени нарушения их экологических функций / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, Т. В. Денисова, Е. В. Даденко // Экология и промышленность России. – 2011. – № 11. – С. 56-59. – EDN OJMGNP.
2. Разработка региональных экологических нормативов содержания загрязняющих веществ в почвах Юга России / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, Т. В. Денисова, Е. В. Даденко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 82. – С. 152-168. – EDN PGKYLD.
3. Голубев, Ф. В. Геохимическая экология растений - перспективное направление биогеохимии / Ф. В. Голубев, В. В. Ермаков // Биогеохимия - научная основа устойчивого развития и сохранения здоровья человека. – Тула: ТулГПУ, 2019. – С. 26-28. – EDN KGHNHF.
4. Ермаков, В. В. Современное развитие биогеохимических идей В.И. Вернадского / В. В. Ермаков // Геохимия. – 2023. – Т. 68, № 10. – С. 995-1008. – DOI 10.31857/S0016752523100047. – EDN YHRINA.
5. Ермаков, В. В. Техногенез биосферы и биогеохимическое преобразование ее таксонов / В. В. Ермаков // Экологический мониторинг окружающей среды. – Новосибирск: Золотой колос, 2016. – С. 76-95. – EDN WOBGLP.
6. Епринцев, С. А. Геоинформационное картографирование урбанизированных территорий как механизм социально-экологического мониторинга / С. А. Епринцев, С. В. Шекоян // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – 2019. – № 4. – С. 25-28. – DOI 10.23885/2500-123X-2019-2-4-25-28. – EDN SSYGGR.
7. Калинина, А. В. Диагностика эдафотопов некоторых отвалов угольных шахт г. Макеевки методами фитотестирования / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 1-2. – С. 6-12. – EDN OJDSTP.
8. Корниенко, В. О. Экологическая оценка загрязнения питьевой воды, воздуха и почв города Донецка тяжёлыми металлами / В. О. Корниенко, Е. А. Бригневич // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 261-264. – EDN YWGWJD.
9. 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 KUQSSL.
10. 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.

11. Safonov, A. I. Approbation of botanical expertise method in ecological monitoring / A. I. Safonov // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Vol. 10, No. 2. – P. 219-221. – EDN WBLOSD.
12. Сафонов, А. И. Фитоэмбриональный скрининг в экологическом мониторинге Донбасса / А. И. Сафонов // Зеленый журнал - Бюллетень ботанического сада Тверского государственного университета. – 2017. – № 3. – С. 5-12. – EDN UYNXGO.
13. Сафонов, А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 3-4. – С. 23-29. – EDN YUDMKW.
14. *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.
15. Сафонов, А. И. Фоновые фитоиндикационные реакции на факторы военных действий в Донбассе / А. И. Сафонов // Актуальные экологические проблемы и экологическая безопасность в современных условиях. – Саратов: Саратовский государственный университет, 2023. – С. 345-351. – EDN ОКМКIN.
16. Киселева, Д. В. Принципы создания шкал анатомо-морфологической пластичности фитоиндикаторов техногенного региона / Д. В. Киселева // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 117-119. – EDN YWGVLG.
17. Гермонова, Е. А. Анализ ботанико-экологической информации по геолокации в промышленном Донбассе / Е. А. Гермонова // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2019. – С. 202-204. – EDN XFYXFQ.
18. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
19. Алемасова, А. С. Тяжелые металлы в фитосубстратах - индикаторы антропогенного загрязнения воздуха в промышленном регионе / А. С. Алемасова // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2022. – Т. 26, № 6. – С. 5-13. – DOI 10.18698/2542-1468-2022-6-5-13. – EDN XRXDNV.
20. 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.
21. Сафонов, А. И. Эмпирические критерии фитомониторинга техногенной нагрузки в Донбассе / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Экобиотех. – 2021. – Т. 4, № 3. – С. 195-202. – DOI 10.31163/2618-964X-2021-4-3-195-202. – EDN UXLNLJ.
22. Суецкая, Я. А. Апробация геохимических и фитоиндикационных профилей маршрутным способом в Центральном Донбассе / Я. А. Суецкая, Д. В. Иванова // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 113-117. – EDN FFDJIW.
23. Турчанинова, А. В. Видометаллоспецифичность в фитотестировании / А. В. Турчанинова // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 122-125. – EDN RWGEZY.

RHIZOLOGICAL PHYTOTESTING OF SOILS OF DONBASS

Annotation. For soil samples from the geochemically contrasting Donbass, measures were taken to identify qualitative reactions in the structure of root apexes for possible indication of specific or joint contamination. The rhizological testing method was developed in the laboratory of Donetsk State University as part of a monitoring program for diagnosing natural and anthropogenically transformed ecosystems of the Northern Azov region. The graphic material shows structural modifications in relation to monitoring points with high concentrations of toxic elements.

Keywords: Donbass, phytointication, phytotesting, environmental monitoring, soil assessment, phytotoxicity, territory quantification.

Turchaninova A.V.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology
Donetsk State University
E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581.15 : 581.4 (477.60)

ПРЕДСТАВИТЕЛИ АСТРОВЫХ В ПРОГРАММАХ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ ФИТОМОНИТОРИНГУ

Удод Я.А.

Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой ФГБОУ ВО «ДонГУ»

Аннотация. В статье представлены отдельные блоки изучения представителей семейства астровых в Донбассе для проведения многоцелевого экологического мониторинга на аутоэкологическом и синэкологическом уровнях с учетом морфологических параметров как крупных маркерных признаков, так и мелких деталей в строении микроструктур, например, пыльцевых зерен, диагностируемых только при микроскопировании.

Ключевые слова: фитоиндикация, пыльца, Донецк, Донбасс, экологический мониторинг, астровые, оценка загрязнения.

Для крупного промышленного региона, которым является Донбасс [1–4], очень важно проводить планомерный и детальный экологический мониторинг в рамках общих биоэкологических программ изучения и развития региона [2, 5–9], в том числе по ботанико-экологическим параметрам [7, 10].

Цель работы – на примерах ботанико-экологической пластичности представителей семейства астровых в Донбассе выделить индикаторные приоритетные способности и функции этих растений в проведении экологического мониторинга и фитоквантификации региона.

Астровые занимают лидирующие позиции в сорно-рудеральной фракции флоры Восточной Европы и в частности Северного Приазовья, имеют многие показатели структурной пластичности для проведения достоверного мониторингового эксперимента по сравнению экотопов друг с другом и по уровню антропогенной нагрузки на природные экосистемы [11–14]. Нами использованы критерии в строении этой систематической группы растений по следующим группам признаков: палинологические по учету количества и качественного состава пыльцевых зерен в аэропалинологических наблюдениях [13], гистологические по межклеточной дифференциации и идентификации гиперфункций отдельных функционально активных внутренних конформационных или покровных тканей [14], тератологические критерии для семенного материала и микроструктур проводящей системы [15–17]. Апробированные в учебном процессе научные методы [18] являются также ресурсом для реализации широкотерриториальных ландшафтных методов учета экологических характеристик [19–21]. Используемая методика работы с растительным материалом также представлена в наших предыдущих публикациях [22] в рамках работы в составе студенческого научного общества биологического факультета Донецкого государственного университета [23].

Сбор всех материалов в полевых условиях осуществляли на территории города Донецка и его агломерационных систем, а также использовали образцы растений, собранных другими студентами кафедры для расширения географии эксперимента и сравнении с собственными результатами. Модельным объектом изучения был выбран козлобородник большой (рис. 1), а также виды рода полынь в своем широком разнообразии представленности на сорно-бытовых полигонах и в заповедных объектах Донецкой Народной Республики (рис. 2). В морфологическом строении растений были отмечены существенные трансформации, если перемещаться в градиенте антропогенной

нагрузки при сборе материала по направлению к увеличению фактора неблагоприятного воздействия на растительные организмы.

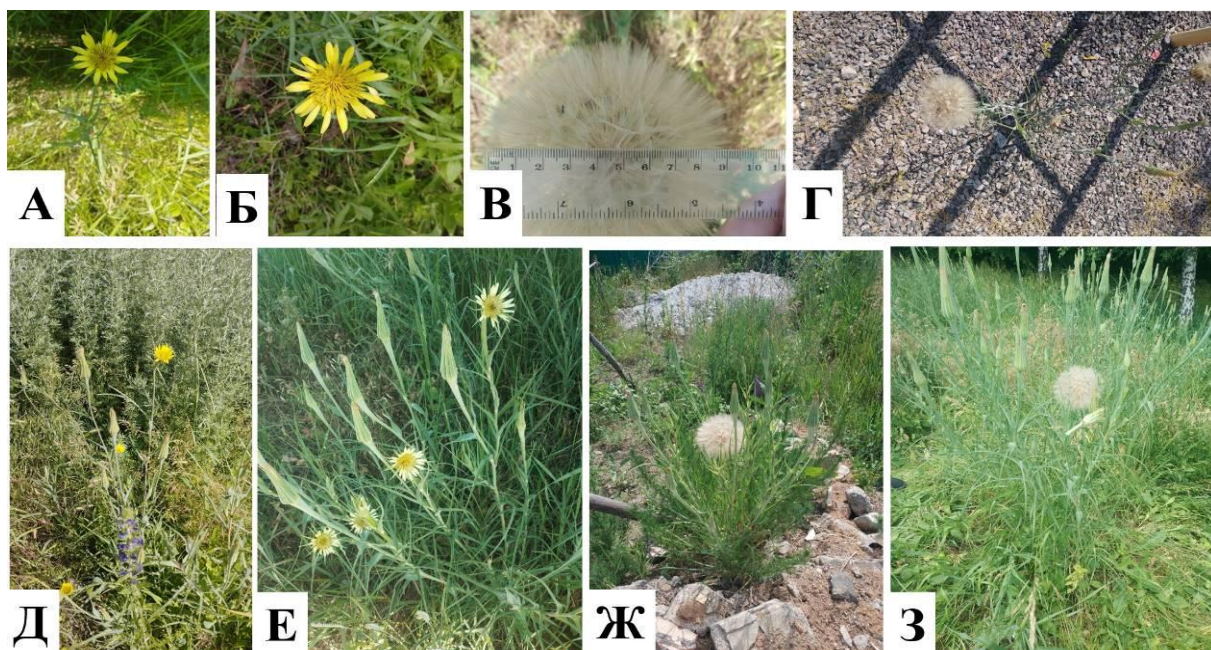
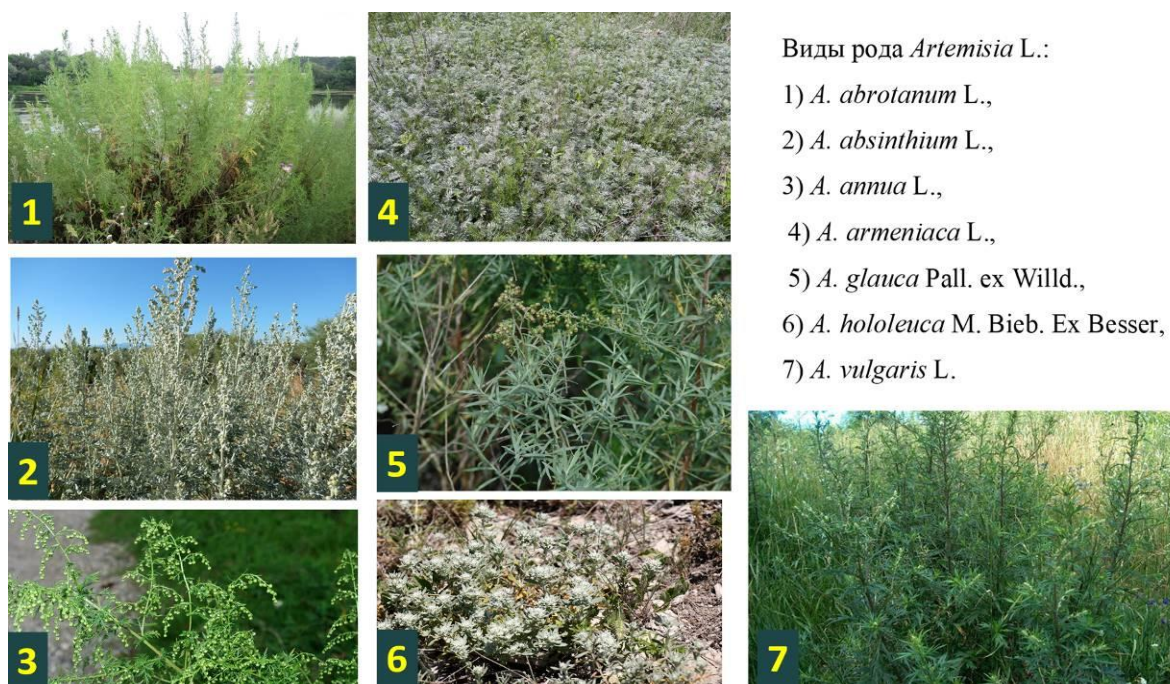


Рис. 1 – Морфотипическое разнообразие козлородника большого в системе мониторинга Северного Приазовья



Виды рода *Artemisia* L.:

- 1) *A. abrotanum* L.,
- 2) *A. absinthium* L.,
- 3) *A. annua* L.,
- 4) *A. armeniaca* L.,
- 5) *A. glauca* Pall. ex Willd.,
- 6) *A. hololeuca* M. Bieb. Ex Besser,
- 7) *A. vulgaris* L.

Рис. 2 – Видовое разнообразие полыней в Донбассе, – представителей рода, используемого для экологического мониторинга состояния биотопов

Исползовали для сравнения показатели жизненной формы, жизненного состояния, наличия у растений морфотипических аномалий, связанных с нарушением как вегетативной, так и генеративной систем индивидуального развития.

При габитуальном моделировании существенное значение имеет фитоценотическое позиционирование вида и компактизация экологических ниш.

Например, для видов козлобородника большого и висилька раскидистого установлена тенденция смены габитуального полицентрирования на монтопическую составляющую при описании внешнего строения единичной особи в сообществе (рис. 3). Стратегия захвата территории описана как эксплерентная путем формирования большого количества семенного материала при наличии свободных ниш в результате механического нарушения почвенного и растительного покрова, что также актуально для мест ведения активных боевых действий.



Рис. 3 – Габитуальная разнокачественность астровых в условиях фитоценотической сомкнутости сорно-бытовых полионога в Донбассе (стрелками показаны направления формирования моноцентричной архитектоники)

Богатое представительство астровых в летних спектрах июля и августа при определении доминирующих родов (рис. 4), что позволяет проводить отдельные диагностические экспертизы в донбассе по пыльце [13, 15, 16, 19, 20].

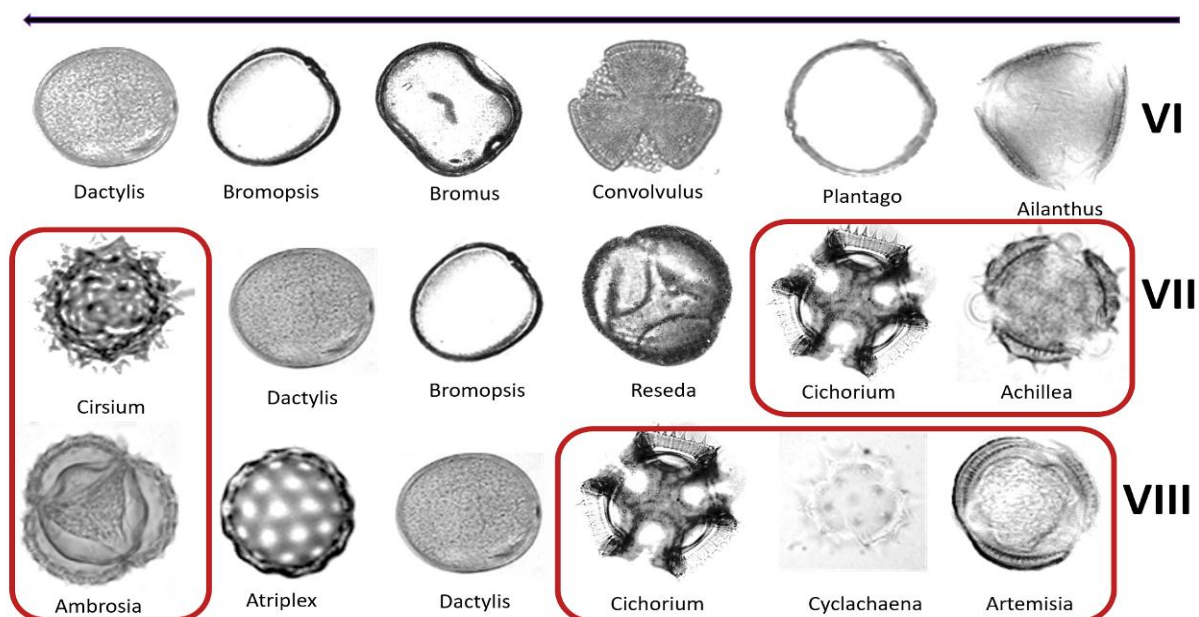


Рис. 4 – Палиноспектры доминирующих родов по летним месяцам в г. Донецке (представители астровых выделены в отдельные франции диагностики)

В задании практического выполнения было также распределить некоторые признаки по информативности в соответствии с геохимическим профилями, разработанными и предложенными для учета в рамках работы СНО биологического факультета [23]. В перечне важных показателей определены следующие:

- частота встречаемости особей с нетипичным строением цветков,
- градиентное увеличение случаев высокой степени деформации пыльцевых зерен при их стандартной процедуре окрашивания,
- изменение габитуальной модели состояния при архитектурном моделировании побеговой системы верхней формации особей;
- формовое разнообразие в строении листовой пластинки нижней формации (преимущественно в розеточных составляющих) – доминирующая характеристика по асимметричности верхушки и центральной жилки листового аппарата.

Таким образом, представили таксономической группы семейства астровых, обладая характеристиками широкой экологической амплитуды и валентностью к неблагоприятным условиям существования, а значит высоким коэффициентом выживания в местах антропогенных трансформаций, являются индикаторными видами ландшафтного эксперимента, что успешно внедряется в разных аспектах экомониторинга в Донбассе.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Критерии оценки экологического состояния среды по порогам чувствительности биоиндикаторов / С. В. Беспалова, О. С. Горещкий, А. З. Глухов [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2011. – № 1. – С. 25-43. – EDN VKPJBC.
2. Определение порогов чувствительности биоиндикаторов на действие экологически неблагоприятных факторов среды / С. В. Беспалова, О. С. Горещкий, А. З. Глухов [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2010. – № 1(10). – С. 9-25. – EDN DGQGOX.
3. Концептуальные подходы к нормированию в системе экологического биомониторинга / С. В. Беспалова, О. С. Горещкий, А. З. Злотин [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2013. – № 1. – С. 8-15. – EDN XRAESD.
4. Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций / С. В. Беспалова, О. С. Горещкий, М. В. Рева [и др.] // Степная Евразия - устойчивое развитие: Ростов-на-Дону: ЮФУ. – С. 179-181. – EDN LUJGKG.
5. Корниенко, В. О. Экологическая оценка загрязнения питьевой воды, воздуха и почв города Донецка тяжёлыми металлами / В. О. Корниенко, Е. А. Бригневич // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 261-264. – EDN YWGWJD.
6. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621085 РФ. Механическая устойчивость, аварийность и экология основных видов-озеленителей города Донецка: № 2020620885: заявл. 08.06.2020: опублик. 30.06.2020 / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев, А. П. Преображенский [и др.]; заявитель Воронежский государственный университет. – EDN LOZMIN.
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.
8. Кольченко, О. Р. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка / О. Р. Кольченко, В. О. Корниенко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 3-4. – С. 151-161. – EDN PAUIGC.
9. Сафонов, А. И. Фронтальный спектр фитодиагностики в Донбассе (2018-2019 гг.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2019. – С. 270-271. – EDN LJTXSY.

10. 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.
11. Сафонов, А. И. Опорные разработки в рамках тематического направления по ботанике антропогенеза (2022 г.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2022. – С. 113. – EDN ZSZAOG.
12. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
13. Сафонов, А. И. Идентификация некоторых родов астровых по палинологическим отпечаткам / А. И. Сафонов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2021. – № 3. – С. 69-77. – EDN XZGHLZ.
14. Сафонов, А. И. Тканевая диагностика эмбриональных структур фитоиндикаторов Донбасса / А. И. Сафонов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2020. – № 3-4. – С. 110-115. – EDN DXVKCE.
15. Сафонов, А. И. Аномалии эмбриональных структур растений-индикаторов Донбасса / А. И. Сафонов // Разнообразии растительного мира. – 2022. – № 3(14). – С. 5-18. – DOI 10.22281/2686-9713-2022-3-5-18. – EDN GQUFYH.
16. Safonov, A. I. Approbation of botanical expertise method in ecological monitoring / A. I. Safonov // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Vol. 10, No. 2. – P. 219-221. – EDN WBLOSD.
17. Сафонов, А. И. Структурная разнокачественность эмбриональных структур фитоиндикаторов в Донбассе / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 3-4. – С. 23-29. – EDN YUDMKW.
18. Введение в специализацию на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова, Э. И. Мирненко // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 196-197. – EDN XMTXGP.
19. Сафонов, А. И. Палинологический скрининг в мониторинговой программе Центрального Донбасса / А. И. Сафонов, Н. С. Мирненко // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 43-48. – EDN KCBQTF.
20. Сафонов, А. И. Диагностика воздуха в г. Донецке по спектру скульптур поверхности пыльцы сорно-рудеральных видов растений / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2016. – № 1-2. – С. 18-24. – EDN YTUHVC.
21. Калинина, А. В. Карполого-индикационная значимость рудералов в условиях городской среды / А. В. Калинина, А. А. Исиков // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 312-314. – EDN YUAPBH.
22. Удод, Я. А. Биомониторинг урбосистемы Донецко-Макеевской агломерации на основе параметров ценопопуляций *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC / Я. А. Удод // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2020. – Т. 1, № 12. – С. 152-156. – EDN QWATUO.
23. Суецкая, Я. А. Апробация геохимических и фитоиндикационных профилей маршрутным способом в Центральном Донбассе / Я. А. Суецкая, Д. В. Иванова // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 113-117. – EDN FFDJIW.

ASTER REPRESENTATIVES IN ECOLOGICAL PHYTOMONITORING PROGRAMS

Annotation. The article presents separate blocks of studying representatives of the Asteraceae family in the Donbass for conducting multi-purpose environmental monitoring at the autecological and synecological levels, taking into account the morphological parameters of both large marker characters and fractional details in the structure of microstructures, for example, pollen grains, diagnosed only by microscopy.

Keywords: phytoindication, pollen, Donetsk, Donbass, environmental monitoring, Asteraceae, pollution assessment.

Udod Y.A.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581.9 : 58.006 : 502.75 : 712.253 : 57.087 (477.60)

ГЕРБАРИЙ КАФЕДРЫ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ КАК ИСТОЧНИК КЛИМАТИЧЕСКИЙ ДАННЫХ В ДОНБАССЕ С 1965 ГОДА

Чунаева Н.В.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. Установлена возможность проведения ретроспективного анализа по данным гербарных образцов кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета при сравнении структур растений одного геолокалитета в разные годы, чтобы выделить некоторые микроклиматические характеристики и установить тренды в условиях общей трансформации климата в регионе, или хотя бы зафиксировать имеющиеся данные. В репрезентативной выборке большое значение имеют сорно-рудеральные виды и виды растений при формировании в специфических эдафических условиях.

Ключевые слова: гербарий, климатические факторы, структура растений, климат-зависимые показатели, фитоиндикация, Донбасс, экологический мониторинг.

Гербарные коллекции в НИИ и вузах представляют собой уникальные и многофункциональные собрания сведений о регионах [1–3], например, по вопросам проведения мониторинговых исследований [4, 5], что также представляет собой научный интерес в совокупности с реализуемыми комплексными экологическими программами [4, 6–8]. При формировании кафедрального ботанического фонда в донецком государственном университете значительная часть технологического труда была посвящена формированию полноценного гербария [9–13].

Цель работы – установить возможность проведения ретроспективного анализа по данным гербарных образцов кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета при сравнении структур растений одного геолокалитета в разные годы, чтобы выделить некоторые микроклиматические характеристики и установить тренды в условиях общей трансформации климата в регионе, или хотя бы зафиксировать имеющиеся данные; для репрезентативной выборки среди сорно-рудеральных видов и виды растений из специфических эдафических условий установить численную разницу в климат-зависимых структурах растений, проявляющих индикаторное значение.

Фитоиндикационный аспект изучения особенностей развития растительных организмов в разных условиях антропогенно трансформированной среды [8, 12, 14–20] положен в основу выявления структур, сопряжённых с климатическими факторами таким образом, чтобы можно было для каждого года установить фиксированное число таким образом, чтобы сравнивать его на протяжении 50–55 лет с учетом сохранности гербарного образца. При этом существенным подспорьем являются сборы студентов и подготовка материалов в единых точках геосреды таким образом, чтобы можно было рассматривать их как климатические стационары по сбору данных и сравнению их за десятилетия в базах совместных коллекций со студенческим научным обществом биологического факультета Донецкого государственного университета [21–23].

Учитывая долгосрочность формирования гербарной коллекции, было принято решение проследить возможность фиксации некоторых структурных показателей растений для интерпретации микроклиматических трансформаций, связанных с годовыми характеристиками в первую очередь показателя влажности при оценке общей ксерофитизации и(или) пайноморфности растений.

В качестве иллюстративного материала предоставляем фотокопии некоторых гербарных образцов, используемых в курсах Большого практикума и методики ботанического эксперимента в школе (рис. 1) и Заповедного дела (рис. 2).



Рис. 1 – Образцы гербарного материала по охраняемым растениям Донбасса в контексте их уязвимости к антропогенным трансформациям, используются в учебной дисциплине Большой практикум

Необходимость проведения такого рода исследований продиктована также сложной системой сохранности коллекции в период военных действий в Донбассе.



Рис. 2 – Образцы гербарного материала по охраняемым растениям Донбасса в контексте их уязвимости к антропогенным трансформациям, используются в учебной дисциплине Заповедное дело

Для ретроспективного анализа и восстановления времени сборов правильно оформленные этикетки являются залогом успешной интерпретации данных.

Установлено, что наиболее целесообразно использовать вегетативные части растений – листовые пластинки по их вариабельности микроструктур:

- размеров и расположения друг устьиц относительно друга;
- по расстоянию между устьицами, расположенными в центральной зоне листовой пластинки (вне зоны крупных жилок);
- по плотности расположения устричного аппарата и характеристикам околоустьичных клеток;
- по разнице в общем узоре жилкования – по анастомозной сетке на нижней стороне листовой пластинки;
- характер опушения и наличие ретортообразных трихом нитчатого типа;
- по наличию кроющих трихом на нижней поверхности листовой пластинки;
- по имеющимся специфическим отложениям в кутикулярном слое верхней стороны листа.

На сегодня отрабатывается механизм адекватного изучения этих параметров таким образом, чтобы не повредить растительный материал и сохранить ценные экземпляры коллекции.

Таким образом, морфофункциональная пластичность растительных объектов может быть использована для ретроспективных климатических сценариев на территории Донбасса по гербарным данным, однако полученные первичные сведения нуждаются в детализации и статистическом учете полученных результатов, проверке достоверности сведений в контексте связей с особенностями произрастания видов в конкретных условиях.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ государственной регистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щербаков А. В., Сенатор С. А. Брянский гербарий БИН РАН (LE) и Черниговская ботаническая экспедиция под руководством И. И. Спрыгина // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2023. Т. 17, № 2. С. 191–199. DOI : 10.24412/2072-8816-2023-17-2-191-199. EDN : EBRYGJ.
2. Булохов А. Д., Панасенко Н. Н., Семенищенков Ю. А., Харин А. В., Купреев В. Э. Находки редких видов сосудистых растений и лишайников в Брянской области в 2018–2021 гг. // Разнообразие растительного мира. 2021. № 3 (10). С. 37–45. DOI : 10.22281/2686-9713-2021-3-37-45. EDN : VBOAPB.
3. Григорьевская А. Я., Владимиров Д. Р., Субботин А. С. Перспективы создания и практического использования регионального флористического ресурса «Цифровой гербарий сосудистых растений – VORG» // Коллекция как основа изучения генетических ресурсов растений и грибов. СПб. : Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, 2022. С. 10. EDN : RZDZNP.
4. Волдаева С. Ю., Волкова Е. М. Гербарий ТулГУ как основа для мониторинга флоры Тульской области // Вестник Тульского государственного университета. 2021. С. 607–612. EDN : HCCCPX.
5. Волдаева С. Ю., Волкова Е. М. Состояние гербарного фонда Тульского государственного университета // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2021. п. Заповедный : Издательский дом ВИП, 2021. С. 12–13. EDN : JONMIK.
6. Биогеография и биодиагностика почв Юга России / К. Ш. Казеев, Е. В. Даденко, Т. В. Денисова [и др.]. – Ростов-на-Дону : Ростиздат, 2007. – 226 с. – ISBN 978-5-7509-1132-5. – EDN XGLXQZ.
7. Урбозкодиагностика промышленных городов Центрального Черноземья / С. А. Куролап, О. В. Клепиков, Т. И. Прожорина [и др.] ; Российский научный фонд, Воронежский государственный университет. – Воронеж : Цифровая полиграфия, 2022. – 255 с. – EDN HEQQGA.
8. Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций / С. В. Беспалова, О. С. Горецкий, М. В. Рева [и др.] // Степная Евразия - устойчивое развитие: Ростов-на-Дону: ЮФУ. – С. 179-181. – EDN LUJGKG.
9. Горецкий, О. С. К 115-летию выдающегося биолога Фёдора Львовича Щепотьева (1906-2000) / О. С. Горецкий, Т. П. Столярова, А. И. Сафонов // Историко-биологические исследования. – 2021. – Т. 13, № 4. – С. 169-183. – DOI 10.24412/2076-8176-2021-4-169-183. – EDN ZUJVDA.

10. Горещкий, О. С. К 100-летию основателя Донецкого ботанического сада М.Л. Ревы (1922-1996) / О. С. Горещкий, Т. П. Столярова, А. И. Сафонов // Историко-биологические исследования. – 2023. – Т. 15, № 1. – С. 187-204. – DOI 10.24412/2076-8176-2023-1-187-204. – EDN CHZGFD.
11. Сафонов, А. И. Ландшафтно-индикационные разработки как элемент оптимизации техногенных экотопов (к 100-летию профессора М. Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3-4. – С. 7-15. – EDN UALPJK.
12. Сафонов, А. И. Структурные аспекты оптимизации и фитоиндикации ландшафтов Донбасса (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) / А. И. Сафонов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 1. – С. 135-140. – EDN AXOXSS.
13. Петкогло, О. В. Ретроспективный анализ интерьерной и ландшафтной фитооптимизации промышленной среды (к 100-летию профессора М.Л. Ревы) / О. В. Петкогло // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2022. – № 3. – С. 72-79. – EDN GTDLEL.
14. 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.
15. Сафонов, А. И. Экологические сети фитомониторингового назначения в Донбассе / А. И. Сафонов, Е. А. Гермонова // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2019. – № 3-4. – С. 37-42. – EDN TZQVLA.
16. Сафонов, А. И. Экспозиции раритетных растений на кафедре ботаники и экологии Донецкого государственного университета / А. И. Сафонов // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2023. – № 4. – С. 18-33.
17. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020621085 РФ. Механическая устойчивость, аварийность и экология основных видов-озеленителей города Донецка: № 2020620885: заявл. 08.06.2020; опубл. 30.06.2020 / В. О. Корниенко, В. Н. Калаев, А. П. Преображенский [и др.]; заявитель Воронежский государственный университет. – EDN LOZMHN.
18. Кольченко, О. Р. Эколого-биологическая характеристика *Acer platanoides* L. в условиях г. Донецка / О. Р. Кольченко, В. О. Корниенко // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2019. – № 3-4. – С. 151-161. – EDN PAUIGC.
19. Калинина, А. В. Изменчивость морфометрических параметров *Oenothera depressa* Greene в ценопопуляциях трансформированных экотопов г. Макеевки / А. В. Калинина // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2022. – № 3-4. – С. 16-20. – EDN DEKIUI.
20. Калинина, А. В. Карполого-индикационная значимость рудералов в условиях городской среды / А. В. Калинина // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 312-314. – EDN YUAPBN.
21. Сафонов, А. И. Введение в специализацию на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова, Э. И. Мирненко // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 196-197. – EDN XMTXGP.
22. Сафонов, А. И. Фитомониторинг антропогенно измененной среды: формализация терминологии и реализация на практике / А. И. Сафонов, А. З. Глухов // Вестник Донецкого национального университета. Серия А: Естественные науки. – 2023. – № 3. – С. 62-70. – EDN NTNOHR.
23. Фомина, А. Д. Гербарное дело - основа научной идентификации данных о природе в Донбассе (на примере отдельных таксонов) / А. Д. Фомина // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 126-130. – EDN KBISUN.

HERBARIUM OF THE DEPARTMENT OF BOTANY AND ECOLOGY OF DONGU AS A SOURCE OF CLIMATE DATA IN DONBASS SINCE 1965

Annotation. The possibility of conducting a retrospective analysis based on the data of herbarium specimens from the Department of Botany and Ecology of Donetsk State University has been established when comparing the structures of plants of the same geolocality in different years in order to highlight some microclimatic characteristics and establish trends in the conditions of general climate transformation in the region, or at least record the available data. In a representative sample, weed-ruderal species and plant species are of great importance when formed under specific edaphic conditions.

Keywords: herbarium, climatic factors, plant structure, climate-dependent indicators, phytointication, Donbass, environmental monitoring.

Chunaeva N.V.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology

Donetsk State University

E-mail: kf.botan@donnu.ru

УДК 581 : 37.033 : 502.315 (477.60)

НАУКА В ОСНОВЕ ПРОСВЕТИТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА КАФЕДРЕ БОТАНИКИ И ЭКОЛОГИИ ДОНГУ

Шевчук Н.А.

*Научный руководитель: Сафонов А.И., канд. биол. наук, зав. кафедрой
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В статье освещены вопросы просветительской деятельности и образовательных мероприятий с участием сотрудников кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета путем популяризации научно-исследовательской работы, участия в научно-технических мероприятиях, повышения научного имиджа структурного подразделения университета в российском информационном поле и научно-образовательной среде. Приведены примеры научно-образовательной активности ботанико-экологического направления в обмене опытом с вузами и исследовательскими институтами Российской Академии наук.

Ключевые слова: экологическое образование, экологическое просвещение, фитоиндикация, фитомониторинг, ботанико-экологические исследования.

Структурные подразделения университета – отдельные кафедры, лаборатории, отделы – в обязательном порядке своей профессиональной деятельности предусматривают работу с молодёжью, профориентационную деятельность, применение образовательных технологий в распространении научных знаний в широком кругу заинтересованных людей. Наука университетского комплекса полифункциональна, апробация научных достижений всегда проходит через целый ряд процедур обсуждения, обоснования, в числе которых выделяются научно-технические мероприятия по обмену опытом, презентации собственной научной деятельности на конференциях, семинарах, круглых столах. Коллектив кафедры ботаники и экологии на современном этапе имеет свою специфику научной работы и стремится популяризировать исследования [1–5], что определенным образом сопряжено и с общим научными тенденциями биологического факультета ДонГУ [3, 6, 7], образовательных организаций и НИИ, близких по тематическому направлению деятельности [8–10].

Цель работы – на примере отобранного иллюстративного материала проанализировать и предоставить доказательства научно-образовательной функции сотрудников кафедры ботаники и экологии Донецкого государственного университета в популяризации научных достижений и поддержанию сотрудничества с учеными во всероссийском масштабе.

Накопленный методический опыт организации исследований и начальной работы со студентами [11, 12] позволяет реализовывать научные работы в рамках инициативных тем [13] и подготовки печатных изданий как продукта интеллектуальной деятельности [14–19] в опоре на лучшие российские практики осуществления исследовательской работы в широком социальном эксперименте [20] и обобщать достижения по всему региону [21]. Действенным механизмом реализации научной работы на местах является создание инициативных коллективов, наиболее продуктивным из которых является содружество студентов разных курсов в рамках работы студенческого научного общества (отдельной кафедры и университета в целом), что позволяет совместно и успешно решать многие задачи по изучению биоразнообразия в Донбассе и педагогической деятельности на основании полученных оригинальных знаний [22, 23].

Итогом коммуникационных научных работ сотрудников кафедры является богатый дидактический материал в методическом кабинете.

Прошедший с 28 по 30 ноября 2023 года III Конгресс молодых ученых (г. Сочи, «Сириус») с участием куратора СНО ДонГУ Анастасии Торбы рассматривается нами как реальное окно возможностей при обработке рекламных проспектов участников мероприятия (рис. 1, А), а также полученные пособия от кафедры биологии Тульского государственного университета (рис. 1, Б).

БИОЛОГИЯ
№9 2023

ПРИРОДА

Biolabmix®
ГОТОВЫЕ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ
БИОЛОГИИ

**УМНАЯ ЛИНЕЙКА
ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК.**

Контакты
sales@biolabmix.ru
8 800 500 88 76

D-CELLS
Эффективный протокол выделения ДНК
из клеток с оптическим спектром.

Выгода ДНК в 2 раза выше!
Набор для выделения ДНК из клеток животных и бактерий D-CELLS предназначен для выделения и очистки ДНК из следующих образцов:
1. культуры клеток млекопитающих
2. культуры клеток прокардиоцитов и тропобластомерных бактерий.

Выделенную ДНК вы можете использовать для проведения ПЦР, интратрансфекции, секвенирования и др.

Образцы лигируются в присутствии промывки, готовая смесь вводится в состав набора.

Номера в каталоге
D-Cell-30
D-Cell-50
D-Cell-200

Институт биологии им. А.Н. Бокла
(год основания: 1935)
Институт микробиологии им. С.М. Виноградского
(год основания: 1935)
Институт биоинженерии им. К.Г. Скрабина
(год основания: 1991)

>500
научных сотрудников

Установка искусственного климата

>400
научных публикаций в журналах WoS в год

3 рецензируемых научных журнала

>150
грантов и программ

2 диссертационных Совета

>350
аспирантов и студентов-практикантов

>50
научных публикаций в журналах WoS в год

3 центра коллективного пользования

>150
патентов и лицензий

Центр информационно-аналитической поддержки и мониторинга

2 научных совета РАН

3 центра коллективного пользования

>50
лабораторий и научных групп

Центр современных биотехнологий, Музей БИОТЕХ

Испытательная лаборатория

Федеральное государственное учреждение «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук»

119071 Российская Федерация, Москва, Ленинский проспект, дом 33, стр. 2
t +7 (495) 954-52-83 | info@fbio.ru | http://fbio.ru

BAIKAL
Межрегиональный научно-образовательный центр «БАЙКАЛ»

Иркутская область
Республика Бурятия

А

ШАГ 12
МИССИЯ - СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ. ТУЛЬСКАЯ ОБЛАСТЬ

Одним из главных направлений деятельности является сохранение биоразнообразия в Тульской области. В области биоразнообразия реализуется ряд мероприятий, направленных на сохранение биоразнообразия. В области биоразнообразия реализуется ряд мероприятий, направленных на сохранение биоразнообразия.

ШАГ 15
КОНФЕРЕНЦИЯ «ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ»

Тульская областная экологическая ассоциация проводит регулярные мероприятия в рамках экологического просвещения и сохранения биоразнообразия.

ВЕСТНИК
ТУЛЬСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Международная научная конференция «Изучение и сохранение биоразнообразия», посвященная 130-летию со дня рождения ученого-исследователя В.Е. Пучкова и 135-летию Крапивинской лесной школы 26 - 23 сентября 2023 г.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТЕПНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КУЗЬКОВА ПОЛЯ

Методы и результаты экспериментов

Туль 2022

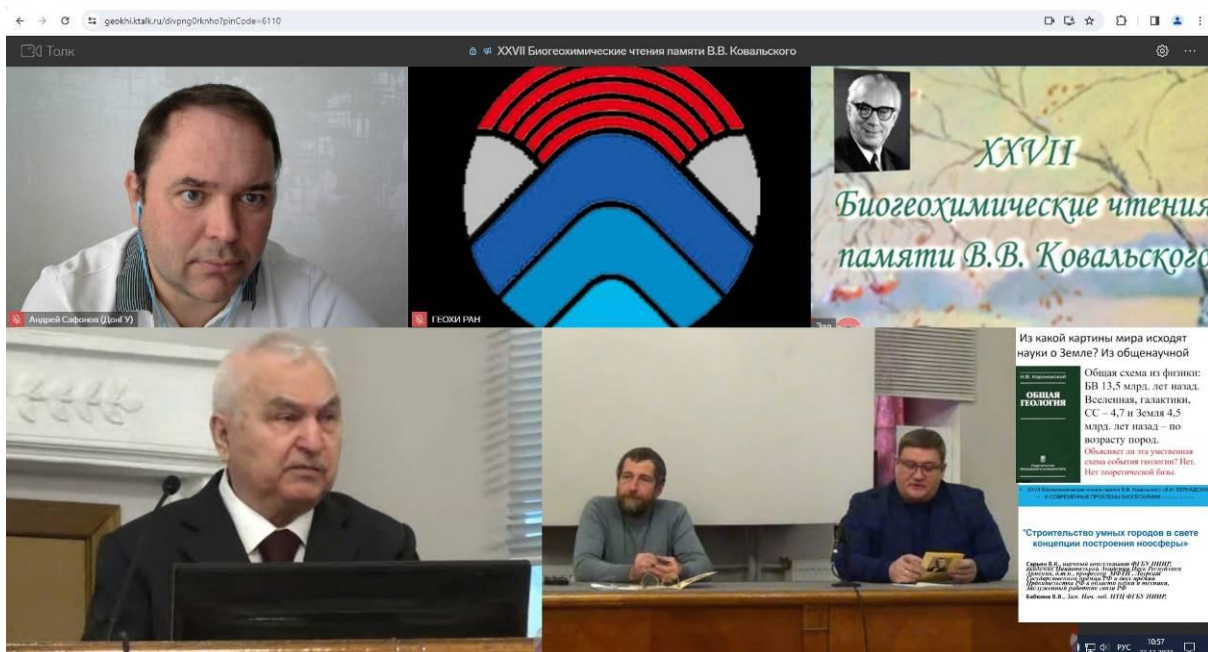
приоритетозоо
Тульская область

приоритетозоо
Международная научная конференция «ИЗУЧЕНИЕ И СОХРАНЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ» ПРОГРАММА

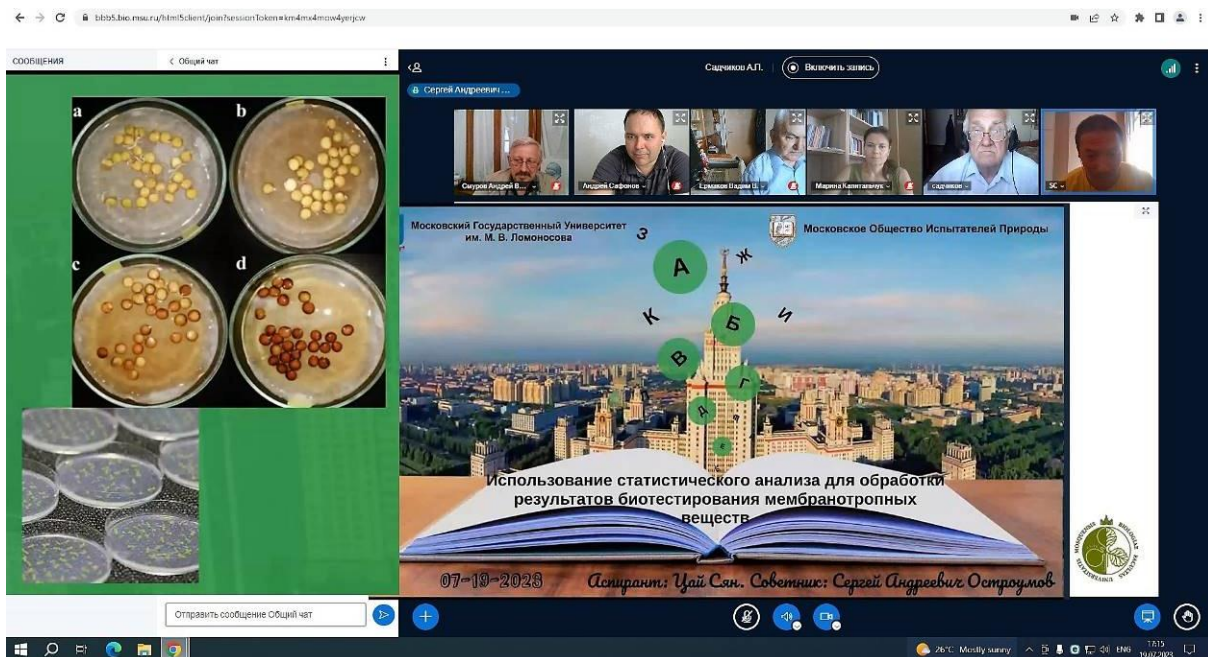
Б

Рис. 1 – Примеры пополнения иллюстративно-дидактическим материалом методического кабинета кафедры ботаники и экологии ДонГУ

В совокупности научно-технических мероприятий 2023 года по глубине и масштабам фундаментальных знаний выделяются 27-е Биогеохимические чтения памяти В.В. Ковальского, проведенные ведущим научным сотрудником Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН, профессором В.В. Ермаковым (рис. 2, А) и регулярное участие коллектива биологического факультета ДонГУ в заседаниях Московского общества испытателей природы (МОИП) под руководством отдельной секции гидробиологии профессором С.А. Остроумовым (рис. 2, Б) также являются обязательной частью исследовательской работы кафедры ботаники и экологии.



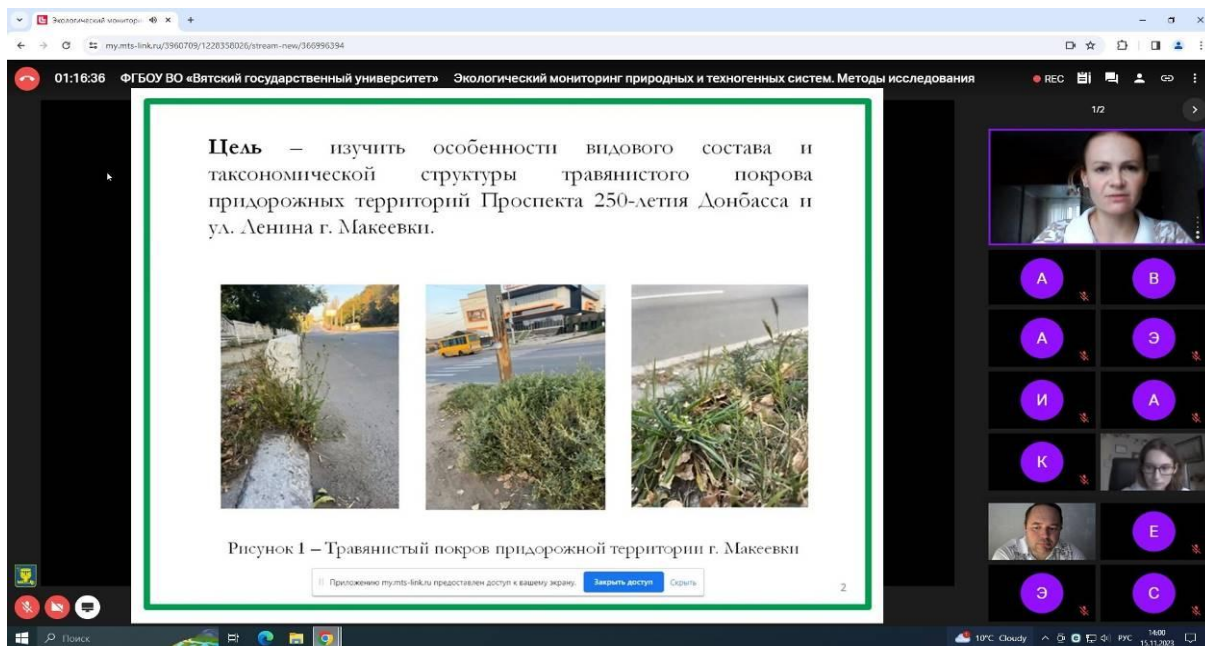
А



Б

Рис. 2 – Научно-технические мероприятия по биогеохимии (А) и гидробиологии (Б) с участием сотрудников ДонГУ (скрины с экрана), пояснения в тексте

Традиционной для коллектива кафедры ботаники и экологии является участие в ежегодной Международной конференции Вятского государственного университета по биодиагностике природных и антропогенных экосистем под руководством профессора Т.Я. Ашихминой (рис. 3, А) и конференциях, связанных с растениеводством, зеленой архитектурой городов, ландшафтным и фитодизайном в Академии им. К.А. Тимирязева (г. Москва) под руководством секции профессором А.В. Федоровым (рис. 3, Б).



А



Есть чувство великое самоотдачи,
Когда отдают, не потребовав сдачи,
Баклажку воды там, где нечего пить,
Иль грудью в бою амбразуру закрыть.

Г.И. Тараканов



1978



2003

Б

Рис. 3 – Примеры базовых и приоритетных международных конференции с участием сотрудников Донецкого государственного университета в 2023 году (скрины с экрана), пояснение в тексте

Для коллектива кафедры ботаники и экологии ДонГУ за годы военного противостояния на Донбассе (с 2014 г. по настоящее время) жизненно необходимым является сотрудничество с научно-исследовательскими и образовательными организациями Российской Федерации. Такое сотрудничество многосторонне развивается благодаря современным инфокоммуникационным технологиям и личному желанию ученых поддержать преподавательский состав биологического факультета Донецкого государственного университета в непростое время глобального социально-политического конфликта.

Таким образом, было выбрано несколько примеров успешного сотрудничества и реализации образовательных программ благодаря активной работе профессорско-преподавательского состава в научной сфере. Все исследовательские достижения обязательно используются при обучении студентов и школьников профильных классов в Донецкой Народной Республике, поэтому наука (естественнонаучный блок) является основой существования и развития высшего образования в регионе и служит опорой для подготовки специалистов-биологов и экологов в Донбассе.

Исследование выполнено в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ госрегистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Образовательные технологии подготовки биологов специализации по садово-парковому дизайну в Донецком национальном университете / А. И. Сафонов, А. З. Глухов, С. А. Приходько и др. // Проблемы и перспективы развития современной ландшафтной архитектуры: Симферополь: Ариал, 2017. – С. 73-75. – EDN ZKZGCB.
2. Петкогло, О. В. Научный ресурс ботанического музея в Донецке / О. В. Петкогло // Донецкие чтения 2016. – Донецк: ЮФУ, 2016. – С. 139-140. – EDN WCLWCT.
3. Авраимова, Т. В. Экологические разработки в Донбассе: библиографический учёт и популяризация научных исследований / Т. В. Авраимова // Научные и технические библиотеки. – 2023. – № 3. – С. 30-42. – DOI 10.33186/1027-3689-2023-3-30-42. – EDN BLUFHQ.
4. Сафонов, А. И. Опорные разработки в рамках тематического направления по ботанике антропогенеза (2022 г.) / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2022: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2022. – С. 113. – EDN ZSZAOG.
5. Сафонов, А. И. Специфика образовательных технологий на кафедре ботаники и экологии ДонНУ при подготовке студентами выпускных квалификационных работ / А. И. Сафонов // Развитие интеллектуально-творческого потенциала молодежи: из прошлого в современность. – Донецк: Донецкий национальный университет, 2018. – С. 274-275. – EDN YYPGBF.
6. Определение порогов чувствительности биоиндикаторов на действие экологически неблагоприятных факторов среды / С. В. Беспалова, О. С. Горещкий, А. З. Глухов [и др.] // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона. – 2010. – № 1(10). – С. 9-25. – EDN DGQGOX.
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/sn2023122107. – EDN BATLWA.
8. Исследование социально-экологических условий, определяющих устойчивое развитие регионов России / С. А. Епринцев, О. В. Клепиков, С. В. Шекоян, Е. В. Жигулина // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. – 2019. – Т. 1, № 4. – С. 212-216. – DOI 10.23885/2500-395X-2019-1-4-212-216. – EDN OIRUTJ
9. Нормирование химического загрязнения почв по степени нарушения их экологических функций / С. И. Колесников, К. Ш. Казеев, Т. В. Денисова, Е. В. Даденко // Экология и промышленность России. – 2011. – № 11. – С. 56-59. – EDN OJMGNP.
10. Ермаков В. В. Современное развитие биогеохимических идей В. И. Вернадского // Геохимия. 2023. Т. 68, № 10. С. 995–1008. DOI: 10.31857/S0016752523100047. EDN: YHRINA.
11. 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.
12. Введение в специализацию на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов, Н. С. Захаренкова, Э. И. Мирненко // Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности. – Донецк: Южный федеральный университет, 2016. – С. 196-197. – EDN XMTXGP.
13. Сафонов, А. И. Актуальные позиции индикационных разработок на кафедре ботаники и экологии ДонНУ / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2020: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2020. – С. 252-254. – EDN IGTWBF.
14. Сафонов, А. И. Преемственность экологического образования в системе "школа - университет - предприятие" / А. И. Сафонов // Экологическая ситуация в Донбассе. – 2016. – Т. 1. – С. 151-154. – EDN WKFUMF.
15. Сафонов, А. И. Специфика подготовки учебно-методической продукции ботанико-экологического содержания для научной библиотеки ДонНУ / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2019: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2019. – С. 294-297. – EDN AZCFDC.
16. Safonov, A. I. Approbation of Botanical Expertise Method in Ecological Monitoring / A. I. Safonov // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2014. – Vol. 10, No. 2. – P. 219-221. – EDN WBLOSD.
17. Safonov A. Indicator plants of anthropogenic disturbances: Scientific approach, educational technologies // E3S Web Conf. 2023. – 431. 01031. DOI: 10.1051/e3sconf/202343101031.
18. Safonov, A. Ecological scales of indicator plants in an industrial region / A. Safonov // BIO Web of Conferences. – 2022. – Vol. 43. – P. 03002. – DOI 10.1051/bioconf/20224303002. – EDN PUWEGC.
19. Сафонов, А. И. Фитоквантификация как информационный ресурс экологического мониторинга Донбасса / А. И. Сафонов // Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности. – Донецк: ДонНУ, 2018. – С. 216. – EDN YPAMWD.
20. Владимиров Д. Р., Гладилин А. А., Гнеденко А. Е. и др. Методика ведения фенологических наблюдений. СПб.: Альпина ПРО, 2023. – 208 с. EDN: HRYVJA.
21. Аспекты изучения биоразнообразия в Центральном Донбассе: инвентаризация, оценка природных сред, регистрация антропогенных трансформаций / С. В. Беспалова, О. С. Горецкий, М. В. Рева [и др.] // Степная Евразия - устойчивое развитие. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2022. – С. 179-181. – EDN LUJGKG.
22. Абуснайна, М. В. Опыт организации Студенческого научного общества кафедры ботаники и экологии Донну / М. В. Абуснайна // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 10-14. – EDN YENEJD.
23. Шевчук, Н. А. Анализ представленности актуальной научно-образовательной информации фитоиндикационного содержания в системе обучения / Н. А. Шевчук // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2023. – Т. 1, № 15. – С. 131-135. – EDN NDFQTQ.

SCIENCE BASED ON EDUCATIONAL ACTIVITIES AT THE DEPARTMENT OF BOTANY AND ECOLOGY DONSU

Annotation. The article covers issues of educational activities and educational events with the participation of employees of the Department of Botany and Ecology of Donetsk State University by popularizing research work, participating in scientific and technical events, increasing the scientific image of the university's structural unit in the Russian information field and scientific and educational environment. Examples of scientific and educational activity of the botanical and ecological direction in the exchange of experience with universities and research institutes of the Russian Academy of Sciences are given.

Keywords: environmental education, environmental education, phytoidication, phytomonitoring, botanical and ecological research.

Shevchuk N.A.

Scientific adviser: Safonov A.I. Ph.D., Head of the Department of Botany and Ecology
Donetsk State University
E-mail: kf.botan@donnu.ru

Физико-технические науки

УДК 004.584

РАЗРАБОТКА TELEGRAM-БОТА ДЛЯ РАБОТЫ МЕНЕДЖЕРА ПО ПРОДАЖАМ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ

Абрамова М.С.

*Научный руководитель: Бодряга В.Е., старший преподаватель
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. Представители большого и малого бизнеса берут за основу наличие электронных ресурсов в сфере сбыта продукции и взаимодействия с клиентами. Особое внимание уделяется вопросам скорости и качества работы менеджеров по продажам. Популярным средством автоматизации бизнес-процессов стали Telegram-боты.

Ключевые слова: Telegram-бот, PostgreSQL, Telegram Bot API, Aiogram.

Введение.

В современном мире цифровых технологий, сфера продаж испытывает потребность в инновационных инструментах, таких как Telegram-боты, для оптимизации процессов взаимодействия с клиентами. Эффективное использование таких инструментов может стать ключевым фактором успеха в условиях постоянно меняющегося рынка и высокой конкуренции.

В рамках данной научной статьи, предлагается разработка Telegram-бота, предназначенного для менеджеров по продажам цифровой техники. Бот будет разработан с учетом специфики работы в данной сфере и упростит процесс продажи, повысит его эффективность и качество.

Анализируя сложившееся положение дел на рынке продаж цифровой техники, предлагается несколько решений для улучшения работы менеджеров: улучшение доступа к информации, оптимизация процесса формирования заказов, ускорение процесса обработки обращений посредством использования Telegram-бота.

Telegram – система мгновенного обмена сообщениями (мессенджер). Бот (виртуальный помощник) представляет собой программу, которая выполняет функции, заданные программистом, и работает внутри мессенджера. Сфера использования ботов, управляемых программным обеспечением, достаточно широка. Настроенный бот для любой поставленной задачи является кроссплатформенным, что обосновывает их широкое использование и популярность с 2020 года [1,2].

Работа бота осуществляется следующим образом. Программное обеспечение запускается на сервере и принимает все команды, отправляемые пользователем ресурса. Принятые команды обрабатываются сервером Telegram, передаются боту, который выводит на экран в качестве ответа сообщение. Этот цикл повторяется столько раз, сколько действий совершает пользователь с ботом.

Цель.

Требуется подготовить Telegram-бота на языке Python, взаимодействующего с БД с функцией просмотра проданного товара, возможностью управления заказами и их редактированием.

Основные функциональные требования к Telegram-боту включают в себя:

- ввод данных через специальный опрос пользователя;
- реализация возможности редактирования сведений о товаре;
- создание настроек, например, при первом запуске Telegram-бота в базу данных вносятся такие настройки как: Уведомления, Валюта;
- создание пользователя с режимом доступа администратора.

Работа выполняется с помощью Telegram API, непосредственно с использованием надстройки Telegram Bot API и фреймворка Aiogram 3.0.

Основная часть. Для реализации поставленной задачи были сформулированы основные требования к Telegram-боту. Чтобы сохранить полученную информацию для дальнейшего использования, с целью улучшения функциональности бота будет использоваться бесплатная система управления базой данных (СУБД) PostgreSQL [3].

Выбор языка обоснован наличием большого количества библиотек и готовых решений для разработчиков. При разработке Telegram-бота использовалась библиотека Telebot, предоставляющая интерфейс Telegram Bot API [4]. Она предоставляет набор методов и интерфейсов для разработки клиентских приложений, которые могут взаимодействовать с Telegram ботами: обрабатывать обратные вызовы, отправлять сообщения и мн. др.

В свою очередь библиотека Python Aiogram 3.0 позволяет использовать автоматический парсинг аргументов команд, предоставляет удобные инструменты для создания Telegram ботов с помощью асинхронного программирования. С помощью данной библиотеки бот отправляет менеджеру опрос с характеристиками определенного товара. Данные о проданных товарах хранятся в базе данных PostgreSQL, которая подключается к приложению с помощью Python-библиотеки SQLAlchemy.

На Рисунке 1 дана диаграмма верхнего уровня демонстрирует ключевые функции процесса входные и выходные данные, методы управления и устройства, связанные с основными функциями.

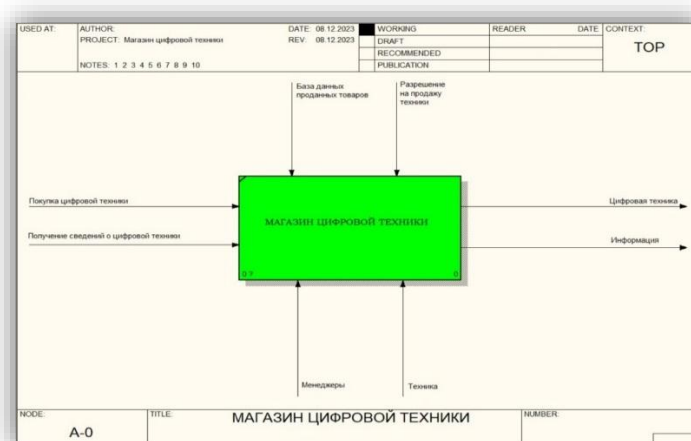


Рисунок 1 – Диаграмма нулевого уровня по методологии IDF0

Верхний уровень представляет собой базу данных о проданных товарах, а также разрешение на продажу цифровой техники. Входными данными является покупка

оборудования цифровой техники или получение сведений о товаре. Выходными данными являются: цифровая техника и информация.

Декомпозиция функционального блока «Магазин цифровой техники» на функциональные блоки дана на Рисунке 2.

В результате декомпозиции есть три основных блока: выбор интересующей цифровой техники, выбор товара, обработка полученного запроса. Подбор интересующей техники подразумевает собой поиск клиентом необходимого товара, выбором и дальнейшая обработка запроса менеджером. В каждом блоке необходимо разрешение на продажу.

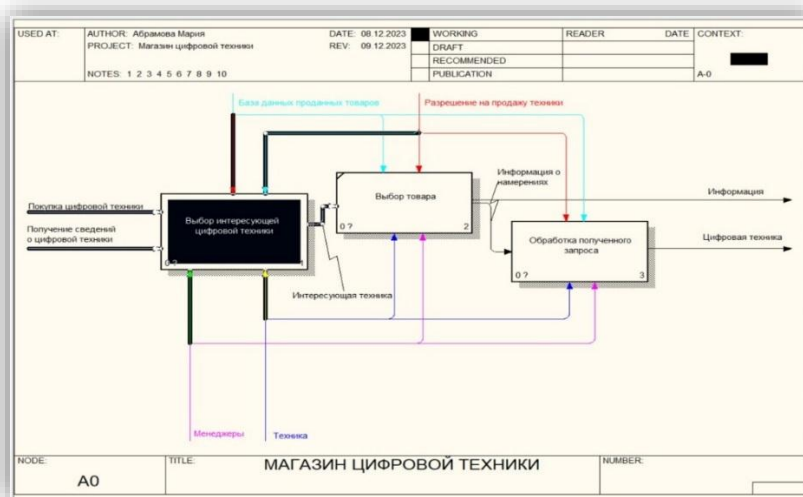


Рисунок 2 – Декомпозиция первого уровня по методологии IDEF0

При выборе товара следует определение на наличие конкретного товара/модели на складе (см. Рисунок 2). Входящими стрелками является покупка товара, а также получение сведений о товаре. Выходящими являются информация о заказе, либо по определенным причинам возврат к товарам. После осмотра на брак есть два варианта исхода событий. Либо заказ оформляется (на Рисунке 3 дана декомпозиция функционального блока «Выбор интересующей цифровой техники»), либо товар является не годен для продажи (на Рисунке 4 дана декомпозиция функционального блока «Обработка полученного запроса»).

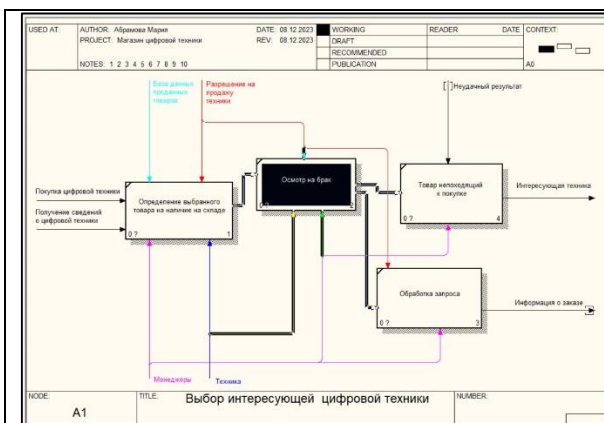


Рисунок 3 – Декомпозиция второго уровня по методологии IDEF0.

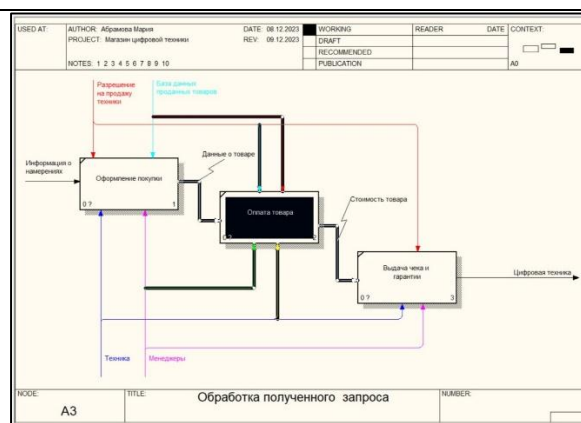


Рисунок 4 - Декомпозиция второго уровня по методологии IDEF0

Пользовательский интерфейс ориентирован на управляющих, менеджеров и продавцов-консультантов. Элементы управления представляют собой меню из Inline-кнопок, которые максимально упрощают работу с Telegram-ботом.

Форма авторизации происходит при первом запуске команды /start. Далее все общение с ботом происходит с помощью интуитивно понятных кнопок, а также диалогового окна для отправки данных.

Основная часть функциональности Telegram-бота предоставлена на Рисунке 5.

1. Главное меню;
2. Меню администратора (данный функционал будет доступен исключительно пользователям с привилегиями);
3. Меню выбора добавления заказов;
4. Меню профиля пользователя;
5. Меню настроек пользователя;
6. Меню Уведомления пользователя.

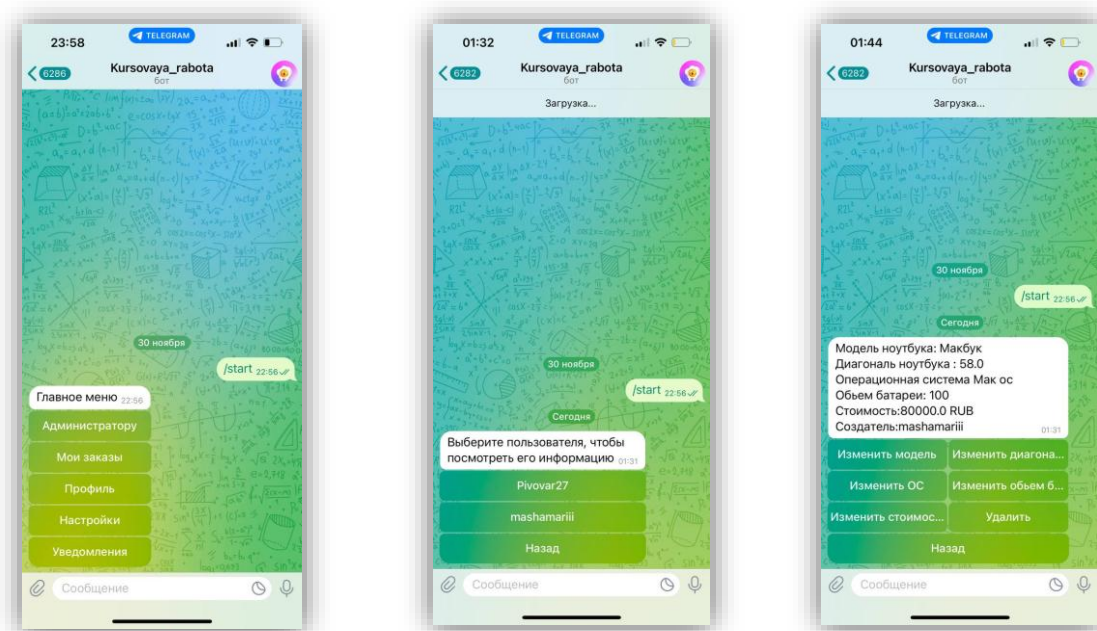


Рисунок 5 - Главное меню Telegram-бота

Рисунок 6 – Вид меню «Администратору»

Рисунок 6 – Вид окна «Просмотр товара»

Так как при регистрации в приложении Telegram пользователь указывал информацию о себе, Telegram-бот будет использовать ее для идентификации пользователя.

Тестирование бота проводилось среди студентов-программистов, что позволило выявить и устранить ряд технических и функциональных недочетов. Оптимизация бота включала улучшение алгоритмов обработки вписанных заказов и повышение стабильности работы при одновременном использовании бота несколькими менеджерами.

Выводы. Архитектура системы состоит из выполнения функций для менеджера – приложения Telegram, и серверной части – бэкенда на языке программирования Python, которые взаимодействуют с API Telegram через библиотеку Aiogram.

Внедрение разработанного программного продукта улучшит систему автоматизации обработки заказов, которая будет отслеживать статус заказа на всех этапах – от формирования до доставки покупателю. Это поможет менеджеру оперативно реагировать на изменения и контролировать процесс выполнения заказов. Дальнейшее

развитие проекта может включать в себя расширение функционала бота, адаптацию под специфические задачи конкретного бизнеса и интеграцию с другими системами учета управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях: материалы XXVI Республиканской научной конференции студентов и аспирантов (Гомель, 20–22 марта 2023 года). В двух частях. Часть 2 [Электронный ресурс], 2023, Режим доступа <https://reader.lanbook.com/book/342386?lms=e91b1790214f6c517b13d8ae943eda3a#90>
2. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции «Неделя науки - 2022» РУТ (МИИТ) [Электронный ресурс], М. : 2022 Режим доступа <https://reader.lanbook.com/book/367565?lms=0ff03be1f3119845fdccf4768fb7f561#430>
3. Джуба С., Волков А. Изучаем PostgreSQL 10, 2018. М. -: Издательство ДМК– 400с.
4. Библиотека Telebot: Создание ботов Telegram с примерами функций [Электронный ресурс] – Режим доступа https://dzen.ru/a/ZA5HIQcogS609zl_#:~:text=Библиотека%20Telebot%20-%20это%20библиотека,быть%20установлена%20с%20помощью%20pip

DEVELOPMENT OF A TELEGRAM BOT FOR A DIGITAL EQUIPMENT SALES MANAGER

Annotation: Representatives of large and small businesses take as a basis the availability of electronic resources in the field of product sales and customer interaction. Special attention is paid to the issues of speed and quality of sales managers' work. Telegram bots have become a popular means of automating business processes.

Keywords: Telegram bot, PostgreSQL, Telegram Bot API, Aiogram.

Abramova M.S.

Scientific supervisor: Bodryaga V.E., senior Lecturer

Donetsk state University

Email: vbodryaga@bk.ru

УДК 631.412:550.36

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВОГО ТЕРМОМЕТРА DS18B20 ПРИ МОНИТОРИНГЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЧВ

*Гришина А.А., Юрлов Ю.А.
Научные руководители: Пометун Е.Д., канд. техн. наук, доцент
Несова А.В., инженер 1-й категории
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В статье приводится математическая модель изменения температуры почвы от глубины, приводится техническое использование цифрового термометра, основанного на датчике типа Dallas Semiconductor DS18B20 для мониторинга температуры почвы на различных глубинах

Ключевые слова: цифровой термометр, температуры почвы.

Введение. В последнее время фиксируется изменение климата на большей части земного шара. Как известно, заключение об этих изменениях делается в основном по данным о температуре воздуха T на высоте 2 м над деятельной (подстилающей) поверхностью. Для более полного исследования происходящих изменений климата необходим анализ других климатических показателей, включая температуру поверхности почвы и грунта на разной глубине. Помимо научного значения данные о динамике температуры почвы и грунта важны и для решения многих прикладных задач (сельское хозяйство, строительство и т. д.).

Деятельной поверхностью, принимающей падающую на нее лучистую энергию солнца, является земная, при этом, если имеется растительный покров, затеня земную поверхность, целиком или частично берет на себя эту роль. Лучистая энергия частично отражается, частично поглощается поверхностью. Степень поглощения энергии зависит от состава и цвета почвы. Поглощенная лучистая энергия преобразуется в тепловую, которая идет на нагрев поверхности почвы и передается вглубь более холодным слоям грунтов, а также на нагрев прилежащим слоям воздуха. Часть этой энергии так же расходуется на ряд физических, химических и физиологических процессов, такие как: испарение, усвоение питательных веществ и т.д. Степень нагревания почвы так же зависит от теплоемкости и теплопроводности почвы.

В почве распространение тепла идет путем теплопроводности. Допустим, что на рассматриваемом участке земная поверхность представляет собой горизонтальную плоскость, наружные слои почвы однородны, температуры в горизонтальной плоскости одинаковы и изменяются только с глубиной [1, 2].

Пусть оси x , y направлены горизонтально, а ось z вертикально вглубь почвы, тогда температура T в любой точке грунта будет функция времени t и глубины z :

$$T = f(z, t) \quad (1)$$

Известно, что тепловой поток Q , проходящий в 1 секунду через 1 см^2 горизонтальной поверхности на глубине z , выражается формулой:

$$Q = -k \frac{\partial T}{\partial z}, \quad (2)$$

где k - коэффициент внутренней теплопроводности почвы и $-\frac{\partial T}{\partial z}$ - падение температуры с глубиной (вертикальный температурный градиент).

Представим внутри почвы элементарный параллелепипед с основанием $dxdy$ и высотой dz :

$$dQ = k \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} dx dy dz dt \quad (3)$$

Благодаря тепловому потоку (притоку тепла) происходит повышение температуры элементарного объема почвы на $\frac{\partial T}{\partial t} dt$, причем если плотность ρ и ее удельная теплоемкость c , то [3]

$$dQ = c \rho dx dy dz \cdot \frac{\partial T}{\partial t} dt. \quad (4)$$

Из уравнения найдем

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{k}{c \rho} \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} \quad \text{или} \quad \frac{\partial T}{\partial t} = K \frac{\partial^2 T}{\partial t^2}. \quad (5)$$

Для решения этого уравнения приняты следующие начальные и граничные условия:

- 1) При $t=0$, $T(z, t)$ принимает вид $T(z, 0) = f(z)$
- 2) При $z=0$, $T(z, t)$ принимает вид $T(0, t) = \varphi(t)$

Следовательно, в начальный момент времени распределение температуры с глубиной выражается $f(z)$ (начальное условие), на поверхности почвы зависимость температуры от времени выражается $\varphi(t)$ (граничное условие). При таких условиях решение уравнения имеет вид:

$$T(z, t) = \frac{1}{2\sqrt{\pi K t}} \int_0^\infty \left[e^{-\frac{(z-\lambda)^2}{4Kt}} - e^{-\frac{(z+\lambda)^2}{4Kt}} \right] f(\lambda) d\lambda + \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_\xi^\infty e^{-\mu^2} \varphi\left(t - \frac{\xi^2 t}{\mu^2}\right) d\mu \quad (6)$$

где $\xi = \frac{z}{2\sqrt{Kt}}$.

Под действием солнечной радиации днем и отдачи тепла ночью температура почвы непрерывно изменяется. В приходе и расходе тепла имеют место быть как суточные, так и годовые изменения, должна присутствовать периодичность. Температура поверхностного слоя в течение суток испытывает периодическое колебание с одним максимум и одним минимумом. На поверхности почвы амплитуда суточных колебаний очень велика. Однако при проникновении на глубину амплитуда и фаза колебаний изменяются. Амплитуда колебаний температуры убывает с глубиной по экспоненциальному закону [5].

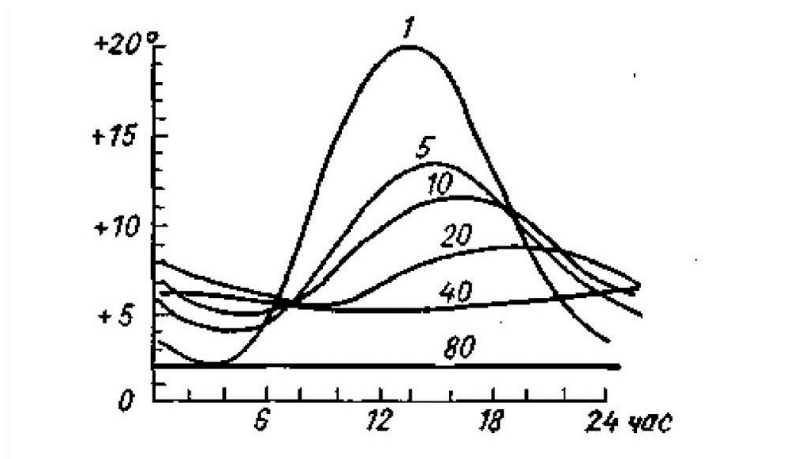


Рисунок 1. Суточный ход температуры на различных глубинах (от 1 см до 80 см) в г. Павловск, май 2021 [4]

Для измерения температуры почвы на разных глубинах применяются разного типа термометры. В данной работе описывается возможность применения цифрового термометра типа Dallas Semiconductor DS18B20 для мониторинга температуры почвы на различных глубинах. Датчики монтируются в специальные «термокосы» [6, 7]. Их достоинствами являются: широкая доступность, сертификация в РФ как средства измерения, выходные температурные данные калиброваны в градусах Цельсия. Цифровой термометр имеет 1-WIRE протокол обмена данными, что позволяет монтировать датчики DS18B20 в косы, состоящие из трех проводов, независимо от количества датчиков. Данный тип датчика применяется в диапазоне от $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ и имеет погрешность измерения порядка $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимальная разрешающая способность температурного преобразователя составляет $0,0625\text{ }^{\circ}\text{C}$ при 12 битном режиме работы, применив предварительную высокоточную калибровку данного прибора [7]. Данную калибровку проводят в высокоточном жидкостном термостате, например ТЛ-04 [8]. Это позволяет полагать, что максимальная погрешность в данном режиме составляет около $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и совпадает с практической разрешающей способностью датчика.

Каждая из температурных кос должна иметь информацию о последовательности расположения каждого из датчиков и температурную поправку, это позволит выполнять измерения с большей точностью. Для обеспечения теплового контакта фронтальная сторона датчика должна находиться снаружи зонда. Количество датчиков зависит от глубины исследуемого почвенного профиля [9, 10].

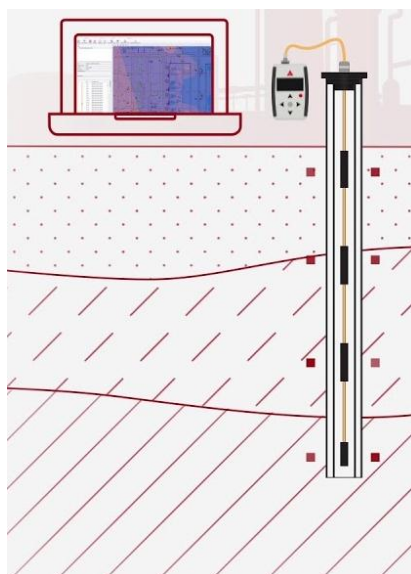


Рисунок 2 – Графическое представление процесса измерения температуры почвы на различных глубинах

В различных работах [9 - 11] приводятся примеры разработанных портативных устройств с применением датчиков DS18B20. Датчики, имеющие уникальный код, должны быть однозначно привязаны в координатах по глубинам. Эти задачи решаются специально созданной программой [9]. Термокоса подключается к компьютеру через адаптер шины однопроводного интерфейса DS9490R. Адаптер USB-1-WIRE DS9490R служит основным элементом для создания микросети 1-wire и необходим для связи компьютера и датчиков, подключается в USB разъем компьютера. Программа распознаёт датчики, считывает их температуру и выстраивает в порядке возрастания их номерного кода [11].

Вывод. Измерение температуры почвы имеет важную роль не только в сельскохозяйственной индустрии, а так же в строительстве. Для измерения этого параметра применяются разного рода измерители. В работе приведено описание метода измерения температуры почвы с использованием термокос на основе цифрового термометра типа Dallas DS18B20. Этот метод имеет свои преимущества и ограничения. Ограничения связаны в основном с задокументированной погрешностью, однако с помощью программных преобразований можно ее уменьшить. Главным достоинством данного датчика является механическая прочность, простота использования.

Работа выполнена в рамках молодежной лаборатории «Диагностика и механизмы адаптации природных и антропогенно-трансформированных экосистем Донбасса» (№ государственной регистрации НИОКТР 1023110700153-4-1.6.19;1.6.11;1.6.12).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Костин, А. С. Критерии подобию при моделировании слоисто-стратифицированных течений в пограничном слое атмосферы / А. С. Костин, Е. Д. Пометун // Студенческая наука Подмоскovie : материалы Международной научной конференции молодых ученых, Орехово-Зуево, 25–26 апреля 2017 года. – Орехово-Зуево: Государственный гуманитарно-технологический университет, 2017. – С. 355-358.
2. Костин, А. С. Моделирование слоисто-стратифицированных течений в пограничном слое атмосферы / А. С. Костин, Е. Д. Пометун, В. Е. Силенко // Научно-технический прогресс: актуальные и

- перспективные направления будущего : Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Кемерово, 07 апреля 2017 года / Западно-Сибирский научный центр. Том I. – Кемерово: Общество с ограниченной ответственностью "Западно-Сибирский научный центр", 2017. – С. 33-37.
3. Физическая метеорология: учебное пособие / Н.И. Толмачева; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2012.– 324 с.
 4. Полякова Л.С., Кашарин Д.В. Метеорология и климатология: Новочеркасск: НГМА, 2004.
 5. Дюкарев, Е. А. Амплитуда суточного хода температуры торфяной почвы / Е. А. Дюкарев // Вестник Томского государственного университета. – 2012. – № 365. – С. 201-205.
 6. 1-Wire/?topic=whatis. 2. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer.- <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/DS18B20.pdf>.
 7. Казанцев, С. А. Повышение точности цифровых датчиков температуры DS18B20 / С. А. Казанцев // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2015. – Т. 2, № 2. – С. 79-81.
 8. Гришина, А. А. Особенности поверки лабораторных термостатов / А. А. Гришина // Вестник студенческого научного общества ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет". – 2022. – Т. 1, № 14. – С. 127-130.
 9. Мониторинг гидротермического режима почвогрунтов с помощью инструмента SMAT-meter для измерения профилей влажности и температуры почвы / А. В. Базаров, С. А. Кураков, А. С. Базарова, Ю. Б. Башкуев // Метеорология и гидрология. – 2023. – № 3. – С. 129-131.
 10. Болотов, А. Г. Измерение температуры почвы с помощью технологии 1-Wire / А. Г. Болотов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 11(97). – С. 029-030.
 11. Казанцев, С. А. Устройство для оперативного температурного мониторинга / С. А. Казанцев, М. Е. Пермяков, А. Д. Дучков // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2013. – Т. 2, № 2. – С. 203-207.

ABOUT THE POSSIBILITY OF USING THE DS18B20 DIGITAL THERMOMETER FOR MONITORING SOIL TEMPERATURE

Annotation. The article provides a mathematical model of the change in soil temperature from depth, provides the technical use of a digital thermometer based on a Dallas Semiconductor DS18B20 sensor for monitoring soil temperature at various depths

Keywords: digital thermometer, soil temperature.

Grishina A.A., Yurlov Yu.A.

Scientific advisers: Pometun E.D. Ph.D., associate professor

Nesova A.V., engineer 1st category

Donetsk State University

E-Mail: nastia.grishina.2013@mail.ru

yurlov.yura.2001@mail.ru

e.pometun.fnpme@mail.ru

arina.nesova@gmail.com

УДК 532.517.2: 518.12

ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСХОДА ВОЗДУХА С ПОМОЩЬЮ СТАНДАРТНОЙ ДИАФРАГМЫ СОГЛАСНО ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.2-2005, ГОСТ 8.586.5-2005

Дубченко И.И.

*Научный руководитель: Фиошин Н.В., канд. физ.-мат. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: В данной работе приведены этапы расчётов согласно ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.1-2005, ГОСТ 8.586.1-2005, позволяющие использовать ранее разработанную программу, написанную на языке Python для вычисления расхода воздуха для стандартной диафрагмы, установленной на аэродинамическом стенде АС-5.

Ключевые слова: стандартная диафрагма, расход воздуха.

Введение: Для градуировки термоанемометров на малых скоростях воздушного потока на кафедре физики неравновесных процессов, метрологии и экологии имени им. И.Л. Повха физико-технического факультета Донецкого государственного университета использовался стенд, на котором установлена стандартная диафрагма для автоматизированного вычисления расхода воздуха, разработана программа расчета, написанная на языке программирования Python.

Для исследования характеристик воздушного потока в трубопроводе с периодически изменяющимся поперечным сечением (ТПИПС) был разработан и смонтирован аэродинамический стенд, на котором установлена другая стандартная диафрагма. Необходимо было использовать ранее разработанную программу расчёта расхода воздуха для новой стандартной диафрагмы.

Постановка задачи: На рисунке 1 приведена схема и основные элементы аэродинамического стенда АС-5.

Основное назначение стенда исследования – коэффициентов полного гидродинамического сопротивления в ТПИПС. Для этого необходимо с достаточно высокой точностью измерить расход воздуха и перепад давления на определённом участке ТПИПС.

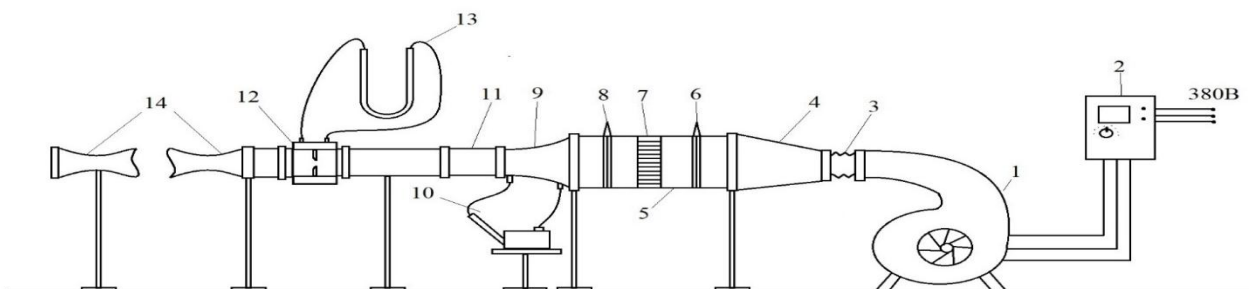


Рис. 1. Схема аэродинамического стенда АС-5: 1 - центробежный вентилятор высокого давления; 2 - частотный преобразователь; 3 – гофрированная переходная труба; 4 – диффузор; 5- форкамера; 6 – решетки; 7 – хонейкомб; 8 – сетки; 9 – конфузор; 10 – жидкостный микроманометр ММН-2400; 11 – переходной участок прямой трубы; 12 – стандартная диафрагма; 13 – U образный манометр; 14 – трубопровод с периодически изменяющимся сечением (ТПИПС).

Для использования ранее разработанной программы Python для новой стандартной диафрагмы, установленной на АС-5, была проведена следующая работа.

В ГУП ДНР «Донецкстандартметрология» была проведена поверка стандартной диафрагмы, установленной на АС-5. Результаты поверки показали, что диафрагма соответствует требованиям ГОСТ 8.856.2-2005.

Основные характеристики диафрагмы и измерительного трубопровода приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики диафрагмы и показатели среды

Наименование величины	Условное обозначение	Единица величины	Значение
Диаметр отверстия диафрагмы при 20С	d_{20}	м	0,037019
Внутренний диаметр ИТ при 20С	D_{20}	м	0,07493
Среднее арифметическое отклонение профиля шероховатости ИТ	$Ra \cdot 10^3$	м	0,08
Эквивалентная шероховатость	$R_{ш} \cdot 10^3$	м	0,25
Материал из которого изготовлена диафрагма	Сталь марки 12Х18Н9Т		
Начальный радиус входной кромки СУ	r_H	м	0,0004

Уравнение для объемного расхода воздуха при рабочих условиях согласно ГОСТ 8.586.5-2005 имеет следующий вид:

$$q_V = 0,25\pi d_{20}^2 K_{CV}^2 C E K_{ш} K_{\varepsilon} \left(\frac{2\Delta p}{\rho} \right)^{0.5} \quad (1)$$

где

p – давление среды, Па;

E – коэффициент скорости входа;

C – коэффициент истечения;

d_{20} – диаметр отверстия СУ при температуре 20 °С, м;

$K_{ш}$ – поправочный коэффициент на шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода;

K_n – поправочный коэффициент на притупление входной кромки отверстия диафрагмы;

K_{CV} – поправочный коэффициент на изменение диаметра СУ, вызванное отклонением среды от 20°С;

ε – коэффициент расширения;

ρ – плотность воздуха при рабочих условиях, кг/м³;

Δp – перепад давления на диафрагме, Па.

Согласно ГОСТ 8.586.2-2005 были рассчитаны коэффициенты E , $K_{ш}$, K_n , K_{CV} , а также коэффициент K_T , учитывающий изменение диаметра измерительного трубопровода (ИТ), вызванное отклонением температуры от 20° С.

3) Выбран один режим течения воздуха в трубопроводе при котором перепад давления на диафрагме составил $\Delta p = 6354,71$ Па, а статическое давление (избыточное давление) перед диафрагмой составляет $p_{изб.} = 4756,23$ Па.

Коэффициент расширения ε рассчитывается по следующей формуле:

$$\varepsilon = 1 - \left(0,351 + 0,256\beta^4 + 0,93\beta^8 \right) \left[1 - \left(1 - \frac{\Delta p}{P_{среды}} \right)^{\frac{1}{k}} \right], \quad (2)$$

где $\Delta p = 6354,71$, а

$$P_{среды} = P_{изб.} + P_{атм.} = 4756,23 + 101325 = 106081 \text{ Па}$$

исходя из этого значения

$$\varepsilon = 0,98406.$$

Этот трудоемкий расчет проведен для получения формулы для коэффициента C , в окончательном виде была получена следующая формула для расчета C :

$$C = 5,0405275 \left(\frac{1}{Re} \right)^{0,7} + 0,1005424 \left(\frac{1}{Re} \right)^{0,3} + 50,75252 \left(\frac{1}{Re} \right)^{1,1} - 0,3594 \left(\frac{1}{Re} \right)^{0,8} + 0,600309893 \quad (3)$$

Из формулы (3) видно, что значения коэффициента истечения зависят от числа Рейнольдса.

Большой объем расчётных работ проведен для определения коэффициента шероховатости $K_{ш}$, значение которого также зависит от числа Рейнольдса.

4) Уравнение (1) для объёмного расхода воздуха является неявным, так как коэффициент сужения C и коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода (ИТ) $K_{ш}$ зависят от числа Рейнольдса.

В приложении В ГОСТ 8.586.1-2005 предложена методика решения уравнения расхода (1) методом итераций. Итерационный процесс рекомендуется проводить по числу Рейнольдса.

Ниже приведена процедура проведения итерационного процесса.

Уравнение расхода (1) записывают в общем неявном виде относительно числа Re :

$$Re = \frac{Re^*}{C' K'_{ш}} C K_{ш} \quad (4)$$

где C' - коэффициент истечения, рассчитанный для значения числа Re , равного 10^6 ;

$K'_{ш}$ - поправочный коэффициент, учитывающий шероховатость внутренней поверхности ИТ, рассчитанный при числе $Re = 10^6$;

Re^* - модифицированное число Рейнольдса, которое рассчитывают по формуле:

$$Re^* = \frac{1}{D \cdot \nu} d^2 C' E K'_u K_n \varepsilon (2 \Delta p \rho)^{0.5} \quad (5)$$

Уравнение расхода (1) с учетом формулы (4) может быть решено в следующей последовательности:

1. Рассчитывают C' и K'_u , и, применяя формулу (5), вычисляют значение Re^* ;
2. Рассчитывают коэффициент истечения C и поправочный коэффициент K_u при числе $Re = Re^*$, вычисляют первое приближение для числа Re по формуле:

$$Re_1 = \frac{Re^*}{C' K'_u} C K_u \quad (6)$$

3. Рассчитывают относительную разность δ_1 значений Re_1 и Re^* по формуле:

$$\delta_1 = \frac{Re_1 - Re^*}{Re_1} \quad (7)$$

и проверяют выполнение неравенства:

$$|\delta_1| \leq 10^{-4}. \quad (8)$$

Если неравенство (8) выполняется, то значение Re_1 принимают как решение уравнения (4), в другом случае определяют новое приближение для числа Рейнольдса по формуле:

$$Re_2 = \frac{Re^*}{C' K'_u} C K_u, \quad (9)$$

где C и K_u рассчитывают при числе $Re = Re_1$.

4. Рассчитывают относительную разность δ_2 значений Re_2 и Re_1 по формуле:

$$\delta_2 = \frac{Re_2 - Re_1}{Re_2} \quad (10)$$

и проверяют выполнение неравенства:

$$|\delta_2| \leq 10^{-4}. \quad (11)$$

Если неравенство (11) выполняется, то значение Re_2 принимают как решение уравнения (4), в другом случае рассчитывают новое приближение для числа Re по общей формуле:

$$Re_{n+1} = \frac{Re^*}{C'K_u'} CK_u, \quad (12)$$

где C и K_u рассчитывают при числе Re , рассчитанном на n -м цикле вычислений, или:

$$Re_{n+1} = Re_n - \delta_n \frac{Re_n - Re_{n-1}}{\delta_n - \delta_{n-1}}. \quad (13)$$

Поиск новых приближений для числа Re прекращают при выполнении неравенства:

$$\left| \frac{Re_{n+1} - Re_n}{Re_{n+1}} \right| \leq 10^{-4} \quad (14)$$

5. Используя вычисленное значение числа Re , рассчитывают коэффициенты C и K_u , и значение расхода среды по формуле (1).

5) По исходным данным, промежуточным величинам и коэффициентам вручную был проведен итерационный процесс по числу Рейнольдса и рассчитано окончательное значение расхода воздуха по формуле (1).

3. Расчет коэффициентов C , K_u , числа Рейнольдса Re и расхода Q :

Начальные значения:

- $Re[1000000] = 1000000$
- $C[1000000] = 0.596498$
- $K_u[1000000] = 1.000000$

Модифицированные значения:

- $Re^* = 94005.033$
- $C^* = 0.60799835$
- $K_u^* = 1.000000$

Шаг 1:

- $Re = 94565.247$
- $C = 0.60795269$
- $K_u = 1.000000$
- Сигма: 0.005924

Шаг 2:

Условие выполнено!
Сигма: $0.000075 < 0.0001$

Искомые значения:

- $Re = 94558.144$
- $C = 0.60795326$
- $K_u = 1.000000$

- Расход воздуха составляет:..... $Q = 0.070598$ (м³/с)

Было получено значение объемного расхода, равное $q_v = 0,070598$ (м³/с).

б) Далее все полученные данные для диафрагмы были занесены в программу Python.

Ниже представлено окно с результатами вычислений программы.

Как видно по результатам расчета программы, значение расхода полностью соответствует значению расхода, полученному вручную.

Вывод: 1) Полученные результаты являются первым этапом возможности использовать ранее разработанную программу расчета объемного расхода воздуха с помощью стандартной диафрагмы, установленной на стенде для градуировки термоанемометров, для расчета расхода воздуха на аэродинамическом стенде АС-5.

2) Вторым и заключительным этапом использования ранее разработанной программы будет расчет неопределенности результатов расчета расхода воздуха с использованием стандартной диафрагмы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 8.586.1 - 2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования. – Введен впервые; Ввод. 01.012007. – М.: Стандартиформ, 2007 – 41с.
2. ГОСТ 8.586.2 – 2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования. – Введен впервые; Ввод. 01.012007. – М.: Стандартиформ, 2007 – 37с.
3. ГОСТ 8.586.5 – 2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5. Методика выполнения измерений. – Введен впервые; Ввод. 01.012007. – М.: Стандартиформ, 2007 – 87с.

CALCULATION OF AIR FLOW USING A STANDARD DIAPHRAGM ACCORDING TO GOST 8.586.1-2005, GOST 8.586.2-2005, GOST 8.586.5-2005

Annotation: This paper presents the calculation steps according to GOST 8.586.1-2005, GOST 8.586.2-2005, GOST 8.586.5-2005, which allow using a previously developed program written in Python to calculate the air flow rate for a standard diaphragm installed on the AS-5 aerodynamic stand.

Keywords: standard diaphragm, air flow.

Dubchenko I.I.

Scientific advisers: Finoshin N.V., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, docent
Donetsk State University

E-mail: dubchenko.igor005@mail.ru, finoshin@donnu.ru.

УДК 004.056

УГРОЗЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ИНТЕРНЕТ-РЕТЕЙЛОВ В ДНР

Колесник Е.В.

*Научный руководитель: Бабичева М.В., канд. техн. наук., доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: в 2020-х годах все ярче прослеживается тенденция купли-продажи при помощи информационно-коммуникационной сети Интернет, в то время как на «большой земле» резкими темпами происходило развитие данного направления, на нашей же территории все двигалось медленно, местами и не двигалось вовсе. Теперь, после присоединения к России мы пытаемся нагнать то, что попускали добрых лет 6, в плане развитых интернет технологий, и нагнать не постепенно, а разом. В таком случае никто не застрахован от ошибок. Проверить уровень интеграции, возможно возникшие при этом уязвимости и является целью работы.

Ключевые слова: интернет-технологии, интернет-магазины, уязвимости, развитие технологий в ДНР, интеграция на новых территориях, электронная коммерция.

Процесс оплаты. Для начала разберемся как происходит сама оплата за выбранный товар на обычном сайте. Платежный шлюз — это функционирующая в режиме реального времени платежная система, которая непосредственно интегрирована в сайт и обеспечивает упрощенный (для покупателя) способ выполнения платежей. Вместо переадресации клиентов на другой сайт в надежде, что они вернуться обратно, осуществляется передача данных транзакции в фоновом режиме. Благодаря этому клиентам не приходится ни на минуту покидать сайт интернет-магазина (рис. 1). Также шлюз обеспечивает лучшую защиту от вторжений и предлагает другие дополнительные функции. Шлюз автоматически перечисляет деньги за проданный товар на банковский счет продавца, взимая за выполнение каждой операции меньшие отчисления, чем процессоры платежей [1, с. 33-35].



Рисунок 1. Блок-схема платежного шлюза

Поскольку на сайте интернет-магазина временно хранится информация о платежах покупателя, потребуется обеспечить совместимость со стандартом PCI. Выполнение этого условия потребует дополнительных средств и затрат времени. Совместимость со стандартом PCI также диктует выбор типа хостинга. Например, общий хостинг в этом случае неприемлем. В настоящее время доступно множество платежных шлюзов. Помимо этого, некоторые системы платежных шлюзов распространяются

альтернативными поставщиками, позволяя вам выбрать лучшее предложение на рынке. Один из наиболее известных и широко используемых платежных шлюзов называется Authorize.net (www.authorize.net).

Промежуточное решение. Помимо процессора платежей и платежного шлюза, существует третий тип платежного шлюза. Этот тип получил условное название “промежуточное решение”, поскольку сочетает лучшие качества традиционных платежных систем (процессоры платежей и платежные шлюзы). При использовании этого способа покупатель вводит платежную информацию на сайте, как и в случае использования платежного шлюза. Эта информация тут же отсылается компании, обрабатывающей платеж (с помощью кода JavaScript) и не хранится на нашем сервере. Благодаря этой простой процедуре не требуется совместимость со стандартом PCI, а также упрощаются выполняемые пользователем действия. Реализация промежуточного решения существенно упрощается для разработчика. При использовании этой платежной системы размеры отчислений сравнимы с величиной отчислений при использовании системы PayPal. Отсутствуют ежемесячные платежи и затраты на выполнение настройки. Подобная платежная система представляет собой полнофункциональное решение, не требующее открытие отдельного банковского счета продавца.

Конечно, эти системы не являются идеальными из-за достаточно высоких комиссионных платежей, а время, требуемое для зачисления денег на банковский счет, может быть чрезмерно большим. Реализация “промежуточного решения” также потребует использования JavaScript. И хотя JavaScript поддерживается практически повсеместно, это требование может привести к появлению определенных проблем. Наибольшая проблема, связанная с платежными системами, которые относятся к “промежуточному решению”, — невозможность получить к ним доступ в нашей стране. Россия пока не входит в число стран, поддерживаемых системами Braintree, Paymill и Stripe

В качестве «промежуточного решения», доступного в России, можно использовать систему CloudPayments (cloudpayments.ru).

В процессе покупки клиент должен обязательно указывать адрес платежа и трехзначный код проверки подлинности карты (CV 2; указан на обратной стороне карты). Эти данные будут верифицироваться. Также следует учитывать фактор цены, в частности начальные затраты, ежемесячные отчисления и издержки каждой транзакции. Этот фактор особенно важен в случае необходимости в дополнительных средствах, предлагаемых за отдельную плату.

С момент написания одного из немногих источников, где подробно расписаны этапы проведения платежа (2015г) появились такие Русские сервисы как СБП, который позволяет переводить деньги другим людям по номеру телефона, а оплачивать товары и услуги — по QR-коду. Систему используют как в личных целях, так и для бизнеса (банки, которые работают с этой системой, перечислены на сайте сервиса). Также, некоторые ретейлы взяли дело оплаты в свои руки создавая свое личное подобие банка (кошелек Wildberries) или полноценные банковские услуги (карты Ozon). Сам же процесс «прикрепления» карты к аккаунту тоже усовершенствован. Так на сам сайт и сервера магазина не попадают полные данные карты, которые смогут привести в дальнейшем к неправомерным/мошенническим действиям со стороны некоего злоумышленника. То есть во время активации платежного агента даже в первый раз, по факту, действия происходят на стороне банка и на его сервере, а там по всем НПА и ГОСТам защита на должном уровне (хотелось бы верить). Таким образом в дальнейшем банк получает от магазина пакеты с маркерами об аккаунте, сумме и получателе, по ним

осуществляет платежные операции, в свою очередь непосредственно на стороне приложения банк у клиента запрашивает подтверждение с аутентификацией по смс.

Ситуация в ДНР. Описанное выше, это то, как процесс оплаты происходит на крупных и развитых маркетплейсах в «большой» России. Теперь рассмотрим ситуацию на «новых территориях».

Первое, у нас не так много своих магазинов которые уже решились на интернет продажи. То есть, есть порядка двадцати сайтов с перечисленным там ассортиментом товаров, статусом наличия на определенном адресе и возможностью так сказать «бронирования» на определенный период, но самой интегрированной покупки товара с доставкой прямо на сайте нет, нет форм прикрепления карты, интеграции платежного агента.

Второе, есть вариант заказа и оплаты, но опять же без форм прикрепления карты, интеграции платежного агента, при взаимодействии непосредственно: наличными в офисе/курьеру или через банковское приложение/переводом сразу на счет поставщика (рис. 2-4).

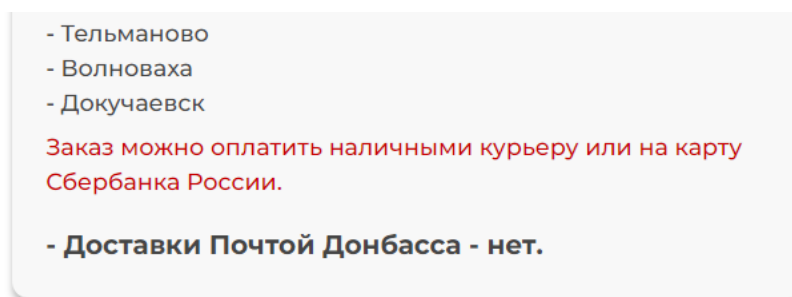


Рисунок 2. Информация об оплате на <https://vlarnika.ru/>

Для жителей ДНР и ЛНР:

Оплатить заказ можно при личной встрече, безналичным способом на сайте с помощью банковской карты или наложенным платежом.

Оплата заказа зависит от способа доставки.

1. При личной встрече (г. Макеевка, АС «Плеханово») — наличными в рублях РФ.

2. Наложный платеж за товары при доставке Почтой Донбасса/Почтой ЛНР. Дополнительно взимается плата за пересылку наложенного платежа.

3. Безналичный способ оплаты заказа на сайте.

При оплате заказа безналичным способом на сайте (100% предоплата, сумма заказа не менее 1000 рублей) — доставка БЕСПЛАТНАЯ!

Остерегайтесь мошенников! Информация об оплате должна поступать только от номера телефона +7(949) 528-68-01 (WhatsApp/Telegram) или в сообщениях Вконтакте (<https://vk.com/koreabeautyclub/>)/ директ Instagram (@korea.beauty.club) исключительно от имени группы. Если к Вам приходит сообщение от другого номера просто игнорируйте данную информацию или отправляйте жалобу о мошенничестве.

Рисунок 3. Информация об оплате на <https://koreabeautyclub.ru/>

Оплата заказа



Оплата курьеру при получении.

Рисунок 4. Информация об оплате на <https://uni-marketplace.com>

Таким образом в разрезе угроз интернет-ритейлов, в общем случае, мы можем говорить только о стандартных Web-уязвимостях.

Так, например, просканировав данные сайты с помощью асунетикс, автоматизированного инструмента тестирования безопасности веб-приложений, который проверяет веб-приложения на наличие уязвимостей, мы подтвердили наши догадки, о том, что обычные уязвимости есть, как и на практически любом сайте (рис. 5) [2].

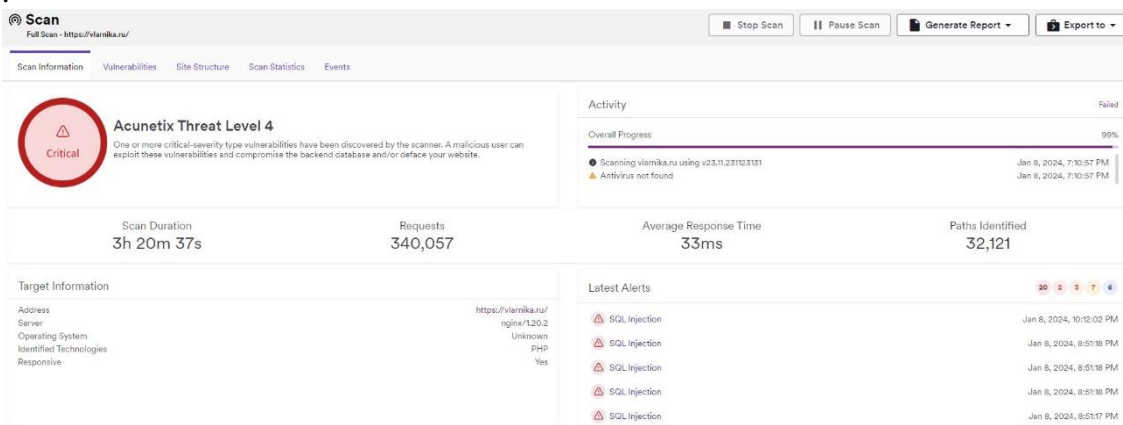


Рисунок 5. Результат сканирования при помощи асунетикс

Но так ли эти «обычные» уязвимости «безопасны» для интернет-магазинов?

Например, на сайте <https://vlarnika.ru/> найдена возможность выполнения Cross Site Scripting (рис. 6).

Severity	Vulnerability	URL	Parameter	Status	Confidence %
High	Cross-site Scripting	https://vlarnika.ru/		Open	95
High	Insecure Transportation Security Protocol Supported (TLS 1.0)	https://vlarnika.ru/		Open	100
Medium	HTTP Strict Transport Security (HSTS) Policy Not Enabled	https://vlarnika.ru/		Open	95
Medium	Insecure Transportation Security Protocol Supported (TLS 1.1)	https://vlarnika.ru/		Open	100
Medium	Multiple vulnerabilities fixed in PHP versions 5.5.12 and 5.4.28	https://vlarnika.ru/		Open	95
Low	Clickjacking: X-Frame-Options header	https://vlarnika.ru/		Open	95
Low	Cross site scripting (requiring unencoded quote)	https://vlarnika.ru/thankyou/	order	Open	100
Low	Cross site scripting (requiring unencoded quote)	https://vlarnika.ru/sitesearch/	request	Open	100
Low	Cross site scripting (requiring unencoded quote)	https://vlarnika.ru/donetsk/	section	Open	100

Рисунок 6. Результат сканирования при помощи асунетикс <https://vlarnika.ru/> (Cross Site Scripting)

В процессе такой атаки в веб-страницу встраивается вредоносный код, либо ссылка на него, который начинает выполняться сразу после того, как пользователь откроет страницу.

Последствия. В результате действия внедренного JS-кода, злоумышленник может заполучить авторизационные данные пользователя и войти в его аккаунт [3]. Другой вариант: жертву, незаметно для нее, перенаправляют на фишинговую страницу-клон, после чего, например, в случае фальшивых интернет-магазинов, похищается персональная и платежная информация, если пользователь новые это действительно может сработать, поскольку он не знаком с системой конкретного приложения.

Другой пример, на том же сайте, найдены возможности SQL Injection (рис. 7). Обычно с помощью атаки этого типа злоумышленник может получить информацию из базы данных в обход прямого доступа. В случае успеха данные пользователей интерпретируются как часть SQL-запроса, и его логика изменяется в угоду злоумышленнику, получающему чужие данные. Такая ситуация может произойти, если в коде сайта отсутствует фильтрация входящих параметров.

Severity	Vulnerability	URL	Parameter	Status	Confidence %
Critical	SQL Injection	https://vlarnika.ru/	/?/	Open	95
Critical	SQL Injection	https://vlarnika.ru/	/?/<script></script>	Open	95
Critical	SQL Injection	https://vlarnika.ru/	/?/<script></script>	Open	95
Critical	SQL Injection	https://vlarnika.ru/	/?/<script></script>	Open	95

Рисунок 7. Результат сканирования при помощи acunetix <https://vlarnika.ru/> (SQL Injection)

Последствия. Итогом SQL-атаки может стать массовая утечка конфиденциальных данных, потеря контроля над операциями администрирования и внедрение вредоносного контента в уязвимые места. Ущерб от эксплуатации этой уязвимости может стать критическим для владельца сайта или онлайн-бизнеса.

Выводы. Из проделанной работы можно сделать вывод что, в связи с особым положением интернет-магазины ДНР избегают использования автоматизированных средств платежей и предпочитают оплату за наличные или через банковские приложения.

Наличие обнаруженных в ходе исследования web уязвимостей на сайтах интернет-магазинов может привести к манипуляциям со стоимостью товаров и услуг, злоумышленники могут получить доступ к базам данных или аккаунтам клиентов.

В связи с бурным ростом цифровизации бизнеса в ДНР владельцам сайтов интернет-магазинов ДНР следует обратить внимание на безопасность web-приложений, поскольку отказ от автоматизированных банковских платежей не является гарантией безопасности бизнес-коммуникаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ульман, Ларри. 51 PHP и MySQL: создание интернет-магазинов, 2-е изд.: Пер. с англ. — М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2015. — 544 с.: ил. — Парал. тит. англ.
2. Acunetix. Универсальный сканер безопасности веб-приложений [Электронный ресурс]: – Электрон, дан. – 2024. – Режим доступа: <https://www.acceron.net/index.php/products/acunetix>
3. OWASP WEB. Application Security Verification Standard 4.0 Final 2019 [Электронный ресурс]: – Электрон, дан. – 2024.– Режим доступа: https://owasp.org/www-pdf-archive/OWASP_Application_Security_Verification_Standard_4.0-en.pdf

THREATS TO INFORMATION SECURITY OF ONLINE RETAIL IN THE DPR

Annotation: In the 2020s, the trend of buying and selling using the information and communication network Internet is increasingly visible, while on the “mainland” this direction was developing at a rapid pace, on our territory everything moved slowly, in some places it did not move at all. Now, after joining Russia, we are trying to catch up with what we have been missing for a good 6 years, in terms of developed Internet technologies, and not gradually, but all at once. In this case, no one is immune from mistakes. Checking the level of integration and possible vulnerabilities that may arise is the goal of the work.

Keyword: Internet technologies, online stores, vulnerabilities, technology development in the DPR, integration in new territories, e-commerce.

Kolesnik E.V.

Email: ketrinkilli@yandex.com

Scientific supervisor: Babicheva M.V., docent of the Department of Radiophysics and Infocommunication Technologies of Donetsk State University.

Email: mv.babicheva60@gmail.com

УДК 336.743

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В СИСТЕМАХ ГОЛОСОВОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ

Колесников К. Д.

*Научный руководитель: Бабичева М.В., канд. техн. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: работа посвящена разработке и исследованию нейросети для голосовой аутентификации пользователей и возможности предоставления ею несанкционированного доступа. Разработаны модель и программа, производящая оценку легальности пользователя для предоставления доступа. Разработана архитектура нейронной сети, проведены эксперименты по голосовой аутентификации легальных и нелегальных пользователей. Рассмотрены способы формирования голосовых образцов для введения в заблуждение системы аутентификации и рассчитаны ее основные характеристики - TAR, TRR, FAR, FRR. Намечены перспективы дальнейших исследований.

Ключевые слова: нейросеть, голосовая аутентификация.

Голосовая аутентификация. Голосовая аутентификация – это метод биометрической аутентификации, при котором в качестве идентификатора используется голос пользователя. Метод основан на определении по характеристикам речевого сигнала принадлежности данного речевого сигнала конкретному диктору.

Исследования в области обнаружения уязвимостей в системах голосовой аутентификации играют важную роль в обеспечении безопасности и надежности таких систем. Голосовая аутентификация стала все более популярным способом проверки личности, используемым в различных приложениях и услугах, включая банковское дело, торговлю электронными товарами и доступ к конфиденциальной информации [1].

Однако, с развитием технологий голосовой аутентификации, возникают и новые угрозы и уязвимости. Злоумышленники могут пытаться обойти системы голосовой аутентификации, используя методы подделки голоса, электронные атаки и другие манипуляции. Поэтому важно проводить исследования и разработку методов обнаружения и защиты от таких уязвимостей.

Обнаружение уязвимостей в системах голосовой аутентификации позволяет выявлять потенциальные слабые места в процессе аутентификации и принимать меры по их устранению. Это включает разработку алгоритмов и моделей для проверки подлинности голоса, анализа спектральных характеристик и других параметров голосовых данных. Такие исследования способствуют повышению надежности систем голосовой аутентификации и защите пользователей от возможных атак и мошенничества [2].

Подготовка данных для обучения и тестирования. Для эффективного обучения нейронной сети голосовой аутентификации необходимо тщательно распределить звуковые фрагменты между обучающим и тестовым наборами данных. Этот этап играет ключевую роль в обеспечении обобщения модели и ее способности распознавать голоса различных дикторов. Для начала создана структура папок в которой каждый диктор представлен отдельной папкой, в которой находятся звуковые файлы с их голосовыми записями.

На этапе выделения данных для обучения и тестирования мы использовали следующий подход. Для каждого диктора мы случайным образом выбирали определенное количество записей в обучающий набор, а оставшиеся записи отправляли в тестовый набор. Это позволяет создать сбалансированный набор данных для обучения и проверки производительности модели.

В рамках исследования напишем нейросеть которая обучится распознаванию аудиозаписей в предоставленном наборе данных. В процессе работы нейросеть будет проводить анализ структуры папок в указанном пути, обнаруживая аудиофайлы формата `.wav`. Этот этап позволяет убедиться в правильной организации данных и их доступности для последующей обработки. После успешной загрузки файлов можно приступить к последующим этапам, таким как обработка аудиоданных и формирование обучающего и тестового наборов. Для этого создаются списки входов (X) для хранения данных (спектрограмм) и выходов (y), меток (идентификация диктора) соответственно. Также создается пустой список `speakers` для отслеживания уникальных дикторов. Программа запускает таймер для измерения времени выполнения. Происходит проход по папкам (спикерам) в основной директории и вложенным файлам. Для каждой аудиозаписи загружается аудио и преобразуется в спектрограмму с использованием библиотеки `librosa`. Спектрограмма фиксируется по длине. Затем данные добавляются в списки X и y, а уникальные дикторы отслеживаются в списке `speakers`.

После завершения прохода по всем данным, списки X и y преобразуются в массивы `numpy`. Выводится информация о данных, включая количество образцов, форму массива данных и уникальные метки. После написания программы (Рис.1) для выполнения действий описанных выше можно учить нашу нейросеть распознавать легальных и нелегальных пользователей для их аутентификации.

```
data_path = 'D:/dataset1'

# Создаем списки для хранения данных и меток
x = []
y = []

# Проходим по всем папкам (спикерам) в основной папке
speakers = []
for speaker_folder in os.listdir(data_path):
    speaker_path = os.path.join(data_path, speaker_folder)

    # Пропускаем не-директории
    if not os.path.isdir(speaker_path):
        continue

    # Проходим по всем файлам в папке спикера
    for file_name in os.listdir(speaker_path):
        file_path = os.path.join(speaker_path, file_name)

        # Пропускаем не-аудио файлы
        if not file_name.endswith('.wav'):
            continue

        # Загружаем аудио и преобразуем его в спектрограмму
        y_temp, sr = librosa.load(file_path)
        spectrogram = librosa.feature.melspectrogram(y=y_temp, sr=sr)

        # Фиксированная длина спектрограммы (можно настроить)
        max_length = 250
        spectrogram_fixed = librosa.util.fix_length(spectrogram, size=max_length)

        # Добавляем спектрограмму и метку в списки
        x.append(spectrogram_fixed)
        y.append(speaker_folder)
        if speaker_folder not in speakers:
            speakers.append(speaker_folder)
```

Рис.1. Загрузка голосовых фрагментов в нейросеть

В программе будут использованы следующие библиотеки: `os` - для доступа к файлам и папкам; `librosa` - для обработки аудиофайлов; `numpy` - для работы с массивами данных; `matplotlib.pyplot` - для визуализации данных; `sklearn.model_selection` - для разделения данных на обучающий и тестовый наборы; `tensorflow.keras.models` - для создания и обучения моделей машинного обучения; `tensorflow.keras.layers` - для добавления слоев в модель; `sklearn.preprocessing.LabelEncoder` - для преобразования текстовых меток в числовой формат; `tensorflow.keras.utils.to_categorical` - для преобразования числовых меток в формат `one-hot encoding`. [3]

Обучение. Обучение модели будет выполняться следующим образом (Рис.2). Данные разделяются на обучающий и тестовый наборы в соотношении 80:20. Размеры

спектрограммы сохраняются в переменной `spectrogram_shape`. Текстовые метки преобразуются в числовой формат с помощью класса `LabelEncoder`; числовые метки преобразуются в формат `one-hot encoding` с помощью функции `to_categorical`.

Определим базовую архитектуру модели. В данном случае для начала используем последовательную модель с несколькими сверточными слоями и двумя полносвязными слоями; модель компилируется с использованием функции `compile()`. В качестве функции потерь используется `categorical_crossentropy`, а в качестве оптимизатора для начала используем `adam`, однако после проверки корректности обучения будем пробовать и другие методы и функции; модель обучается с использованием функции `fit()`. В качестве входных данных используется обучающий набор, а в качестве выходных данных - метки обучающего набора. Обучение выполняется в течение 10 эпох с использованием пакетов размером 32. Производительность модели оценим на тестовом наборе с использованием функции `evaluate()`.

```
# Определение архитектуры модели
model = Sequential()
model.add(Conv2D(32, kernel_size=(3, 3), activation='relu', input_shape=(*spectrogram_shape, 1)))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
model.add(Conv2D(64, kernel_size=(3, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
model.add(Conv2D(128, kernel_size=(3, 3), activation='relu'))
model.add(MaxPooling2D(pool_size=(2, 2)))
model.add(Flatten())
model.add(Dense(256, activation='relu'))
model.add(Dense(len(1e.classes_), activation='softmax'))

# Компиляция модели
model.compile(loss='categorical_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['accuracy'])

# Обучение модели
model.fit(X_train.reshape((X_train.shape, 1)), y_train_onehot, epochs=10, batch_size=32, validation_split=0.2)

# Оценка производительности модели на тестовом наборе
X_test_resaped = X_test.reshape((X_test.shape, 1))
evaluation_result = model.evaluate(X_test_resaped, y_test_onehot)
```

Рис.2. Обучение нейросети голосовой аутентификации

Определение наилучшей архитектуры и параметров обучения. В процессе исследования были опробованы варианты обучения с различной архитектурой и характеристиками нейросети, например: количество сверточных слоев нейросети (1, 2, 3); количество нейронов в слое нейросети (32, 64, 128, 256); методов оптимизации (`adam`, `sgd`); функций активации (`relu`, `tanh`, `softmax`); количество эпох (5, 10, 15, 20).

В процессе эксперимента для начала было использовано небольшое количество речевых фрагментов для увеличения скорости обучения для проведения большего количества экспериментов. В итоге было проведено 50 различных экспериментов.

При исследовании нейросети с одним сверточным слоем можно было пронаблюдать что метод оптимизации `sgd` (точность 21%) показывает результаты в 2 раза превышающие `adam` (точность 10%) по точности распознавания, следовательно, после проведения эксперимента с большим количеством слоев для того чтобы убедиться в аналогичных результатах, эксперимент продолжил проводиться именно с этим методом.

Аналогично с методом оптимизации, в процессе начальных экспериментов можно было наблюдать более высокую точность у функции `tanh` (точность 31%) в сравнении с `relu` (точность 26%) и `softmax` (точность 21%), однако так как преимущество не было очень весомым для проверки были исследованы все функции с увеличением количества нейронов в слое. После того как мы убедились в том какой набор характеристик принес наилучший вариант мы увеличили количество слоев до 2 и исследовали уже какие характеристики для второго слоя окажутся более точны в определении легитимных пользователей. В итоге ключевые эксперименты и их результаты отражены в таблице (Таблица 1) и на графике (Рис.3).

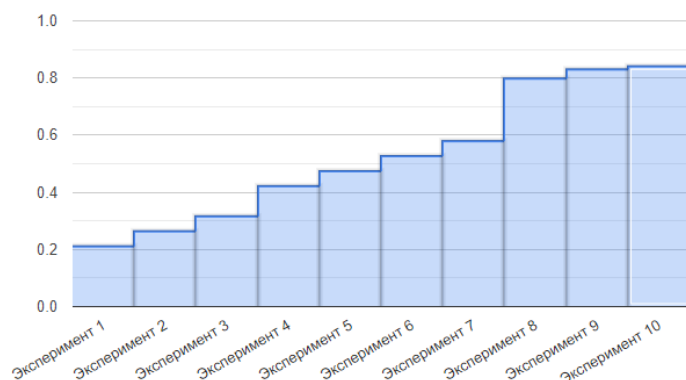


Рис.3. Точность ключевых экспериментов при подборе характеристик нейросети.

Таблица 1

Ключевые эксперименты при подборе архитектуры нейросети

№	Кол-во св. слоев	Кол-во нейронов	Метод оптимизации	Функция активации	Данные для обучения (фр.)	Результат
1	1	32	adam	softmax	91	Loss: 8.1247282 Accuracy:0.210526
2	1	32	adam	relu	91	Loss:466.04 Accuracy:0.26315
3	1	32	adam	tanh	91	Loss: 6.012669 Accuracy:0.315789
4	1	32	sgd	tanh	91	Loss: 1.816727638 Accuracy:0.421
5	2	32,64	sgd	relu, relu	91	Loss: 1.7697 Accuracy:0.473684
6	3	32,64, 128	sgd	tanh, tanh, tanh	91	Loss: 1.9151649 Accuracy:0.526316
7	2	32,64	sgd	tanh, tanh	91	Loss: 1.724338769 Accuracy:0.578947
8	3	32,64, 64	sgd	tanh, tanh, tanh	467	Loss: 0.59374 Accuracy:0.787234
9	3	32,64,128	sgd	tanh, tanh, tanh	467	Loss: 0.572 Accuracy:0.82978
10	2	32,64	sgd	tanh, tanh	467	Loss: 0.58 Accuracy:0.84

Как можно увидеть все же наибольший скачок точности произошел на эксперименте 8, после того как мы увеличили количество данных для обучения, что должно быть очевидным, однако если посмотреть на эксперименты, которые прошли после этого то таких же существенных улучшений как в первых экспериментах не наблюдается. Это значит что мы подобрали оптимальные характеристики даже на маленьком наборе данных и можем не тратить продолжительное время на обработку большого объема данных при обучении. Наилучший результат показала архитектура отображенная на рисунке 4.

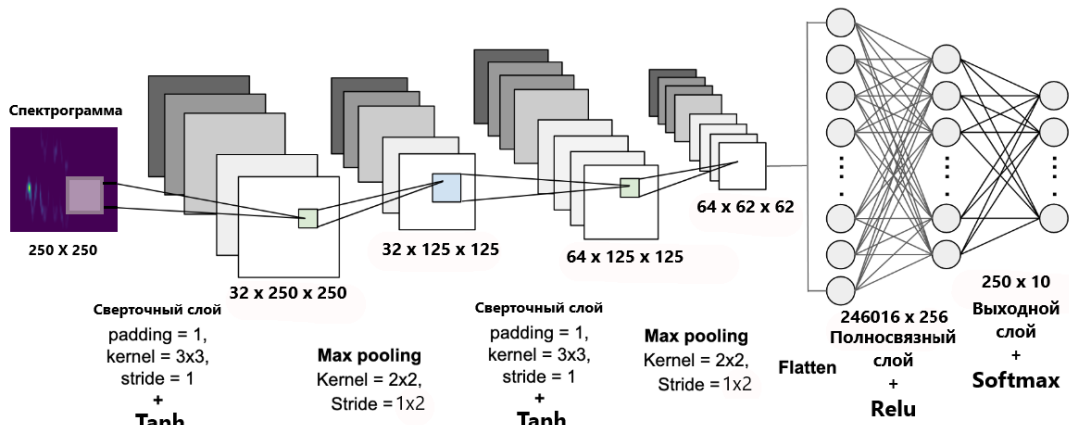


Рис.4. Архитектура модели нейросети, показавшая наилучшую точность

Проверка легальности пользователей. После того как мы обучили нашу модель нужно провести проверку насколько корректно она будет распознавать пользователей, для этого мы напишем программу которая будет загружать наши заготовленные записи для проверки, а также загрузит данные уже обученной нейросети чтобы не обучать при каждой проверке пользователей.

После загрузки система будет проверять легальность пользователей, которые пытаются получить доступ к системе. Для этого система будет использовать загруженную модель для предсказания того, к какому спикеру принадлежит аудиозапись. Если предсказание модели совпадает с ожидаемым спикером, то пользователь считается легальным. В противном случае пользователь считается незаконным. В итоге программа выводит количество записей и процент верных аутентификаций (Рис. 5).

```

0.8897984
Запись: fail1.wav, спикер: 4, легален: False
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 135ms/step
0.48528442
Запись: fail2.wav, спикер: 6, легален: False
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 138ms/step
0.8445252
Запись: fail8.wav, спикер: 4, легален: False
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 145ms/step
0.527935
Запись: test1.wav, спикер: 6, легален: False
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 147ms/step
0.97533107
Запись: test10.wav, спикер: 1, легален: True
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 139ms/step
0.98354244
Запись: test4.wav, спикер: 4, легален: True
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 145ms/step
0.40007287
Запись: test4_1.wav, спикер: 8, легален: False
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====]
Запись: test5.wav, спикер: 5, легален: True
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 156ms/step
0.9349698
Запись: test5_1.wav, спикер: 5, легален: True
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 155ms/step
0.9980939
Запись: test6.wav, спикер: 6, легален: True
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 153ms/step
0.95571566
Запись: test7.wav, спикер: 7, легален: True
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 170ms/step
0.8641879
Запись: test8.wav, спикер: 8, легален: False
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 141ms/step
0.73804164
Запись: test8_1.wav, спикер: 8, легален: False
1/1 [=====] - ETA: 0s [=====] - 0s 160ms/step
0.6615016
Запись: test8_2.wav, спикер: 8, легален: False
Количество записей: 14
Процент верных аутентификаций: 0.42857142857142855
    
```

Рис.5. Результаты предоставления доступа нейросетью

Поскольку для системы аутентификации важно не только не пропустить нелегального пользователя, но и пропустить легального, были рассчитаны основные параметры для системы аутентификации на предложенной нейронной сети: TAR (True Accept Rate) – спикер легален и распознан правильно - 42%; TRR (True Reject Rate) – спикер не легален и не распознан правильно – 21%; FAR (False Accept Rate) – спикер нелегален, но распознан как легальный – 0%; FRR (False Reject Rate) – спикер легален, но не распознан как легальный – 35%. По результатам можно увидеть что записи с названием начинающиеся на fail нейросеть посчитала нелегальными, что является

главным показателем того что она не дала бы лишнего доступа данным спикерам которые не являются легальными. Если смотреть на записи с названиями test, то можно увидеть что она корректно распознала не всех пользователей, скорее всего это связано с тем что у данных пользователей при обучении было меньше данных для обучения чем у других.

Теперь попробуем дать ей 50 различных отрезков которые не принадлежат легальным спикерам и посмотрим даст ли она доступ посторонним (Рис. 6). Как можно увидеть, ни одному постороннему спикеру наша сеть не выдала доступ, что можно считать положительным результатом.

Количество записей: 50
 Процент верных аутентификаций: 0.0

Рис.6. Результаты при проверке 50 нелегальных пользователей

Если взять во внимание предыдущие результаты то можно увидеть что у нейросети нет проблем с выявлением нелегальных пользователей, но есть достаточный шанс на то что легальному пользователю не будет предоставлен доступ. Исходя из этого необходимо провести исследование влияния количества данных для обучения у каждого легального спикера. Для этого проверим голосовые отрывки каждого из легальных пользователей и определим точность распознавания каждого из них (Таблица 2).

Как видно из результатов на успешность обучения в большей степени влияет конечно же объем данных, но даже при одинаковом количестве разные спикеры показали отличные друг от друга результаты, которые нельзя было бы назвать погрешностью. Исходя из этого можно сделать вывод что большое влияние так же оказывает и качество данных при обучении.

Влияние шума. Одной из основных атак на системы голосовой аутентификации является eavesdropping (перехват голоса) — это атака, при которой злоумышленник перехватывает голос законного пользователя и использует его для прохождения аутентификации. При перехвате на голос могут наложиться разнообразные шумы, а значит было бы полезно узнать насколько шум будет влиять на прохождение аутентификации.

Таблица 2

Процент правильно распознанных легальных спикеров

№ спикера	Кол-во голосовых отрезков	TAR
1	15	26%
2	8	75%
3	3	0%
4	35	46%
5	50	84%
6	296	98%
7	20	35%
8	20	55%
9	10	20%
10	10	50%

Для этого наложим на запись голоса одного из спикеров шум различной громкости и проверим в какой момент нейросеть перестанет считать пользователя легальным (Рис. 7).

```

#####1/1 [=====] - 0s 1/1 [=====] - ETA: 0s#####
0.9970579 #####1/1 [=====] - 0s
Запись: mixed_0.0.wav, спикер: 6, легален: True 0.98071116
1/1 [=====] - ETA: 0s##### Запись: mixed_0.6.wav, спикер: 6, легален: True
#####1/1 [=====] - 0s 1/1 [=====] - ETA: 0s#####
0.9964671 #####1/1 [=====] - 0s
Запись: mixed_0.1.wav, спикер: 6, легален: True 0.96192074
1/1 [=====] - ETA: 0s##### Запись: mixed_0.7.wav, спикер: 6, легален: True
#####1/1 [=====] - 0s 1/1 [=====] - ETA: 0s#####
0.9956104 #####1/1 [=====] - 0s
Запись: mixed_0.2.wav, спикер: 6, легален: True 0.9035662
1/1 [=====] - ETA: 0s##### Запись: mixed_0.8.wav, спикер: 6, легален: True
#####1/1 [=====] - 0s 1/1 [=====] - ETA: 0s#####
0.994331 #####1/1 [=====] - 0s
Запись: mixed_0.3.wav, спикер: 6, легален: True 0.64467174
1/1 [=====] - ETA: 0s##### Запись: mixed_0.9.wav, спикер: 6, легален: False
#####1/1 [=====] - 0s 1/1 [=====] - ETA: 0s#####
0.99224746 #####1/1 [=====] - 0s
Запись: mixed_0.4.wav, спикер: 6, легален: True 0.26224303
1/1 [=====] - ETA: 0s##### Запись: mixed_1.0.wav, спикер: 6, легален: False
#####1/1 [=====] - 0s
0.988452
Запись: mixed_0.5.wav, спикер: 6, легален: True
    
```

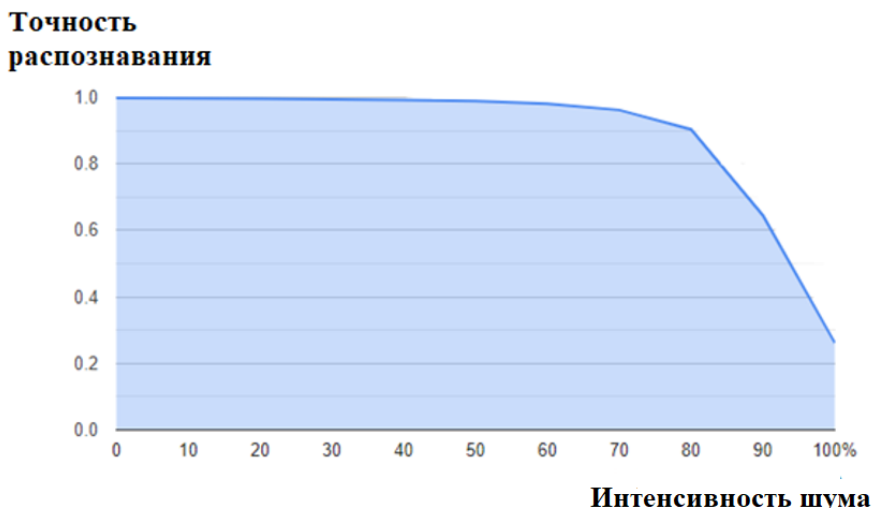


Рис.7. Результаты исследования влияния шума

Исходя из результатов можно увидеть что даже при шуме равном 80% громкости речи нейросеть все равно распознала пользователя, поэтому если злоумышленник перехватит сигнал вероятность что при его использовании он получит доступ крайне велика.

Выводы. В ходе исследования была разработана методика исследования уязвимостей голосовой аутентификации, подготовлены образцы звуковых файлов для обучения и тестирования нейронной сети для распознавания пользователей по голосу. Реализована нейросетевая модель на базе фреймворка Keras + Tensorflow для проведения экспериментов по распознаванию пользователей в системах аутентификации по голосу. Проведено обучение и тестирование нейронных сетей различных архитектур (более 10-ти различных моделей). Экспериментально найдены архитектура и параметры нейронной сети (2 сверточных слоя с ядром свертки 3x3, 2 слоя макспулинга 2x2, полносвязный слой из 256 нейронов с функцией активации Relu и функцией softmax на выходе), позволяющие различать легитимных пользователей с наибольшей точностью.

Эксперименты показали, что уязвимости в системах голосовой идентификации в основном обусловлены возможностью генерации голосовых фрагментов со схожими спектральными характеристиками, поскольку распознавание основано на извлечении характерных меток спектрограммы спикера. То, как влияют на распознавание способы подделки спектральных особенностей (изменение коэффициентов Фурье-преобразования или ДКП имеющегося фрагмента речи, синтез похожего фрагмента речи), изменение других речевых характеристик и способов обработки (тембр, частота дискретизации, наличие шума) и параметры нейросетей, формирующих фейковые звуковые образцы будет рассмотрено в ходе дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голосовая аутентификация: – Электрон, дан. – 2022. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43073430>
2. Способ и система аутентификации пользователя с помощью голосовой биометрии: – Электрон, дан. – 2021. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45812447>
3. Библиотеки для глубокого обучения: Keras [Электронный ресурс] – Электрон, дан. – 2017. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/ods/articles/325432/>

NEURAL NETWORKS IN VOICE AUTHENTICATION SYSTEMS

Annotation: The work is devoted to the development and research of a neural network for voice authentication of users and the possibility of unauthorized access by it. A model and a program have been developed that perform an assessment of the user's legitimacy for granting access. The architecture of the neural network has been developed, experiments have been carried out on voice authentication of legitimate and illegitimate users. The methods of forming voice samples to mislead the authentication system have been considered and its main characteristics have been calculated - TAR, TRR, FAR, FRR. Prospects for further research are outlined.

Keywords: neural network, voice authentication.

Kolesnikov K.D.

Email: kostrko619@gmail.com

Scientific adviser: Babicheva M.V., docent of Department of Radiophysics and Infocommunication Technologies of Donetsk National University.

Email: mv.babicheva60@gmail.com

УДК 336.743

ОБХОД СИСТЕМЫ CAPTCHA ПОСРЕДСТВОМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Лебедев К. Е.

*Научный руководитель: Бабичева М.В., канд. техн. наук., доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: в данной работе рассматривается модель сверточной нейронной сети, которая разработана для обхода системы CAPTCHA. Для осуществления обхода системы CAPTCHA были разработаны скрипт и несколько архитектур нейронной сети с разным количеством сверточных слоев, их фильтров, ядер и полносвязных слоев. Для того, чтобы сформировать обучающие и проверочные данные, был написан скрипт, который генерирует тривиальные CAPTCHA, состоящие из 6 символов английского алфавита в верхнем регистре и/или цифр.

Ключевые слова: CAPTCHA, сверточная нейронная сеть.

Система CAPTCHA. CAPTCHA – (Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart или полностью автоматизированный публичный тест Тьюринга для различения компьютеров и людей) – полностью автоматизированный компьютерный тест для определения (различения) компьютеров и людей с помощью автоматической настройки определенных заданий, которые легко могут быть решены людьми, однако сложны для компьютеров. CAPTCHA используется на многих Интернет-сервисах и веб-сайтах для того, чтобы отличить обычно пользователя сети от ботов. Соответственно CAPTCHA является одной из целей злоумышленников для атак. Существует немало способов для прохождения различных CAPTCHA: эксплуатация уязвимостей в коде серверной части, дизайне и архитектуре веб-сайта, использование баз данных со взломанными CAPTCHA, специальных ресурсов, на которых люди идентифицируют CAPTCHA. Однако одним из самых эффективных и достаточно новых способов взлома CAPTCHA является использование созданных под эту задачу нейронных сетей. По этой причине текстовые CAPTCHA постоянно модифицируются и усложняются с целью повышения как своей безопасности, так и безопасности всех ресурсов, на которых они используются [1].

Генерация CAPTCHA. В качестве примера распознавания текста CAPTCHA используются сгенерированные на языке программирования Python достаточно тривиальные CAPTCHA, состоящие из 6 символов английского алфавита в верхнем регистре и/или цифр. Названия сгенерированных CAPTCHA имеют следующий формат: текст, сгенерированный для этой CAPTCHA, который и является ответом на эту CAPTCHA + расширение «.png». Созданные CAPTCHA сохраняются в директории education_captcha. Всего для обучения нейронной сети и проверочных данных было создано 10000 CAPTCHA.

На рисунке 1 приведен пример CAPTCHA, которая была создана с помощью описанного выше скрипта.

ASK3BK

Рисунок 1. CAPTCHA, созданная с помощью приведенного скрипта

Подготовка данных для обучения. Для того, чтобы нейронная сеть после своего обучения могла корректно распознавать текст, который расположен на САРТСНА, необходимо правильно предварительно обработать обучающие данные. Подавать на нейронную сеть цельное изображение САРТСНА не имеет смысла, потому что в таком случае нейронная сеть не сможет обучиться распознавать отдельные символы и не распознает САРТСНА, не входившую в обучающую выборку данных. Соответственно, из каждой подготовленной САРТСНА необходимо вырезать отдельные символы и сгруппировать вместе все получившиеся изображения одного и того же символа. В итоге для каждого символа будет сформирован набор различных вариаций его изображений на подготовленных САРТСНА. По этим подготовленным набором данных нейронная сеть и будет обучаться [2].

Процесс подготовки данных для обучения можно описать следующим алгоритмом:

1. Загрузка и преобразование изображения САРТСНА в оттенки серого на каждой итерации обработки всего массива САРТСНА.

2. Добавление к изображению САРТСНА граничных пикселей для более эффективного выделения символов.

3. Использование алгоритма пороговой обработки изображения для выделения контуров символов на САРТСНА.

4. Использование алгоритма поиска контуров для нахождения контуров каждого символа на изображении САРТСНА. В данном случае контуры будут аппроксимированы с использованием метода склеивания точек (Ramer-Douglas-Peucker algorithm). Этот метод аппроксимации удаляет все ненужные точки, сохраняя только начальную и конечную точку каждого сегмента и точки изгибов.

5. Разделение символов на сектора (если нужно): с целью исключения случаев, когда два рядом стоящих символа будут вырезаны как один, была введена проверка отношения ширины вырезаемой области к ее высоте. В случае, если ширина области превышает ее высоту в более, чем в 1,25 раза, то ширину этой области уменьшают в 2 раза.

6. Сохранение каждого символа в папку, соответствующую его метке.

В итоге, по мере обработки всех САРТСН, директория каждого символа будет заполняться различными вариантами изображения данного символа в сгенерированных САРТСНА (Рис. 2). На рисунке 2 также показан пример вырезанного символа из САРТСНА.

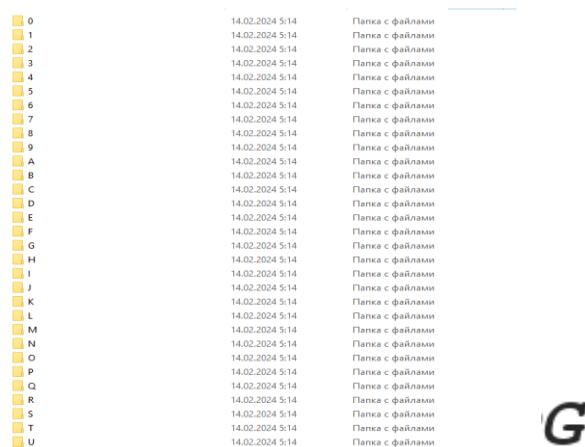


Рисунок 2. Директории, в которых хранятся различные варианты изображений определенных символов и пример вырезанного символа из САРТСНА

Подготовка обучающей выборки и тестовых данных. Из созданных изображений отдельных символов САРТСНА необходимо создать обучающие и тестовые данные. Аналогично описанному в прошлом разделе алгоритму действий изображения отдельных символов САРТСНА загружают, преобразуют в оттенки серого и изменяют до размера 20x20 пикселей. Далее формируют NumPy массив данных, который хранит информацию о изображении символа САРТСНА (массив входов), и аналогичный массив с метками символов (массив выходов).

Все значения пикселей каждого изображения нормализуется, то есть каждый пиксель делится на свое максимально возможное значение в цветовой палитре RGB – 255. После этого весь набор данных разделяют на обучающую и тестовые выборки в определенном соотношении. В данном случае размер тестовой выборки составил 20% от общего набора данных. Осуществить разделение всего набора данных на обучающую и тестовые выборки можно, например, с помощью функции `train_test_split()` из библиотеки `sklearn` для языка программирования Python. Для корректного процесса обучения обучающий и тестовый массив с метками символов изображений САРТСНА преобразуют в «one hot» вектор [3].

Модель нейронной сети. В данной работе в качестве работающей нейронной сети для обхода системы САРТСНА используется сверточная нейронная сеть с тремя сверточными и двумя полносвязными слоями. Первый сверточный слой состоит из 32 фильтров и ядра размером 3x3, формат входных данных имеет размер 20x20 пикселей и 1 цветовой канал, выходная карта признаков имеет тот же размер, что и исходное изображений (параметр `padding='same'`), функцией активации является `relu`. Второй и третий сверточные слои состоят из 64 фильтров и ядра размером 3x3, остальные параметры идентичны параметрам первого сверточного слоя. После сверточных слоев располагаются слои `MaxPooling`, которые увеличивают масштаб полученных признаков. Размер рамки окна этих слоев составляет 2x2 пикселя (`pool_size=(2,2)`), шаг сканирования по осям плоскости составляет 2x2 (`strides=(2,2)`). Слой `Flatten` преобразует весь тензор в один вектор. Далее этот вектор подается на полносвязный слой с 600 нейронами. Окончательную классификацию исследуемого символа осуществляет выходной полносвязный слой. Количество нейронов этого выходного полносвязного слоя равняется количеству всех уникальных символов, которые могут встретиться в обучающем наборе САРТСН.

В данном случае выходной слой будет иметь 36 нейронов, так как сгенерированные САРТСНА содержат только буквы английского алфавита в верхнем регистре и цифры. Стоит отметить, что все сверточные слои и первый полносвязный слой используют функцию `relu` в качестве функции активации, а выходной полносвязный слой – функцию `softmax`. Для обучения нейронной сети используется категориальная кроссэнтропия в качестве функции потерь и методы `adam` – в качестве метода оптимизации. Размер `batch` составляет 32, количество эпох обучения – 20. Вид архитектуры созданной модели сверточной нейронной сети приведен на рисунке 3.

```

Model: "sequential"
-----
Layer (type)                Output Shape                Param #
-----
conv2d (Conv2D)             (None, 20, 20, 32)         320
max_pooling2d (MaxPooling2D) (None, 10, 10, 32)         0
conv2d_1 (Conv2D)           (None, 10, 10, 64)         18496
max_pooling2d_1 (MaxPooling2D) (None, 5, 5, 64)          0
conv2d_2 (Conv2D)           (None, 5, 5, 64)          36928
max_pooling2d_2 (MaxPooling2D) (None, 2, 2, 64)          0
flatten (Flatten)           (None, 256)                 0
dense (Dense)               (None, 650)                 167050
dense_1 (Dense)             (None, 36)                  23436
-----
Total params: 246,230
Trainable params: 246,230
Non-trainable params: 0
    
```

Рисунок 3. Вывод подробной информации об архитектуре модели нейронной сети

Код создания архитектуры сверточной нейронной сети и ее обучения приведен на рисунке 4.

```

def create_model(count_classes):
    model = Sequential([
        Conv2D(32, (3, 3), padding="same", input_shape=(20, 20, 1), activation="relu"),
        MaxPooling2D(pool_size=(2, 2), strides=(2, 2)),
        Conv2D(64, (3, 3), padding="same", activation="relu"),
        MaxPooling2D(pool_size=(2, 2), strides=(2, 2)),
        Conv2D(64, (3, 3), padding="same", activation="relu"),
        MaxPooling2D(pool_size=(2, 2), strides=(2, 2)),
        Flatten(),
        Dense(600, activation="relu"),
        Dense(count_classes, activation="softmax")
    ])
    return model

def train_neural_network(model, x_train, x_valid, y_train, y_valid, model_name):
    model.compile(loss="categorical_crossentropy", optimizer="adam", metrics=["accuracy"])
    model.fit(x_train, y_train, validation_data=(x_valid, y_valid), batch_size=32, epochs=20, verbose=1)
    model.save(model_name)
    
```

Рисунок 5. Код создания архитектуры сверточной нейронной сети и ее обучения

На рисунках 5 и 6 приведены примеры правильного распознавания текста на изображении CAPTCHA. Correct answer – текст, который должен находиться на изображении CAPTCHA. Neural network CAPTCHA answer – текст, который по предсказаниям нейронной сети изображен на исследуемой CAPTCHA. Таким образом, нейронная сеть с описанной в разделе «Модель нейронной сети» архитектурой, смогла корректно определить текст, который содержится на выбранном изображении CAPTCHA.

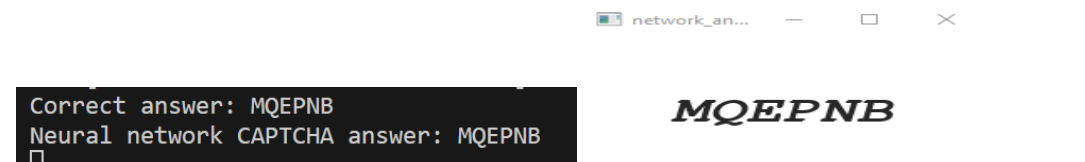


Рисунок 5. Пример правильного распознавания CAPTCHA с текстом MQEPNB

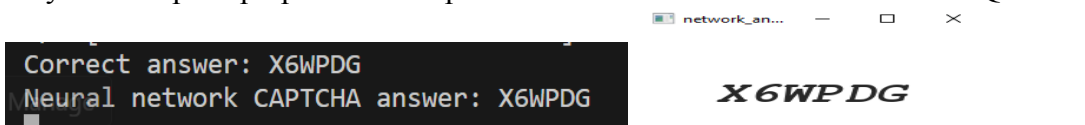


Рисунок 6. Пример правильного распознавания CAPTCHA с текстом X6WPDG

Исследование различных архитектур нейронных сетей. Исследовались нейронные сети с некоторыми отличиями в архитектуре (Таблица 1).

Таблица 1. Исследуемые варианты архитектуры нейронной сети.

№	Кол-во св. слоев	Кол-во фильтров в 1 св. слое	Кол-во фильтров в 2 св. слое	Кол-во фильтров в 3 св. слое	Кол-во фильтров в 1 полносв. слое	Кол-во эпох обучений	Точность распозн. тест. выборки
1	3	32	64	64	650	20	1,00
2	2	32	64	–	650	40	0,430
3	3	32	64	64	800	60	1,00
4	3	32	64	64	1000	80	0,842
5	3	32	64	128	500	80	0,598
6	3	32	64	128	800	80	0,059

Точность распознавание тестовой выборки CAPTCHA нейронной сети, архитектура которой состоит из двух сверточных слоев, составила 0,430. В таблице 2 приведены символы, при распознавании которых нейронная допустила ошибки, и символы, которые нейронная сеть предсказала вместо правильных вариантов.

Таблица 2. Неправильно распознанные символы сетью архитектуры №2

№	Правильный символ	Предсказанный символ
1	G	C
2	E	F
3	R	P
4	Z	7
5	R	Q
6	N	C
7	M	L
8	M	T
9	L	I
10	X	Y
11	K	F
12	8	Q
13	X	I
14	Z	Y
15	U	C
16	9	Q

На рисунке 7 приведены неправильно распознанные CAPTCHA этой архитектурой нейронной сети. При рассмотрении таблицы 2 видно, что эта архитектура сети допускала ошибки как при распознавании похожих символов, например, G – C, E – F, R – P, Z – 7, так и мало похожих на друг друга: 9 – Q, U – C, M – N.

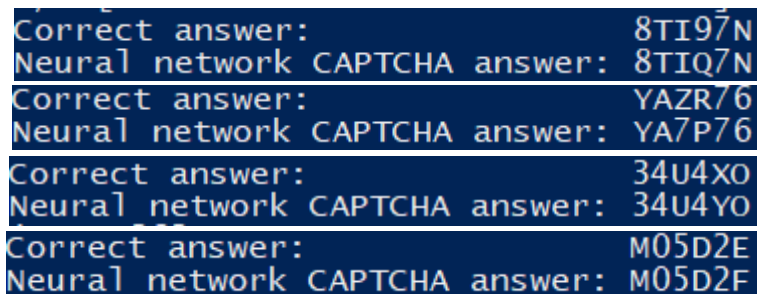


Рисунок 7. Примеры неправильного распознавания CAPTCHA архитектуры №2.

Архитектура под №3 из таблицы во многом похожа на рассмотренную архитектуру в самом начале. Увеличение количества нейронов в первом полносвязном слое до 800 и количества эпох обучения нейронной сети до 60 не оказали влияния на

результат распознавания CAPTCHA по сравнению с первой архитектурой нейронной сети. Однако время обучения такого варианты архитектуры нейронной сети значительно больше, чем время обучения первого варианта. Точность распознавания CAPTCHA составила 1,00.

Увеличение количества нейронов в первом полносвязном слое до 1000 и количества эпох обучения до 80 в варианте архитектуры нейронной сети под №4 привело к ухудшению возможностей распознавания CAPTCHA. Точность распознавания тестовой выборки CAPTCHA составила 0,842. По сравнению с вариантами №1 и №3 точность распознавания снизилась на 0,15. Нейронная сеть с такой архитектурой систематически вместо символа S распознавала символ В. В нескольких случаях нейронная сеть определяла символы R, E, Z, и K как цифру 6. Однако чаще всего эти символы распознавались корректно. Предположительно ошибки с этими символами возникают по той причине, что из некоторых CAPTCHA данные символы вырезаются некорректно. На рисунке 8 приведены ошибочно распознанные символы.

Correct answer: 1KAIDT
 Neural network CAPTCHA answer: 16AIDT

Correct answer: 9H1SEV
 Neural network CAPTCHA answer: 9H1BEV

Рисунок 8. Ошибочно распознанные CAPTCHA сетью с архитектурой № 4

При использовании архитектуры со 128 фильтрами в третьем сверточном слое и 500 нейронами в полносвязном слое точность распознавания CAPTCHA упала до значения 0,598. В таблице 3 приведены неправильно распознающиеся символы.

Таблица 3. Неправильно распознанные символы сетью архитектуры №5

№	Правильный символ	Предсказанный символ
1	I	Y
2	2	3
3	Q	O
4	E	F
5	E	L
6	G	L
7	F	Y
8	Q	V
9	2	9
10	K	L

При анализе таблицы 3 видно, что данная архитектура нейронной сети вместо правильных символов определяет другие достаточно похожие на них символы. Например, вместо символа I распознается Y, 2 – 3, 3 – 9, Q – O, E – F, E – L, K – L. Однако нейронная сеть допускает и более серьезные ошибки, которые заключаются в том, что она детектирует символы, которые сильно не похожи на изображенные на CAPTCHA. Например, Q – V, F – Y, G – L. На рисунке 9 приведены примеры неправильно распознанных CAPTCHA.

Correct answer: TEFGOG
 Neural network CAPTCHA answer: TFFLOG

Correct answer: P2RFIY
 Neural network CAPTCHA answer: P9RFIY

Correct answer: QC/5TH
 Neural network CAPTCHA answer: VC75TH

Рисунок 9. Неправильно распознанные CAPTCHA нейронной сетью с архитектурой №5.

Архитектура нейронной сети №6 показала наихудший результат распознавания CAPTCHA среди всех исследованных вариантов. Увеличение числа нейронов в полносвязном слое до 800 привело к тому, что точность распознавания CAPTCHA упала до значения 0,059. Данная нейронная сеть путает как большое количество похожих символов: W – V, G – C, 9 – 3, Q – O, D – O, R – P, 0 – O, так и символы, которые имеют между собой мало общего, например, T – C, 8 – 4, W – 4, N – Y. Все уникальные случаи ошибочного распознавания символов и цифр приведены в таблице 4. Фактически, данная архитектура нейронной сети не способна обходить даже тривиальную систему CAPTCHA. Из этого следует, что дальнейшее увеличение количества фильтра в сверточном слое или количества нейронов в полносвязном слое является бессмысленными. На рисунке 10 приведены примеры ошибок нейронной сети при распознавании конкретных CAPTCHA.

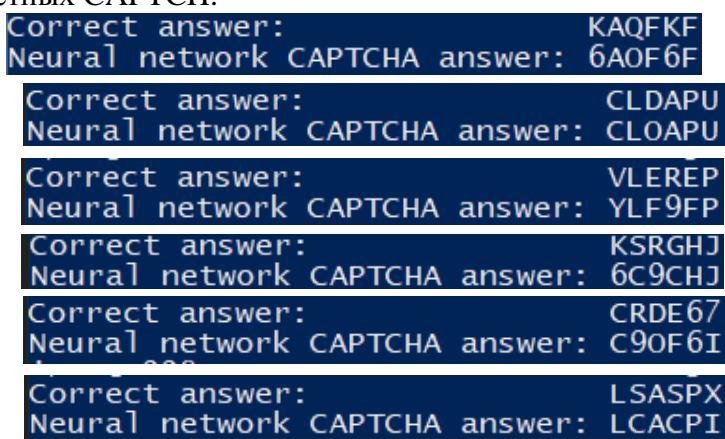


Рисунок 10. Примеры ошибок нейронной сети № 6 при распознавании конкретных CAPTCHA

Таблица 4. Уникальные случаи ошибочного распознавания символов сетью архитектуры №6

№	Правильный символ	Предсказанный символ
1	B	9
2	W	V
3	8	4
4	Q	O
5	9	3
6	N	O
7	S	C
8	T	C
9	V	C
10	K	C
11	H	4
12	P	9
13	7	I
14	N	Y
15	X	Y
16	D	O
17	W	4
18	R	P
19	U	I
20	2	1
21	W	M
22	X	I
23	K	6
24	N	C

25	G	C
26	R	9
27	Z	I
28	5	1
29	0	O
30	E	F
31	V	Y
32	K	Y
33	X	1

Выводы. В ходе данной работы были исследованы и проанализированы 6 архитектур сверточной нейронной сети для обхода системы САРТСНА. Предварительная обработка данных играет одну из ключевых ролей при обучении нейронной сети. Так если нейронную сеть обучили на некорректной выборке данных, то она не сможет правильно выполнить поставленную перед ней задачу. Был рассмотрен алгоритм, который из сгенерированных САРТСНА вырезает каждый символ и сохраняет его в директории с названием данного символа. Так для всех символов формируется набор его различных вариаций изображений в сгенерированных САРТСНА.

Наилучший безошибочный результат распознавания САРТСНА продемонстрировала нейронная сеть, архитектура которой имеет следующий вид: три сверточных слоя, состоящие из 32, 64 и 64 фильтров соответственно и ядра размером 3x3; три слоя MaxPooling, предназначенных для увеличения масштаба полученных признаков, размер рамки окна этих слоев составлял 2x2 пикселя, шаг сканирования по осям плоскости – 2x2; слой Flatten, который преобразует весь тензор в один вектор; полносвязный слой с 600 или 800 нейронами; выходной слой с 36 нейронами. Точность распознавания тестовой выборки САРТСНА этих двух архитектур нейронной сети составила 1,00.

Дальнейшее увеличение нейронов в первом полносвязном слое привело к уменьшению точности распознавания САРТСНА до значения 0,842. Так нейронная сеть с 1000 нейронами в полносвязном слое систематически путала символ S с B. В нескольких случаях нейронная сеть определяла символы R, E, Z, и K как цифру 6. Предположительно ошибки с этими символами возникают по той причине, что из некоторых САРТСНА данные символы вырезаются некорректно.

Использование сверточного слоя со 128 фильтрами и полносвязного слоя с 500 нейронами привело к увеличению числа ошибочно распознаваемых символов. Эта нейронная сеть регулярно путала следующие похожие символы: I – Y, 2 – 3, 3 – 9, Q – O, E – F, E – L, K – L. Кроме этого, она предсказывала и символы, которые мало похожи на те, которые были изображены на САРТСНА, например, Q – V, F – Y, G – L. Итоговая точность распознавания составила 0,598.

Еще худшие результаты распознавания продемонстрировала нейронная, состоящая из двух сверточных слоев с фильтрами 32 и 64 соответственно, а также 650 нейронов. Точность распознавания этой нейронной сети составила 0,430. Всего эта нейронная сеть имеет 16 уникальных паттернов ошибок, что на 6 больше, чем выше описанная. Самые распространенные примеры: G – C, E – F, R – P, Z – 7. Подразумевается, что один и тот же символ нейронная сеть может распознать по-разному: M – L, M – T.

Увеличение числа нейронов в полносвязном слое до 800 в архитектуре со сверточным слоем, состоящем из 128 фильтров, привело к наиболее резкому падению точности распознавания символов САРТСНА, которая составила 0,059. Данная архитектура нейронной сети не способна обходить даже тривиальную систему САРТСНА.

Таким образом, увеличение числа фильтров в третьем сверточном слое до 128 существенно снизило точность распознавания CAPTCHA. Второе резкое падение точности нейронной сети наблюдалось при дальнейшем увеличении числа нейронов в полносвязном нейронном слое, что привело к полнейшей неспособности нейронной сети распознавать CAPTCHA. Наиболее эффективными оказались архитектуры нейронной сети из 3 сверточных слоев, которые состоят из 32, 64 и 64 фильтрах соответственно, и полносвязного слоя с 650 или 800 нейронами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gao, H., Wang, W., Qi, J., Wang, X., Liu, X., & Yan, J. (2013, November). The robustness of hollow CAPTCHAs. In Proceedings of the 2013 ACM SIGSAC conference on Computer & communications security (pp. 1075-1086). ACM.
2. Hussain, R., Gao, H., & Shaikh, R. A. (2017). Segmentation of connected characters in text-based CAPTCHAs for intelligent character recognition. *Multimedia Tools and Applications*
3. Goodfellow, I. J., Bulatov, Y., Ibarz, J., Arnoud, S., & Shet, V. Multidigit Number Recognition from Street View Imagery using Deep Convolutional Neural Networks.

BYPASSING THE CAPTCHA SYSTEM THROUGH MACHINE LEARNING

Annotation: This article discusses the convolutional neural network model, which is designed to bypass the CAPTCHA system. To bypass the CAPTCHA system, a script and several neural network architectures with different numbers of convolutional layers, their filters, cores and fully connected layers were developed. In order to generate training and verification data, a script was written that generates trivial captchas consisting of 6 uppercase English characters and/or numbers.

Keywords: CAPTCHA, convolutional neural network.

Lebedev K.E.

Email: kirillbro1010@mail.ru

Scientific adviser: Babicheva M.V., docent of Department of Radiophysics and Infocommunication Technologies of Donetsk National University.

Email: mv.babicheva60@gmail.com

УДК 004.932

РАСПОЗНАВАНИЕ ФАЛЬШИВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Петров И.С.

*Научный руководитель: Бабичева М.В., канд. техн. наук., доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: работа посвящена исследованию методов создания фальшивых изображений, их особенностям и целям; проводится анализ отличий поддельных иллюстраций от настоящих; исходя из особенностей алгоритмов генерации фейковых изображений, предлагается методика их обнаружения с помощью глубокого обучения и нейронных сетей; были сделаны выводы по эффективности предложенной методики, ее преимуществах и недостатках.

Ключевые слова: фальшивые изображения, нейросеть, глубокое обучение, машинное обучение, дипфейк, анализ изображения.

Введение. В современном информационном обществе вопросы подделки и фальсификации данных, включая изображения, становятся все более актуальными и важными. С развитием технологий обработки изображений и алгоритмов генерации контента, возникает потребность в более эффективных методах обнаружения фальшивых изображений.

Цель данной работы заключается в исследовании различных методов создания фейков, выявлении их особенностей и целей использования. Важным аспектом является анализ отличий между поддельными и настоящими иллюстрациями, что позволит лучше понять природу фальсификаций.

На основе полученных знаний о методах генерации фейковых изображений предлагается методика их обнаружения с использованием глубокого обучения и нейронных сетей. Это направление исследования становится все более актуальным в свете постоянного развития технологий и возрастающей потребности в надежных инструментах борьбы с фальсификацией информации.

В ходе работы проведен анализ эффективности предложенной методики, выявлены ее преимущества и недостатки. Полученные результаты могут иметь важное значение для дальнейшего совершенствования методов защиты от фальсификации изображений в цифровой среде.

Постановка задачи. Целью работы является исследование методов создания фальшивых изображений, выявление их особенностей и целей, а также разработка методики обнаружения таких изображений с применением глубокого обучения и нейронных сетей.

Ложные изображения. Ложные изображения, представляющие собой искаженные или вымышленные визуальные материалы, имеют давнюю историю. Они появились еще задолго до цифровой эры, когда фотографии могли быть ретушированы вручную или созданы с использованием коллажей. С развитием цифровых технологий возможности создания ложных изображений значительно увеличилась. От реалистичных коллажей, до генеративных алгоритмов, способных создавать убедительные фейки, современные технологии предоставляют инструменты для создания визуальных иллюзий, которые могут быть трудно отличить от реальных изображений [1].

Цели, стоящие за созданием фейков, чрезвычайно разнообразны. В политическом контексте фальсификации изображений могут использоваться для дезинформации, воздействия на общественное мнение и даже подрыва институтов. В сфере развлечений

фейковые изображения часто служат источником юмора. Художники и дизайнеры также могут использовать ложные изображения для выражения творческих идей или создания абстрактных визуальных композиций. В мире рекламы и маркетинга фейковые изображения могут применяться для привлечения внимания и создания запоминающегося контента.

Тем не менее, с увеличением количества фейков в цифровой среде возникают серьезные этические вопросы и риски. Важно развивать методы обнаружения фейков, чтобы эффективно противостоять воздействию фальсифицированных изображений в современном информационном обществе.

Способы создания фальшивых изображений. Алгоритмы создания фейковых изображений могут быть разнообразными и включать в себя как традиционные методы обработки изображений, так и передовые технологии глубокого обучения. Некоторые из распространенных алгоритмов включают:

1. Фоторедакторы. Простые инструменты для редактирования фотографий, такие как Adobe Photoshop, предоставляют возможности для манипуляции изображениями, включая ретушь, наложение слоев, изменение цветов и т.д.

2. Генеративные алгоритмы. Алгоритмы глубокого обучения, такие как генеративные состязательные сети (GAN), способны создавать реалистичные изображения.

3. Стилизация изображений. Алгоритмы стилей могут применять стили одного изображения к другому, создавая впечатление, что изображение создано в определенном художественном стиле.

4. Методы декомпозиции и восстановления. Некоторые алгоритмы могут декомпозировать изображение на составляющие и вносить изменения, затем восстанавливать изображение так, чтобы изменения были незаметны.

Опасность каждого из перечисленных методов создания фейковых изображений зависит от контекста использования и намерений тех, кто создает такие изображения [2]. Однако, среди них, генеративные состязательные сети (GAN) могут считаться одними из самых мощных и потенциально опасных.

Принцип GAN. Генеративно-состязательные сети (GAN) были предложены в 2014 году Изном Гудфеллоу и его коллегами. Этот инновационный подход в машинном обучении основан на идее создания двух нейронных сетей, генератора и дискриминатора, которые совместно обучаются через состязательный процесс.

Генератор берет на вход случайный шум и создает изображение, стараясь сделать его как можно более реалистичным. Дискриминатор, в свою очередь, оценивает, насколько изображение выглядит реальным, различая между сгенерированными и реальными данными. Эти две сети работают вместе, учась друг у друга. Процесс обучения GAN представляет собой игру, где генератор стремится обмануть дискриминатор, а тот, в свою очередь, старается стать все более точным в различении реальных и сгенерированных данных. Этот взаимный процесс приводит к сбалансированной системе, где генератор создает данные, неотличимые от реальных.

Принцип GAN лежит в идее генерации данных, адаптированных к структуре реальных данных. Это приводит к потенциально бесконечным возможностям применения, включая синтез изображений, создание анимации, улучшение качества изображений и многое другое. Однако, использование GAN также встречает этические и социальные вызовы, особенно в контексте создания фейкового контента.

Метод ELA. Error Level Analysis (ELA) представляет из себя технику, используемую для обнаружения изменений в изображениях, основанных на различиях в уровнях ошибок сжатия при повторном сохранении изображения. В контексте борьбы с

созданием фейковых изображений, таких как тех, которые могут быть сгенерированы GAN, ELA может выявлять аномалии, связанные с манипуляциями и редактированием.

Принцип работы ELA следующий. Сначала изображение сжимается с использованием определенного метода сжатия (например, JPEG). Это создает базовый уровень ошибок сжатия для каждой области изображения. Затем изображение подвергается манипуляциям, например, генерации с использованием GAN, и сохраняется повторно с тем же методом сжатия. Это создает измененные уровни ошибок сжатия. После ELA сравнивает уровни яркости пикселей в исходном и модифицированном изображениях [3]. Области, подвергшиеся манипуляциям, обычно будут иметь более высокие уровни ошибок сжатия и, следовательно, более высокие уровни яркости на анализируемых изображениях. Этот анализ может выявить изменения, которые могли быть внесены с использованием GAN или других методов генерации фейковых изображений.

Пошаговая реализация метода ELA. Реализуем метод программного анализа внесения изменений в изображения с использованием языка Python. Для достижения этой цели мы будем использовать встроенный синтаксис языка, а также воспользуемся дополнительными библиотеками.

Библиотека «os» является встроенным инструментом в Python, предоставляющим множество функций для взаимодействия с операционной системой. С ее помощью можно легко осуществлять операции с файлами и директориями, такие как создание, удаление, перемещение и переименование. Она предоставляет методы для получения информации о файлах и директориях, таких как размер, время создания и время последнего изменения. Библиотека также позволяет манипулировать переменными окружения, что может быть полезным при работе с конфигурациями системы.

Библиотека «PIL» (Python Imaging Library) или «Pillow» является мощным инструментом для работы с изображениями в Python. Она предоставляет широкий спектр функций, включая открытие и чтение изображений в различных форматах, таких как JPEG, PNG, GIF и другие. Кроме того, «Pillow» позволяет выполнять различные операции с изображениями, такие как изменение размера, обрезка, поворот, наложение фильтров и коррекция цветовой палитры. Также библиотека предоставляет средства для сохранения обработанных изображений.

Процесс программного преобразования изображения с использованием Error Level Analysis (ELA) описывается следующим образом:

1. Исходное изображение сохраняется во временный файл с использованием метода `save`. Этот временный файл создается с указанным качеством сжатия (параметр `quality`), который влияет на степень сжатия JPEG-изображения.

2. Создается временный объект изображения, используя «`Image.open`» для загрузки временного файла, который был сохранен на предыдущем шаге.

3. Применяется операция разницы между исходным изображением и временным изображением с использованием «`ImageChops.difference`». Это создает новое изображение, где пиксели представляют собой абсолютные разницы в значениях пикселей между соответствующими точками на обоих изображениях.

4. Значения яркости на ELA изображении нормализуются для улучшения визуального восприятия. Максимальное значение разницы между пикселями определяется, и все значения на ELA изображении масштабируются относительно этого максимального значения. Это выполняется с использованием «`ImageEnhance.Brightness`» и метода `enhance`.

5. Временный файл, созданный на первом шаге, закрывается (через `temp_image.close()`) и удаляется из файловой системы с использованием `os.remove`.

Этот процесс создает визуальное представление различий между оригинальным изображением и его версией, сохраненной с использованием сжатия в формате JPEG. Такое крайне полезно для обнаружения областей на изображении, которые могли быть подвергнуты редактированию или изменениям [4]. ELA выделяет те части изображения, где произошли изменения в яркости и текстуре, что облегчает визуальный анализ и выявление потенциальных манипуляций.

Результат выполнения программы. Найдем несколько изображений с настоящими людьми и несколько сгенерированных нейросетью, после чего применим к ним написанный код и рассмотрим результаты на Рисунке 1.

Отчетливый контур основных черт лица присутствует, подчеркивая естественность изображений. Теперь применим код к поддельным изображениям и рассмотрим результат работы на Рисунке 2.

На первом и третьем изображении лицевые черты абсолютно размыты и не заметны, что указывает на искусственное происхождение. На втором изображении лицо сильно выбивается из общей картины. Возможно, оно было наложено с использованием маски.

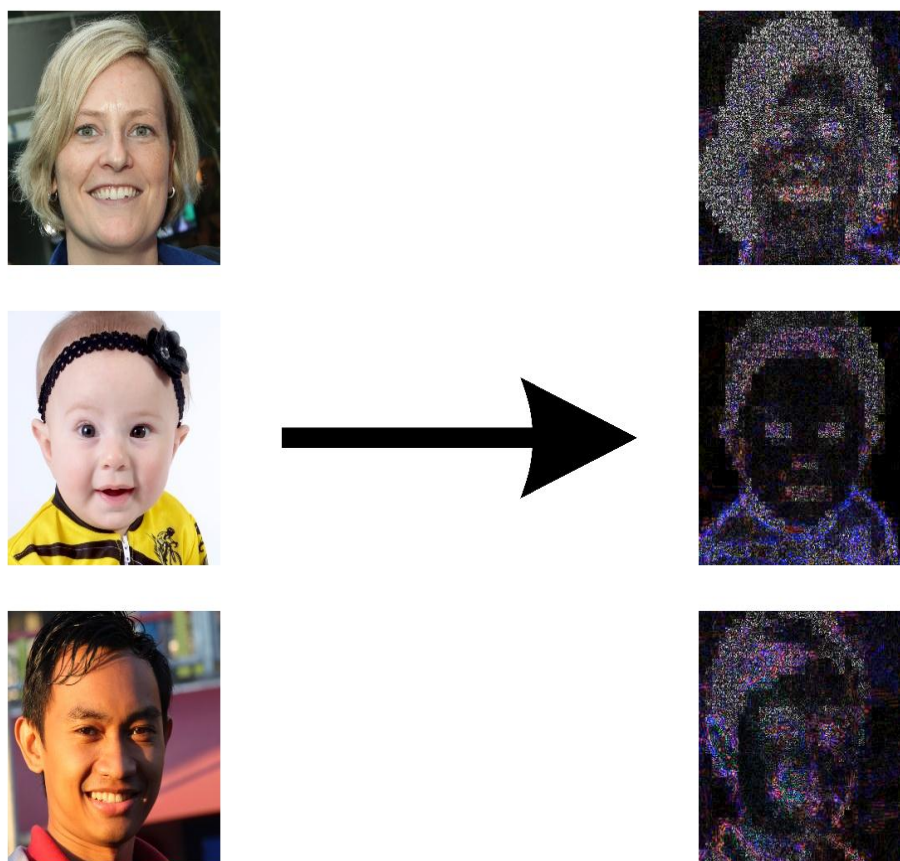


Рисунок 1 – Результат выполнения кода на изображениях с настоящими людьми

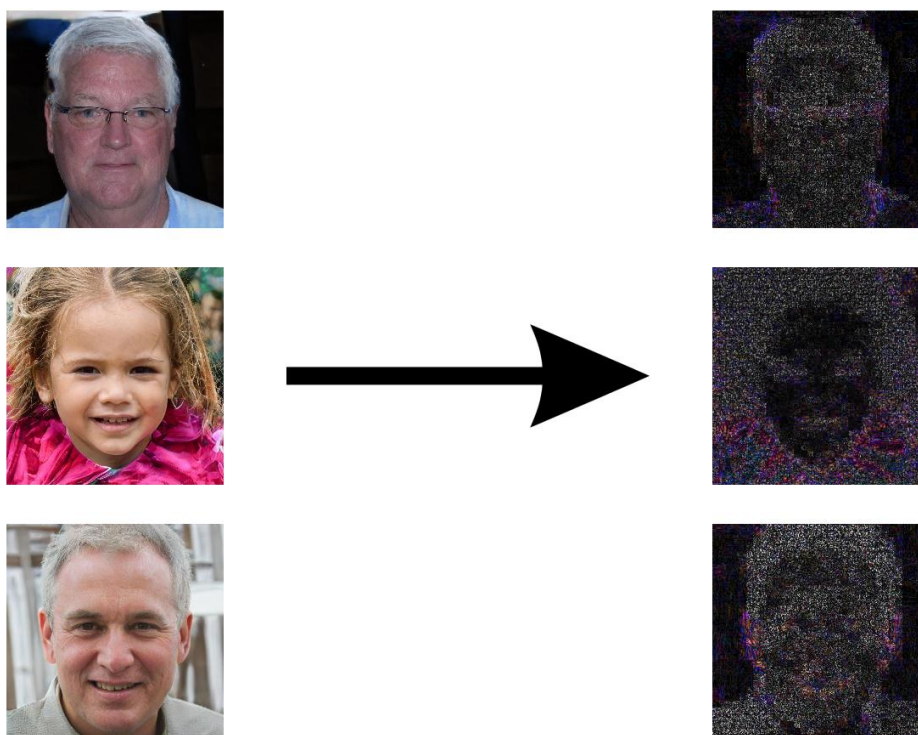


Рисунок 2 – Результат выполнения кода на изображениях, сгенерированными нейросетью

Сверточные нейронные сети. Сверточные нейронные сети (CNN) представляют собой мощный класс алгоритмов глубокого обучения, специально адаптированный для обработки визуальных данных. Они применяются в различных областях компьютерного зрения и обработки изображений, благодаря своей способности эффективно выделять иерархии признаков из сложных визуальных данных.

Основной элемент CNN - сверточный слой, который выполняет операцию свертки над входным изображением. Это позволяет сети автоматически изучать различные фичи, такие как грани, текстуры и формы, что делает их идеальными для задач распознавания объектов и классификации изображений. Далее, слои подвыборки применяются для уменьшения размерности данных, сохраняя при этом ключевые характеристики. Это помогает улучшить вычислительную эффективность и устойчивость к вариациям в данных [5]. Полносвязные слои, расположенные в конце сети, принимают высокоуровневые признаки и выполняют окончательные решения, такие как классификация или локализация объектов.

Преимущества CNN включают автоматическое извлечение признаков, устойчивость к вариациям в данных, а также способность обучаться на больших объемах изображений. В целом, сверточные нейронные сети существенно улучшили эффективность и точность решения задач компьютерного зрения, делая их ключевым инструментом в современных технологиях искусственного интеллекта.

Применение результатов исследований в сверточных нейронных сетях. Применение результатов исследований в сверточных нейронных сетях (CNN) для обнаружения фейковых изображений предоставляет эффективный механизм для автоматической фильтрации и аутентификации визуальных данных. Разработанный метод, основанный на Error Level Analysis (ELA), интегрируется в архитектуру CNN,

обеспечивая систему способностью выявлять особенности, свойственные искусственно сгенерированным изображениям.

Метод имеет следующие преимущества:

- Используя ELA в сверточных слоях, CNN может автоматически обнаруживать аномалии в уровнях ошибок сжатия, что является характерным признаком фейковых изображений, созданных, например, с использованием генеративных нейронных сетей (GAN).

- Улучшение точности классификации и идентификации объектов, поскольку система становится более надежной в отличии настоящих изображений от сгенерированных.

- Использование ELA в сверточных нейронных сетях является мощным инструментом для предотвращения цифровых манипуляций и поддержания целостности визуальных данных.

Вывод. В ходе проведенного исследования были рассмотрены эффективные методы анализа внесения изменений в изображения с использованием Python. Разработанный код, основанный на методе Error Level Analysis (ELA), успешно выявляет различия между оригинальными и измененными изображениями. Результаты работы кода представлены в виде пар изображений, что позволяет визуально оценить степень изменений и выделить области, подвергнутые ретуши или другим манипуляциям.

Перспектива реализации этих результатов в сверточных нейронных сетях (CNN) весьма обнадеживает. Интеграция разработанного метода ELA в CNN может значительно усилить способность системы обнаруживать фейковые изображения. Автоматизированное выявление артефактов, характерных для ложных данных, поможет повысить уровень доверия к системам обработки визуальной информации, таким образом, повышая их применимость в различных сферах, включая область информационной безопасности.

Таким образом, результаты данного исследования открывают перспективы для развития более надежных систем обнаружения фейковых изображений с использованием современных технологий глубокого обучения, таких как сверточные нейронные сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Deepfake Image Detection Using Anchored Pairwise Learning Approach [Электронный ресурс] – Электрон, дан. – 2020. – Режим доступа: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Aaa4c6431-6880-406c-8429-af5b04bc3b05>
2. Применение глубокого обучения для создания и обнаружения поддельных изображений, синтезированных с помощью искусственного интеллекта [Электронный ресурс] – Электрон, дан. – 2021. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-glubokogo-obucheniya-dlya-sozdaniya-i-obnaruzheniya-poddelnyh-izobrazheniy-sintezirovannyh-s-pomoschyu-iskusstvennogo/viewer>
3. FaceForensics++: Learning to Detect Manipulated Facial Images [Электронный ресурс] – Электрон, дан. – 2020. – Режим доступа: <https://arxiv.org/pdf/1901.08971.pdf>
4. DeepFake Detection [Электронный ресурс] – Электрон, дан. – 2020. – Режим доступа: <https://adityaanil.github.io/DeepFake-Detection/>
5. A Continual Deepfake Detection Benchmark: Dataset, Methods, and Essentials [Электронный ресурс] – Электрон, дан. – 2020. – Режим доступа: https://coral79.github.io/CDDB_web/

RECOGNITION OF FAKE IMAGES USING NEURAL NETWORKS

Abstract: the work is devoted to the study of methods for creating fake images, their features and objectives; the analysis of the differences between fake illustrations and real ones is carried out; based on the features of algorithms for generating fake images, a method for detecting them using deep learning and neural networks is proposed; conclusions were drawn on the effectiveness of the proposed technique, its advantages and disadvantages.

Keywords: fake images, neural network, deep learning, machine learning, deepfake, image analysis.

Petrov I. S.

Email: pnvru18@gmail.com

Scientific adviser: Babicheva M.V., Candidate of Technical Sciences, Docent, Department of Radiophysics and Infocommunication Technologies of Donetsk State University.

Email: m.babicheva60@mail.ru

УДК 624.64

СРАВНЕНИЕ МЕТОДИК КАЛИБРОВКИ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Часник А.С.

*Научный руководитель: Пометун Е.Д., канд.тех.наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. В статье приведены современные подходы к поверке и калибровке нефтяных резервуаров, включая проблемы с точностью измерений и ограничения существующих методов.

Ключевые слова: нефтяные резервуары, калибровка, методики калибровки, объем нефтепродуктов.

Введение. В нефтяной индустрии вопрос точного измерения объема нефтепродуктов играет критическую роль в обеспечении эффективного управления запасами, планирования производства и транспортировки. От того, насколько точно и надежно определены объем нефтепродуктов в резервуарах, зависит не только экономическая эффективность процессов, но и безопасность хранения и транспортировки этих продуктов [1].

Существующие методики калибровки резервуаров имеют свои ограничения и недостатки, которые могут приводить к неточным результатам измерений. Например, некоторые методики могут быть чувствительны к изменениям температуры или вязкости продукта, что влияет на точность измерений. Кроме того, с увеличением объемов производства и транспортировки нефтепродуктов возрастают требования к точности и надежности измерений.

Современные технологические изменения в нефтяной отрасли, такие как внедрение автоматизированных систем контроля и учета, требуют новых подходов к калибровке резервуаров. Новая методика калибровки должна быть адаптирована под современные технические решения и интегрироваться в существующие производственные процессы без значительных изменений, обеспечивающая высокую точность и надежность при работе с различными типами нефтепродуктов и в различных условиях эксплуатации [2].

Разработка новой методики калибровки резервуаров цилиндрической формы для нефтепродуктов является актуальной и значимой задачей, от которой зависит эффективность и безопасность производства и транспортировки нефтепродуктов. Эта методика должна соответствовать современным требованиям к точности и надежности измерений, а также быть гибкой и удобной в применении

Основная часть. Вертикальный стальной резервуар снабжен комплексом оборудования для проведения операций по приему, хранению и отпуску нефти, замеру уровня нефти, отбору проб, зачистке и ремонту резервуара, удалению подтоварной или пластовой воды, поддержанию в резервуаре требуемого давления, подогрев нефти, предотвращению аварий от ударов молнии и от накопления зарядов статического электричества [11].

Каждый резервуар должен быть оснащен:

- дыхательными клапанами;
- предохранительными клапанами;
- уровнемерами;
- пробоотборниками;
- сигнализаторами уровня;
- манометрами;
- устройствами для предотвращения слива (хлопушками);

- противопожарным оборудованием (огневой предохранитель, средства пожаротушения и охлаждения);
- оборудованием для подогрева (при необходимости);
- приемо-раздаточными патрубками;
- зачистным патрубком;
- вентиляционными патрубками;
- люками (люк световой, люк замерный, люк-лаз);
- лестницей.

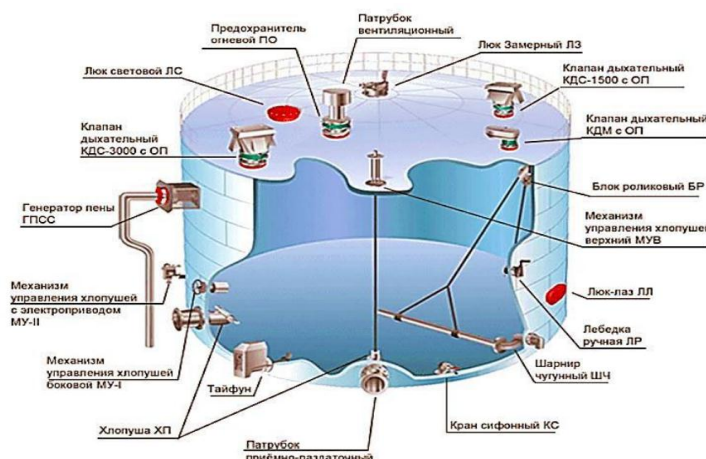


Рисунок 1 – Схема расположения оборудования в резервуаре

История развития методик калибровки резервуаров начинается задолго до нашего времени. Начиная с XIX века и до наших дней, было создано и разработано множество методов, каждый из которых имеет свои особенности, преимущества и недостатки.

Калибровка нефтяных резервуаров должна выполняться в соответствии со следующими положениями:

- 1) Федеральный Закон от 26.06.2008 № 102-ФЗ "Об обеспечении единства измерений"
- 2) ГОСТ 8.346-2000 «ГСИ. Резервуары стальные горизонтальные цилиндрические.

Методика поверки»

- 3) ГОСТ 8.570-2000 «ГСИ. Резервуары стальные вертикальные цилиндрические. Методика поверки»

4) МИ 2724-2002 «ГСИ. Резервуары стальные вертикальные цилиндрические теплоизолированные. Методика поверки геометрическим методом»;

5) МИ 2595-2000 «ГСИ. Вместимость резервуаров для хранения нефтепродуктов. Методика выполнения измерений при помощи счетчиков жидкости и составления градуировочных таблиц.

6) ГОСТ 31385-2023 «Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия»

Рассмотрим каждый метод калибровки более подробно.

Метод определения объема с помощью стержня или мерной линейки: этот метод был одним из первых, используемых для калибровки резервуаров. Суть метода заключается в том, что высота уровня жидкости в резервуаре измеряется с помощью стержня или мерной линейки, а затем объем вычисляется по формуле, основанной на форме резервуара. Этот метод является простым и дешевым в реализации, но он не обеспечивает высокой точности измерений, особенно в случае неоднородных жидкостей или нестандартных форм резервуаров [3].

Проблема точности: этот метод обладает низкой точностью измерений, особенно в случае неоднородных жидкостей или нестандартных форм резервуаров.

Влияние внешних условий: точность измерений может сильно зависеть от уровня опытности оператора и внешних условий, таких как освещение.

Сложности применения: необходимо вручную измерять уровень жидкости и рассчитывать объем делает этот метод трудоемким и неудобным в использовании.

Метод с использованием плавучего шара: в этом методе используется плавучий шар, который опускается в резервуар и измеряется его погружение. Изменение погружения шара связано с изменением уровня жидкости, что позволяет определить объем. Этот метод также имеет свои ограничения в точности измерений, а также может быть неудобным в применении для больших резервуаров [8].

Проблема точности: точность измерений этого метода может быть низкой из-за влияния волнений на поверхности жидкости и других факторов.

Влияние внешних условий: ветер, течение и другие факторы могут сильно влиять на положение плавучего шара и, следовательно, на точность измерений.

Сложности применения: метод может быть неудобным в использовании для больших резервуаров из-за необходимости обеспечения стабильности плавучего шара.

Оптические методы калибровки: с развитием оптических технологий были разработаны методы калибровки, основанные на использовании лазеров или световых сигналов. Эти методы позволяют более точно определять уровень жидкости в резервуаре и имеют более высокую степень автоматизации. Однако они могут быть более дорогостоящими и требовать специального оборудования [7].

Проблема точности: оптические методы могут быть чувствительны к изменениям в прозрачности жидкости или наличию пузырьков газа.

Влияние внешних условий: изменения освещения и оптических свойств жидкости могут сильно влиять на результаты измерений.

Сложности применения: необходимость установки специализированного оборудования и проведения калибровки делает этот метод более сложным в применении.

Ультразвуковые методы калибровки: Ультразвуковые методы основаны на принципе отражения звуковых волн от поверхности жидкости. Эти методы позволяют измерять уровень жидкости с высокой точностью и имеют широкий диапазон применения. Они особенно полезны для измерений в больших резервуарах и при работе с различными типами жидкостей [5].

Проблема точности: ультразвуковые методы могут столкнуться с проблемами отражения звуковых волн от пузырьков газа или других препятствий.

Влияние внешних условий: температурные изменения и вязкость продукта могут влиять на скорость распространения ультразвуковых волн и, следовательно, на точность измерений.

Сложности применения: необходимость установки и калибровки специализированного оборудования может создать дополнительные сложности при применении этого метода.

Гидростатические методы калибровки: методы используют принцип гидростатического давления для определения уровня жидкости и объема в резервуаре. Они обеспечивают высокую точность измерений и могут быть применены в различных условиях. Однако они требуют точной калибровки и регулярного обслуживания [6, 9]

Проблема точности: изменение в давлении могут привести к неточным результатам измерений.

Влияние внешних условий: температурные изменения могут влиять на плотность жидкости и, следовательно, на давление в резервуаре.

Сложности применения: необходимость регулярной калибровки и обслуживания делает этот метод более сложным в применении, особенно для больших резервуаров.

В современной практике часто используется комбинация различных методов для достижения наилучших результатов [10]. Например, оптические или ультразвуковые методы могут использоваться для быстрого мониторинга уровня жидкости, а гидростатические методы - для точной калибровки и проверки результатов [4].

Все вышеперечисленные методы имеют свои преимущества и ограничения, и выбор конкретного метода калибровки зависит от конкретных условий эксплуатации и требований к точности измерений

Заключение. Проведенный анализ существующих методик калибровки резервуаров позволяет сделать следующие выводы: разработка новой методики калибровки резервуаров представляет собой важный шаг в совершенствовании производственных процессов и обеспечении эффективного управления нефтепродуктами. Это позволит промышленности повысить свою конкурентоспособность и снизить риски операций, что является ключевым фактором для достижения успеха в современных условиях рынка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 33453-2015. Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение плотности жидкостей и твердых веществ.
2. ГОСТ 8.586-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Методы выполнения измерений. Методика проведения объемных измерений.
3. Поляков, А. С. Методика определения объема нефтепродуктов в резервуарах. Журнал "Нефть и газ", том 22, №5, 2011 г.
4. Иванов, В. И. Автоматическая система контроля и учета объема нефтепродуктов в резервуарах", конференция "Нефтегазовая промышленность: современное состояние и перспективы развития", Москва, 2018 г.
5. Смирнов, В. П. Использование ультразвуковых методов для калибровки резервуаров", журнал "Измерительная техника", том 64, №10, 2015 г.
6. Коротков, Е. А. Методы и средства автоматизированного контроля объема нефтепродуктов в резервуарах", диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Московский институт нефтегазового дела, 2019 г.
7. Иванов, А. И. Определение объема нефтепродуктов в вертикальных резервуарах с использованием оптических методов, журнал "Нефтепромысловое дело", том 78, №3, 2017 г.
8. Сидоров, В. Н. Технические средства калибровки резервуаров для нефтепродуктов", сборник материалов конференции "Инженерные системы и технологии", Санкт-Петербург, 2016 г.
9. Петров, П. В. "Определение плотности нефтепродуктов с использованием гидростатических методов", журнал "Метрология и измерительная техника", том 88, №8, 2018 г.
10. Никитин, А. М. "Сравнительный анализ методов калибровки резервуаров для нефтепродуктов", научно-практическая конференция "Инновации в нефтяной промышленности", Уфа, 2017 г.
11. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов (ПБ 03-381-00). Серия 03. выпуск 3 / Колл. авт. – М.: ГУП «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. – 208 с.

COMPARISON OF METHODS OF CALIBRATION OF TANKS FOR PETROLEUM PRODUCTS

Annotation. The article presents modern approaches to the verification and calibration of oil tanks, including problems with measurement accuracy and limitations of existing methods.

Keywords: oil reservoirs, calibration, calibration methods, volume of petroleum products.

Chasnik A.S.

Scientific advisers: Pometun E.D. Ph.D., associate professor
Donetsk State University

E-Mail: e.pometun.fnpme@mail.ru

chasnik.aleksey@gmail.com

УДК 532.517

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЁХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОЗДУХА НА АЭРОДИНАМИЧЕСКОМ СТЕНДЕ АС-5

Юрлов Ю.А.

Научный руководитель: *Фиошин Н.В., канд. физ.-мат. наук, доцент ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: Приведены результаты экспериментальных исследований измерения расхода воздушного потока на аэродинамическом стенде АС-5 тремя методами. Проведен сравнительный анализ эффективности каждого из используемых методов.

Ключевые слова: расход воздуха, микроманометр ММН 2400, стандартная диафрагма.

Введение: Для определения полных гидродинамических сопротивлений λ в трубопроводе с периодически изменяющимся поперечным сечением (ТПИПС) был разработан и смонтирован аэродинамический стенд АС-5. Для расчета λ необходимо измерить расход воздуха Q и перепад давления ΔP на выбранном участке ТПИПС.

В данной работе проведены экспериментальные исследования по определению расхода воздуха на АС-5 тремя методами: методом перепада давления на конфузоре, методом площадь-скорость согласно ГОСТ 8.439-81 [5] и с помощью стандартной диафрагмы согласно ГОСТ 8.586.1- 2005, ГОСТ 8.586.2- 2005, ГОСТ 8.586.5- 2005 [2-4].

Проведён сравнительный анализ этих трёх методов на одном режиме течения воздуха в АС-5.

Постановка задачи: На рис.1 приведена схема АС-5 и его основные элементы.

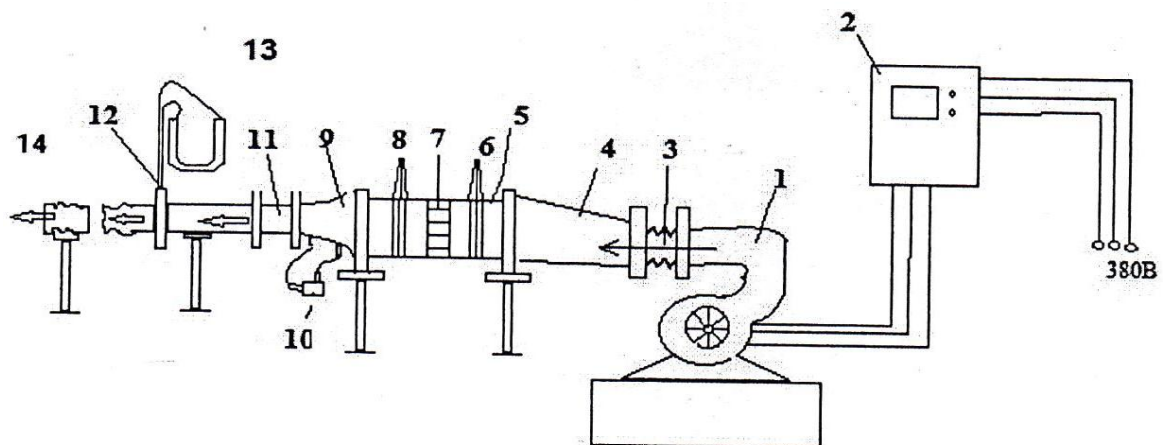


Рис.1 - Схема аэродинамического стенда АС-5:

1 - центробежный вентилятор высокого давления; 2 - частотный преобразователь; 3 – гофрированная переходная труба; 4 – диффузор; 5- форкамера; 6 – решетки; 7 – хонейкомб; 8 – сетки; 9 – конфузор; 10 – жидкостный микроманометр ММН-2400; 11 – переходной участок прямой трубы; 12 – стандартная диафрагма; 13 – U-образный манометр; 14 – трубопровод с периодически изменяющимся сечением (ТПИПС).

1. Метод перепада давления на конфузоре описан в [1]. Метод заключается в том, чтобы выбрать два сечения на входе 1-1 и на выходе 2-2 из конфузора соответственно. С достаточно высокой точностью определить площади этих сечений F_1 и F_2 , а также измерить перепад давления на конфузоре ΔP . Согласно [1] средняя скорость

потока воздуха в сечении 2-2 на выходе из конфузора рассчитывается по следующей формуле:

$$V_2 = \sqrt{\frac{2\Delta P_k}{\rho \left[1 - \left(\frac{F_2}{F_1} \right)^2 \right]}}, \quad (1)$$

где ΔP_k – перепад давления на конфузоре [Па];

ρ – плотность воздуха, кг/м³;

F_1, F_2 – площади входного и выходного сечений конфузора [м²].

Перепад давления на конфузоре измерялся с помощью микроманометра ММН-2400, класса точности 1 и рассчитывался по следующей формуле:

$$\Delta P_k = A_k * K * 9,8 \text{ [Па]}, \quad (2)$$

где A_k – отсчет по шкале манометра [мм];

K – коэффициент наклона шкалы манометра;

9,8 – переводной коэффициент давления из кгс/м² в [Па].

На частотном преобразователе 2 (рис. 1) была установлена частота $f=15$ Гц. При этом, для расчёта скорости V_2 на выходе из конфузора по формуле (1) были использованы следующие исходные данные: входное и выходное квадратные сечения конфузора равны:

$$F_1 = 245 * 245 \text{ [мм]}; \quad F_2 = 64 * 64 \text{ [мм]}.$$

Соответственно:

$$\rho = 1,204 \text{ [кг/м}^3\text{]} \text{ при } t = 20 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$A_k = 8 \text{ [мм]}; \quad K = 0,2.$$

Используя формулу (2) значение средней скорости воздушного потока V_2 , рассчитанное по формуле (1) составило:

$$V_2 = 5,12 \text{ [м/с]}.$$

Расход воздуха в сечении 2-2 на выходе конфузора составляет:

$$Q_k = V_2 * F_2 = 0,02097 \text{ [м}^3\text{/с]}. \quad (3)$$

2. Метод измерения расхода воздуха в круглой трубе описан в ГОСТ 8.439 -81 и называется метод площадь-скорость [5].

Метод заключается в измерении профиля скорости и площади поперечного сечения в трубопроводе.

По профилю скорости по методике ГОСТ 8.439 – 81 определяется средняя скорость в сечении. Расход воздуха определяется умножением средней скорости на площадь поперечного сечения.

В данной работе скорость измеряется с помощью микротрубки Пито-Прандтля и микроманометра ММН 2400, класса точности 1.

С помощью координатного устройства с шагом 1 мм, трубка Пито-Прандтля перемещалась по сечению трубы диаметром $d=71$ мм.

Значение скорости в каждой точке рассчитывалось по следующей формуле:

$$V_{Пито} = \sqrt{\frac{2\Delta P_{Пито}}{\rho}}, \quad (4)$$

где $\Delta P_{Пито} = A_{Пито} * K * 9,8$ [Па], $\rho = 1,204$ [кг/м³] при $t = 20^\circ\text{C}$.

После обработки профиля скорости было получено среднее значение $V_{ср.Пито} = 5,19$ м/с.

Расход воздуха составит:

$$Q_{Пито} = V_{ср.Пито} * S_{тр.} = 0,02037 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (5)$$

3. Наиболее точным методом измерения расхода воздуха считается метод с использованием стандартной диафрагмы.

Этот метод описан в ГОСТ 8.586.1 -2005; ГОСТ 8.586.2 – 2005; ГОСТ 8.586.5- 2005.

Уравнение для объёмного расхода воздуха при рабочих условиях имеет следующий вид (ГОСТ 8.586.2- 2005 [3]):

$$q_v = 0,25 \cdot \pi d_{20}^2 K_{сy}^2 C E K_{ш} K_n \varepsilon \left(\frac{2\Delta P}{\rho} \right)^{0,5}, \quad (6)$$

где p – давление среды, [Па];

E – коэффициент скорости входа;

C – коэффициент истечения;

d_{20} – диаметр отверстия СУ при температуре 20°C , [м];

$K_{ш}$ – поправочный коэффициент на шероховатость внутренней поверхности измерительного трубопровода;

K_n – поправочный коэффициент на притупление входной кромки отверстия диафрагмы;

$K_{сy}$ – поправочный коэффициент на изменение диаметра СУ, вызванное отклонением среды от 20°C ;

ε – коэффициент расширения;

ρ – плотность воздуха при рабочих условиях, [кг/м³];

Δp – перепад давления на диафрагме, [Па].

Для режима потока воздуха заданного частотным преобразователем $f = 15$ Гц с помощью микроманометра ММН 2400, были измерены перепад давления на диафрагме ΔP_d и статическое давление перед диафрагмой $P_{ст}$.

Для значений $\Delta P_d = 568,4$ Па и $P_{ст} = 421,4$ Па по формуле (6) был рассчитан расход воздуха с использованием стандартной диафрагмы.

Расход воздуха, измеренный с помощью стандартной диафрагмы составил:

$$Q_d = 0,02182 \text{ м}^3/\text{с} \quad (7)$$

4. Сравнительный анализ.

Для режима течения воздуха в АС-5, заданного с помощью частотного преобразователя $f = 15$ Гц тремя методами были получены следующие значения расхода воздуха:

1. Метод перепада давления на конфузоре

$$Q_k = 0,02097 \text{ м}^3/\text{с}.$$

2. Метод площадь-скорость

$$Q_{Пито} = 0,02037 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3. Стандартная диафрагма

$$Q_d = 0,02182 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Сравнивая эти три метода измерения расхода воздуха на одном режиме течения в АС-5, можно сделать вывод, что значение расхода воздуха Q_k и $Q_{\text{Пито}}$ меньше значения Q_d .

Если считать, что значение Q_d является более точным, то можно предположить причины заниженных значений Q_k и $Q_{\text{Пито}}$.

Значение Q_k меньше значения Q_d на 3,9%. Возможно, причина состоит в неточности отсчета значения A_k по шкале ММН 2400. Действительно, если вместо $A_k=8$ мм взять $A_k=8,5$ мм, то $Q_k=0,02158$ м³/с, что меньше Q_d на 1,1%.

Таким образом, можно предположить, что если Q_k проградуировать по Q_d , то значение расхода воздуха с хорошей точностью можно с наименьшими затратами получать методом перепада давления на конфузоре.

Значение $Q_{\text{Пито}}$ меньше значения Q_d на 6,6%. Возможно, причина состоит в неточном получении профиля скорости и метода обработки этого профиля скорости. Эти причины в данной работе не рассматривались.

Выводы: 1. Сравнение трёх методов измерения расхода воздуха на одном режиме работы вентилятора АС-5 показало, что возможно с наименьшими затратами получать значение расхода воздуха с хорошей точностью при использовании метода перепада давления на конфузоре в случае градуировки Q_k по Q_d .

2. Для градуировки Q_k по Q_d необходимо разработать программу расчета Q_d для различных режимов течения воздуха, с учётом погрешности расчета Q_d .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Краснов Н.Ф. Прикладная аэродинамика: Учебное пособие для вузов. – М.: Высшая школа, 1974. 732 с.
2. ГОСТ 8.586.1-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования. – Введ. 09.12.2005. – М.: Стандартиформ, 2005. – 49с.
3. ГОСТ 8.586.2-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 2. Диафрагмы. Технические требования. – Введ. 09.12.2005. – М.: Стандартиформ, 2005. 43с.
4. ГОСТ 8.586.5-2005. Государственная система обеспечения единства измерений. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 5. Методика выполнения измерений. – Введ. 09.12.2005. – М.: Стандартиформ, 2005. – 94 с.
5. ГОСТ 8.439-81. Государственная система обеспечения единства измерений. Расход воды в напорных трубопроводах. Методика выполнения измерений методом площадь-скорость. – Введ 01.01.1981. – М.: Из-то стандартов, 1981. – 47с.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THREE METHODS OF MEASURING AIR FLOW ON THE AS-5 AERODYNAMIC STAND

Annotation. The results of experimental studies of measuring the air flow rate on the AS-5 aerodynamic stand by three methods are presented. A comparative analysis of the effectiveness of each of the methods used has been carried out.

Keywords: air flow, micromanometer ММН 2400, standard diaphragm.

Yurlov Y. A.

Scientific adviser: Finoshin N.V., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, docent

Donetsk State University

Email: Yurlov.Yura.2001@mail.ru, finoshin@donnu.ru.

Математика

УДК 004.056

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ЭЛЕКТРОННОЙ ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЛОПРОИЗВОДСТВОМ

Андрюшкина Д.Е.
Научный руководитель: Мирончук А.И., канд физ.- мат. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»

Аннотация: работа посвящена актуальным вопросам применения алгоритмов электронной цифровой подписи; также представлен сравнительный анализ современных алгоритмов электронной цифровой подписи, продемонстрированы примеры успешной интеграции одного из таких алгоритмов в автоматизированные системы управления делопроизводством; были сделаны основные выводы о недостатках и главных преимуществах применения электронной цифровой подписи.

Ключевые слова: электронные цифровые подписи, схема Эль-Гамала, криптография, хэш-функции.

Введение. Электронная цифровая подпись – это один из наиболее важных инструментов для обеспечения безопасности информационных систем. Алгоритмы электронной цифровой подписи являются ключевым компонентом этой технологии. Они обеспечивают аутентификацию, целостность и конфиденциальность электронной информации, а также помогают предотвращать её подделку и несанкционированный доступ. Алгоритмы электронных цифровых подписей представляют собой математические функции, которые используются для создания уникальной цифровой подписи для электронного документа. Эта цифровая подпись может быть проверена для подтверждения подлинности документа и подтверждения того, что он не был изменён после создания подписи. Идея электронных цифровых подписей была предложена У. Диффи и М. Хеллманом в 1976 году [1].

Алгоритмы ЭЦП широко применяются в различных областях, включая финансовые институты, правительственные учреждения и медицинские организации. Они обеспечивают защиту электронной информации, улучшая безопасность банковских транзакций, электронных документов и медицинских данных. Важным аспектом алгоритмов ЭЦП является их соответствие стандартам безопасности и криптографии.

Необходимость правильного выбора и настройки алгоритмов подчеркивается возможными методами атак, такими как уязвимости реализации или использование слабых ключей. Обновление и регулярная подстройка алгоритмов также являются критическими шагами.

Постановка задачи. В данной статье рассматриваются различные алгоритмы ЭЦП, такие, как RSA, DSA, их принципы работы и применение, в частности, с использованием хэш-функций. Каждый из них обладает уникальными характеристиками безопасности, скорости работы и требований к вычислительной мощности.

Принцип работы электронной цифровой подписи. Рассмотрим принцип работы электронной цифровой подписи. Для всех пользователей, которым необходимо принимать участие в электронном документообороте, генерируются два ключа: открытый и закрытый.

Для того чтобы можно было подписать документ, на основе закрытого ключа, содержимого документа и программного обеспечения генерируется последовательность символов, которая впоследствии и будет являться электронной подписью. В таком виде документ считается подписанным, и его можно отправлять остальным получателям.

Получатели документа, используя уже открытый ключ, выполняют обратное криптографическое преобразование, с помощью которого также можно проверить электронную цифровую подпись отправителя и удостовериться в том, что содержимое документа было доставлено без искажений. Ниже представлена наглядная схема работы электронной цифровой подписи (Рисунок 1).

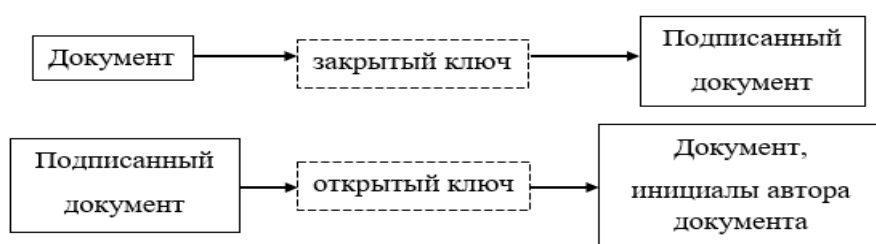


Рисунок 1 – Общая схема работы электронной цифровой подписи

Стоит отметить, что технология электронной цифровой подписи требует, чтобы все стороны были уверены, что лицо, создающее подпись, смогло не распространять свой секретный ключ. В противном случае доступ к закрытому ключу сможет иметь любой пользователь, что создаст риск появления мошеннических подписей от имени владельца закрытого ключа.

Ниже рассмотрим более подробно принцип работы распространённых алгоритмов ЭЦП: RSA и DSA.

Алгоритм RSA. Алгоритм RSA (Rivest–Shamir–Adleman) представляет собой криптографический алгоритм, который широко применяется для шифрования и дешифрования данных, создания цифровых подписей и обеспечения безопасности в различных информационных системах. Его безопасность основана на сложности факторизации больших чисел, что делает его устойчивым к атакам методом перебора. Введён в 1977 году Рональдом Ривестом, Ади Шамиром и Леонардом Адлеманом.

Принцип работы алгоритма RSA следующий [2]:

1. Генерация ключей:
 - Выбор двух больших простых чисел p и q .
 - Вычисление их произведения $n = p \cdot q$.
 - Вычисление функции Эйлера $\Phi(n) = (p - 1) \cdot (q - 1)$.
2. Выбор открытой экспоненты:
 - Выбор целого числа e , взаимно простого с $\Phi(n)$.
3. Вычисление закрытой экспоненты:
 - Нахождение целого числа d , обратного к e по модулю $\Phi(n)$.
4. Открытый ключ:
 - Пара (e, n) становится открытым ключом, который распространяется по всей сети.
5. Закрытый ключ:

- Пара (d, n) является закрытым ключом, который хранится в секрете у владельца.

Алгоритм DSA. Алгоритм DSA (Digital Signature Algorithm) был разработан в ответ на проблемы, связанные с использованием RSA в контексте цифровых подписей.

Принцип работы алгоритма DSA следующий [2]:

1. Генерация параметров:
 - Выбор большого простого числа q и вычисление $p = 2 \cdot q + 1$, где p и q являются простыми числами.
 - Выбор генератора g , который является элементом порядка q в группе по модулю p .
2. Генерация ключей:
 - Выбор случайного числа x в пределах от 1 до $q-1$ – это секретный ключ.
 - Вычисление $y = g^x \bmod p$ – это открытый ключ.

Алгоритм DSA обеспечивает безопасность подписи и проверки, используя комбинацию хэширования и вычислительных трудностей дискретного логарифмирования в конечных полях.

Преимущества использования электронной цифровой подписи. Рассмотрим основные преимущества использования электронной цифровой подписи в документообороте.

1. Конфиденциальность. Электронная цифровая подпись защищает подписанный документ от подделки, каких-либо изменений или искажений.
2. Возможность оперативного обновления форматов предоставления документов в электронном виде.
3. Экономия времени во время отправки документов другим лицам.
4. Электронная цифровая подпись помогает установить однозначное авторство документов.
5. В современных системах делопроизводства использование электронной цифровой подписи позволяет приравнять по юридической значимости электронные документы к традиционным бумажным документам.

Электронная цифровая подпись на основе хэш-функции. Электронная цифровая подпись (ЭЦП) на основе хэш-функций представляет собой метод обеспечения аутентификации, целостности и невозможности отказа от подписи электронных документов [3]. Процесс создания ЭЦП с использованием хэш-функций обычно включает следующие шаги:

1. Хэширование сообщения. Исходное сообщение подвергается хэшированию с использованием хэш-функции. Такая функция преобразует сообщение произвольной длины в хэш-код фиксированной длины.
2. Применение частного ключа. Полученный хэш подписывается с использованием частного ключа отправителя. Этот ключ является частью ключевой пары в системе с открытым ключом и доверяется только отправителю.
3. Получение ЭЦП. ЭЦП представляет собой результат подписания хэша с использованием частного ключа. Он прикрепляется к исходному сообщению и может быть отправлен получателю.
4. Проверка подписи. Получатель использует открытый ключ отправителя для проверки подписи. Исходное сообщение также подвергается хэшированию с использованием той же хэш-функции. Сравнивается подписанный хэш с хэшем, вычисленным на стороне получателя. Если они совпадают, то подпись считается действительной.

Использование хэш-функций при создании ЭЦП улучшает безопасность и эффективность процесса. Хэши обеспечивают фиксированную длину подписи независимо от размера исходного сообщения. Это также позволяет быстро и эффективно проверять подписи, не обрабатывая весь объём данных.

Популярные хэш-функции, такие как SHA-256, SHA-3, или MD5, часто используются для создания хэшей при реализации ЭЦП. Однако, важно выбирать криптографически стойкие хэш-функции с учётом современных стандартов безопасности.

Ниже рассмотрим практическое использование хэш-функций на примере схемы Эль-Гамала.

Описание программной реализации схемы Эль-Гамала. Пусть M — некоторое сообщение, из которого требуется сгенерировать электронную цифровую подпись.

Первым этапом требуется вычислить хэш-значение данного сообщения. В программной реализации хэш-сообщение вычисляется следующим образом: $h_i = (h_{i-1} + n_i)^2 \pmod{p}, i = 1, \dots, n$, где h_0 равен длине сообщения в символах, n_i – номер i -ой буквы сообщения в алфавите.

Тогда значение h_n , вычисленное для последнего символа, и будет хэш-сообщением $h(M) = h_n, 0 < h(M) < p$.

Далее выбирается случайное число $k, 0 < k < p - 1$, взаимно простое с числом $p - 1$, после чего требуется вычислить ряд чисел:

$$r = g^k \pmod{p},$$

$$u = (h - xr) \pmod{p - 1},$$

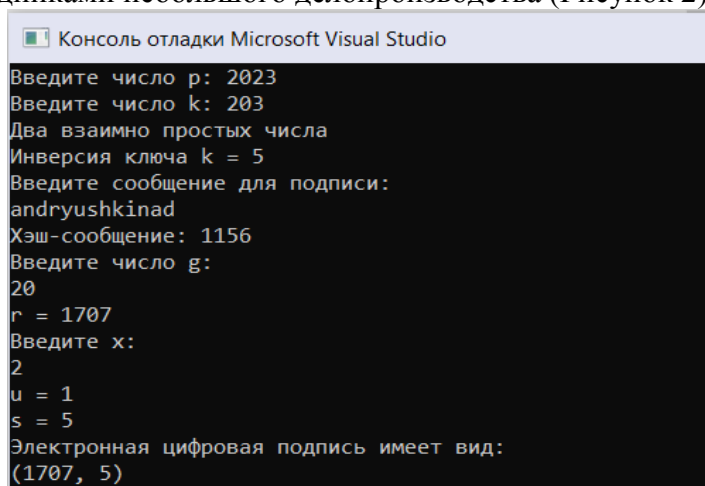
$$s = k^{-1}u \pmod{p - 1},$$

где k^{-1} – число, обратное к k по модулю $p - 1$.

Следует отметить, что такое число существует, поскольку $k, p - 1$ взаимно простые числа.

Тогда пара ключей (r, s) являются электронной цифровой подписью.

Ниже представлен результат работы данного алгоритма на примере его использования сотрудниками небольшого делопроизводства (Рисунок 2).



```

Консоль отладки Microsoft Visual Studio
Введите число p: 2023
Введите число k: 203
Два взаимно простых числа
Инверсия ключа k = 5
Введите сообщение для подписи:
andryushkinad
Хэш-сообщение: 1156
Введите число g:
20
r = 1707
Введите x:
2
u = 1
s = 5
Электронная цифровая подпись имеет вид:
(1707, 5)
    
```

Рисунок 2 – Пример работы программной реализации схемы Эль-Гамала

Схема Эль-Гамала послужила образцом для построения большого семейства во многом сходных по своим свойствам схем подписи.

Выводы. В заключении стоит отметить, что алгоритмы электронных цифровых подписей являются важной составляющей обеспечения безопасности информационных систем в различных областях. Каждый из алгоритмов электронной цифровой подписи имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного алгоритма зависит от требований к безопасности конкретной системы.

Несмотря на то, что электронные цифровые подписи стали применять не так давно, они уже сегодня играют важную роль в обеспечении безопасности электронной информации, и их применение продолжает расширяться в различных сферах деятельности. А развитие и улучшение этих алгоритмов будет способствовать улучшению безопасности информационных систем в целом и повышению доверия к электронной информации.

Как было отмечено в данной работе, такие перспективы развития электронных цифровых подписей связаны с развитием новых технологий, а также повышением требований к безопасности информации в различных областях, к примеру, финансовые услуги, медицинская сфера, правительственные учреждения и т.д., также приводит к необходимости развития новых и более надёжных алгоритмов электронных цифровых подписей.

Несмотря на разнообразие алгоритмов электронных цифровых подписей, наиболее надёжными и эффективными на данный момент являются такие алгоритмы, которые основаны на асимметричной криптографии с использованием методов хэш-функций.

Результаты, описанные в статье, имеют непосредственное практическое применение для генерации электронной подписи в автоматизированной системе управления делопроизводством.

Таким образом, алгоритмы применения электронных цифровых подписей – довольно актуальная область в криптографии, поэтому важно продолжать её исследования и развитие, при этом учитывая возможные последствия и проблемы, связанные со стремительным развитием современных технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свейгарт Э. Криптография и взлом шифров на Python. / пер. с англ. – СПб.: ООО «Диалектика», 2020. – 512 с.
2. Сравнительный анализ алгоритмов электронной цифровой подписи (rsa, elgamal, dsa) [Электронный ресурс] – Режим доступа/URL: <https://articlekz.com/article/32280> (дата обращения: 17.01.2024)
3. Хэширование в строковых задачах [Электронный ресурс] – Режим доступа/URL: <https://algorithmica.org/ru/hashing> (дата обращения: 17.01.2024)
4. Преимущества электронной подписи [Электронный ресурс] – Режим доступа/URL: <https://taxnet.ru/blog/preimushchestva-elektronnoy-podpisi/> (дата обращения: 17.01.2024)

APPLICATION OF ELECTRONIC DIGITAL SIGNATURE ALGORITHMS IN AN AUTOMATED DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM

Annotation. The paper addresses current issues related to the application of electronic digital signature algorithms. It also provides a comparative analysis of contemporary electronic digital signature algorithms, demonstrates examples of successful integration of one of these algorithms into automated document management systems. The paper draws conclusions about the shortcomings and main advantages of using electronic digital signatures.

Keywords: electronic digital signatures, El-Gamal scheme, cryptography, hash functions

Andryushkina D.E.

Scientific adviser: Mironchuk A.I., associate professor

Donetsk State University

E-mail: d_andryushkina@mail.ru

УДК 517.54

УСИЛЕНИЕ ТЕОРЕМЫ ДЗЯДЫКА О РАВЕНСТВЕ ТРЁХ ПЛОЩАДЕЙ

Пилипенко И.С.

*Научный руководитель: Волчков В.В. д-р физ.-мат. наук, профессор
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация. Получено усиление теоремы В. К. Дзядыка о геометрическом описании аналитических функций.

Ключевые слова: аналитические функции, теорема В. К. Дзядыка, множество Помпейю, функции с нулевыми интегралами.

Вступление. Всюду в работе u, v – действительные функции, которые заданы в области Ω на плоскости комплексных чисел. Согласно теореме В.К. Дзядыка о геометрическом описании аналитических функций, если $u(x,y)$ и $v(x,y)$ непрерывны вместе со своими частными производными в Ω , то для того чтобы функция $f(x+iy) = u+iv$ была аналитической или сопряженная к аналитической в области Ω , необходимо и достаточно, чтобы все поверхности графиков трёх функций $u, v, \sqrt{u^2+v^2}$, расположенные над любым компактным подмножеством Ω , имели одинаковую площадь [1]. Теорема Дзядыка получила уточнение и последующее развитие в работах некоторых авторов [2] – [4]. В частности, было показано [2], что в формулировке её условий вместо функции $\sqrt{u^2+v^2}$ можно взять произвольную гладкую функцию $\varphi(u, v)$, у которой производные не равны нулю тождественно, и для которой выполняются следующие условия

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial u}\right)^2 + \left(\frac{\partial\varphi}{\partial v}\right)^2 = 1 \quad \frac{\partial\varphi}{\partial u} \cdot \frac{\partial\varphi}{\partial v} \neq 0 \quad (1)$$

Примером такой функции может быть $\varphi = \alpha u + \beta v$, где α, β – действительные ненулевые константы такие, что $\alpha^2 + \beta^2 = 1$. Снятие такого условия, как непрерывность функций u, v вместе с их частными производными, является затруднительным. Пример функции Бора $w = x + i|y|$ на плоскости демонстрирует, что даже условие Липшица не может обеспечить выполнение теоремы. Несмотря на это, для отдельных φ теорема Дзядыка допускает усиление, если требовать лишь существование u'_x, u'_y, v'_x, v'_y везде в области вместо их непрерывности [3].

Для всякой функции $f \in C^1(\Omega)$ и компактного множества $A \subset \Omega$ символом $S(f, A)$ обозначим площадь поверхности графика f , расположенной над A . Обозначим также

$$f_1 = u, \quad f_2 = v, \quad f_3 = \varphi(u, v),$$

где $\varphi \in C^1(\mathbb{R}^2)$ – заданная функция с условием (1). В монографии [4, часть 5, гл. 4] рассмотрена следующая проблема.

ПРОБЛЕМА 1. Определим \mathbf{A} как некоторую совокупность компактных подмножеств Ω и $u, v \in C^1(\Omega)$. Пусть

$$S(f_1, A) = S(f_2, A) = S(f_3, A) \quad \text{для любого } A \in \mathbf{A}. \quad (2)$$

Каким условиям должна удовлетворять \mathbf{A} , чтобы можно было утверждать, что хотя бы одна из функций $u+iv, u-iv$ аналитическая в Ω ?

Например, если \mathbf{A} – это все компактные подмножества Ω с нулевой мерой, то этого утверждать нельзя (в этом случае условие (2) выполняется для всех $u, v \in C^1(\Omega)$).

Через символ \mathcal{D}_Ω обозначим множество пар функций u, v в Ω , таких что хотя бы одна из функций $u + iv, u - iv$ аналитическая в Ω . В работе [4, часть 5, гл. 4] были получены положительные результаты, связанные с проблемой 1. Доказано, что если $u, v \in C^1(\Omega)$, то из (2) следует, что $u, v \in \mathcal{D}_\Omega$ в том случае, когда $\mathbf{A} = \{\lambda A\}$, где A – фиксированное множество Помпейю в Ω , а λ – любой элемент группы евклидовых движений комплексной плоскости, для которого $\lambda A \subset \Omega$. В связи с этим возникает вопрос, будут ли такие же результаты и для семейства Помпейю? Определение множеств Помпейю, семейства Помпейю и их основные свойства см. в [4, часть 4], [5, гл. 19], [6, часть 2], [7].

В данной работе рассмотрен случай, когда \mathbf{A} является совокупностью всех замкнутых единичных квадратов и всех замкнутых единичных полукругов, лежащих в открытом круге (открытый круг обозначим как $B_R = \{z \in \mathbb{C} : |z| < R\}$). Приведённая ниже теорема 1 – центральный итог статьи.

ТЕОРЕМА 1. Пусть $R > \frac{\sqrt{65}}{8}$, u, v – вещественнозначные функции класса $C^1(B_R)$

Тогда для того, чтобы одна из функций $u + iv, u - iv$ была аналитическая в B_R , необходимо и достаточно, чтобы

- 1) площади поверхностей графиков функций $u, v, \sqrt{u^2 + v^2}$, расположенных над любым замкнутым единичным квадратом $K \subset B_R$ были равны,
- 2) площади поверхностей графиков функций $u, v, \sqrt{u^2 + v^2}$, расположенных над любым замкнутым единичным полукругом $D \subset B_R$ были равны.

Основная часть.

1. Вспомогательные утверждения. Под M будем понимать группу евклидовых движений плоскости комплексных чисел \mathbb{C} . Совокупность движений из M , которые оставляют компактное множество $A \subset \mathbb{C}$ внутри B , обозначим соответственно $Mt(A, B) = \{\lambda \in M : \lambda A \subset B\}$, $B(r, R) = \{z \in \mathbb{C} : r < |z| < R\}$.

Пусть $\mathfrak{P}(A, B)$ – класс локально интегрируемых в B функций, удовлетворяющие равенству $\int_{\lambda A} f(z) dz = 0$ для всех $\lambda \in Mt(\bar{A}, B)$. Прибавляя непрерывную дифференцируемость, получим соответствующий функциональный класс $\mathfrak{P}^k(A, B) = \mathfrak{P}(A, B) \cap C^k(B)$, где k натуральное число, $\mathfrak{P}^\infty(A, B) = \mathfrak{P}(A, B) \cap C^\infty(B)$.

Всюду в дальнейшем точка $(x, y) \in \mathbb{R}^2$ отождествляется с комплексным числом $z = x + iy$.

$$K = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : |x| \leq \frac{1}{2}, |y| \leq \frac{1}{2}\}$$

$$D = \{(x, y) \in \mathbb{R}^2 : x^2 + y^2 \leq 1, x \geq 0\}.$$

Назовём вершины квадрата $K : A_K, B_K, C_K, D_K$, полукруга $D : Q_D, W_D$.

Пусть $O(0,0), \rho(e) = \rho(O, \lambda e) = \inf\{\|\overrightarrow{OX}\| : X \in e\}$ – расстояние от центра круга до элемента λe множества λE (квадрата λK или полукруга λD) при условии

$\lambda \in \text{Mt}(E, B_R)$. В зависимости от значения R ($\frac{\sqrt{5}}{2} > R > 1$), рассмотрим некоторые важные максимальные и минимальные возможные расстояния до соответствующих элементов:

$$\begin{aligned} \sup(A) &= \sup\{\rho(A_K)\}, \quad \inf(A) = \inf\{\rho(A_K)\}, \\ \sup(AB) &= \sup\{\rho(A_K B_K)\}, \quad \inf(AB) = \inf\{\rho(A_K B_K)\}, \\ \sup(QW) &= \sup\{\rho(Q_D W_D)\}, \quad \inf(QW) = \inf\{\rho(Q_D W_D)\}. \end{aligned}$$

Применяя геометрические рассуждения, подробно приведённые в [7], получим лемму 1.

ЛЕММА 1. Пусть $\frac{\sqrt{5}}{2} > R > 1$. Тогда

$$\begin{aligned} \sup(A) &= R, \quad \inf(A) = \sqrt{2} - R, \\ \sup(AB) &= \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}}, \quad \inf(AB) = 1 - \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}}, \\ \sup(QW) &= \sqrt{R^2 - 1}, \quad \inf(QW) = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

В следующих леммах 2-6 рассмотрим только формулировки (их доказательства можно найти [7], [4]).

ЛЕММА 2. Пусть ∂ – частная (в том числе и смешанная) производная любого порядка функции $f \in \mathfrak{F}^\infty(A, B)$. Тогда $\partial f \in \mathfrak{F}^\infty(A, B)$.

ЛЕММА 3. Если f непрерывна в B_R и $\forall \lambda \text{ Mt}(K, B_R) = \{\lambda \in M : \lambda K \subset B_R\}$

$$\int_{\lambda K} f dx dy = 0, \text{ то смешанная разность от } f \text{ по вершинам любого единичного}$$

замкнутого квадрата K из B_R равна 0.

ЛЕММА 4. Пусть $f \in C^k(B_R)$. Все производные от f k -го порядка равны нулю тогда и только тогда, когда f – многочлен степени не выше $k-1$.

ЛЕММА 5. Предположим, что $f(x, y) = \sum_{q=1}^n \sum_{j=1}^m a_{qj} x^q y^j$. Пусть также

$\int_{\lambda A} f(x, y) dx dy = 0 \quad \forall \lambda \text{ Mt}(A, B) = \{\lambda \in M : \lambda A \subset B\}$, где A – компакт в \mathbb{R}^2 ненулевой меры, B – некоторое открытое множество. Тогда $f \equiv 0$.

ЛЕММА 6. Пусть $\delta > 0$ и функция $f \in C\left(B\left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \delta, \frac{\sqrt{2}}{2} + \delta\right)\right)$. Пусть также

смешанная разность от f по вершинам любого единичного замкнутого квадрата, все вершины которого лежат в $B\left(\frac{\sqrt{2}}{2} - \delta, \frac{\sqrt{2}}{2} + \delta\right)$, равны 0.

Тогда

$$f(x, y) = b_0 x^2 + b_0 y^2 + b_1 x + b_2 y + b_3, \quad (4)$$

где b_0, b_1, b_2, b_3 – фиксированные константы.

ЛЕММА 7. Пусть $R > \frac{\sqrt{65}}{8}$ и $f \in L_{loc}(B_R)$. Пусть также $\forall D \subset B_R$ и $\forall K \subset B_R$

$$\int_D f(x, y) dx dy = \int_K f(x, y) dx dy = 0.$$

Тогда $f = 0$.

ДОКАЗАТЕЛЬСТВО. Будем считать, что $f \in C^\infty(B_R)$ (это не является частным случаем, так как при необходимости можно использовать стандартный приём сглаживания). Пусть $\frac{\sqrt{5}}{2} > R > \frac{\sqrt{65}}{8}$. Тогда верно неравенство

$$1 > 2(\sqrt{2} - R)$$

Рассмотрим следующее кольцо

$$B(\sqrt{2} - R, R) = \{(x, y) \in R^2 : (\sqrt{2} - R)^2 < x^2 + y^2 < R^2\}.$$

Функция f походит под условия леммы 6, так как справедлива лемма 3. В таком случае актуальна формула (4), т.е. $f(x, y) = b_0x^2 + b_0y^2 + b_1x + b_2y + b_3$.

Исследуем одну из частных производных третьего порядка данной функции:

$F(x, y) = \frac{\partial^3 f(x, y)}{\partial x^3} = 0$. Отсюда $F \equiv 0$ в $B(\sqrt{2} - R, R)$ и выполнены условия рассматриваемой теоремы, так как справедлива лемма 2.

Поскольку $\sqrt{R^2 - \frac{1}{4}} > \sqrt{2} - R$ при заданном радиусе, $F = 0$ и в кольце больших радиусов

$$B(1 - \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}}, R) = \{(x, y) \in R^2 : \left(1 - \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}}\right)^2 < x^2 + y^2 < R^2\}$$

(см. [8]).

Так как верно и неравенство $\sqrt{R^2 - 1} > 1 - \sqrt{R^2 - \frac{1}{4}}$ получаем, с учётом равенств из леммы 1, что $F = 0$ во всём B_R (см. [9]).

Из этого, $F(x, y) = \frac{\partial^3 f(x, y)}{\partial x^3} = 0$ во всём B_R . Так как производная функции $f(x, y)$ была выбрана произвольно, можем утверждать, что каждая производная третьего порядка от функции f равна нулю в B_R . Тогда, согласно лемме 6, f – многочлен степени не выше 2. Согласно пятой лемме $f = 0$.

2. Доказательство теоремы 1.

Из самой теоремы В.К.Дзядыка [1] вытекает выполнение необходимости. Чтобы обосновать достаточность введём

$$f_1 = \left(1 + \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2\right)^{1/2}; \quad f_2 = \left(1 + \left(\frac{\partial v}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2\right)^{1/2};$$

$$f_3 = \left(1 + \left(\frac{\partial}{\partial x} \sqrt{u^2 + v^2}\right)^2 + \left(\frac{\partial}{\partial y} \sqrt{u^2 + v^2}\right)^2\right)^{1/2}.$$

Из условия имеем

$$\int_{\lambda K} f_1 dx dy = \int_{\lambda K} f_2 dx dy = \int_{\lambda K} f_3 dx dy \quad \text{и} \quad \int_{\lambda D} f_1 dx dy = \int_{\lambda D} f_2 dx dy = \int_{\lambda D} f_3 dx dy$$

при любом $\lambda \in M : \lambda K \subset B_R, \lambda D \subset B_R$.

Исследуем разности

$$\int_{\lambda K} f_1 dx dy - \int_{\lambda K} f_2 dx dy = \int_{\lambda K} (f_1 - f_2) dx dy = 0 \quad \text{и}$$

$$\int_{\lambda D} f_1 dx dy - \int_{\lambda D} f_2 dx dy = \int_{\lambda D} (f_1 - f_2) dx dy = 0.$$

По лемме 7 $f_1 - f_2 = 0$. Тогда $f_1 = f_2$. Аналогично установим равенства между другими функциями $f_1 = f_2 = f_3$. Отсюда следует равенство указанных в теореме 1 площадей, расположенных над любым измеримым подмножеством B_R .

В силу теоремы В.К.Дзядыка [1] получаем, что одна из функций $u + iv, u - iv$ аналитическая в B_R .

Выводы. В работе были рассмотрены функции с нулевыми интегралами по всем замкнутым единичным квадратам и всем замкнутым единичным полукругам, лежащие в открытом круге. Установлено усиление известной теоремы В. К. Дзядыка [1] о геометрическом описании аналитических функций. Полученные результаты могут быть использованы в дальнейшем развитии теоретической части вопроса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дзядык В. К. Геометрическое определение аналитических функций / В.К. Дзядык // УМК. – 1960. – Т. 15. – Вып. 1(91). – С. 191–194.
2. Goodman A. On the criterium of analytical function / A. Goodman // Amer. Math. Monthly. – 1964. – V. 71. – P. 265–267.
3. Трохимчук Ю. Ю. Об одном критерии аналитичности функции / Ю. Ю. Трохимчук // Укр. мат. журн. – 2007. – Т.59, № 10. – С. 1410–1418.
4. Volchkov V. V. Integral Geometry and Convolution Equations / V. V. Volchkov. – Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2003. – 454 p.
5. Volchkov V. V., Volchkov Vit. V. Harmonic Analysis of Mean Periodic Functions on Symmetric Spaces and the Heisenberg Group / V. V. Volchkov., Vit. V. Volchkov. – London: Springer-Verlag, 2009. – 671 p.
6. Volchkov V. V., Volchkov Vit. V. Offbeat Integral Geometry on Symmetric Spaces / V. V. Volchkov., Vit. V. Volchkov. – Basel: Birkhäuser, 2013. – 592 p.
7. Волчков В. В. Экстремальные задачи, связанные с множествами Помпейю/ В. В. Волчков, И. С. Пилипенко// Вестник Донецкого национального университета. Сер. А: Естественные науки. – 2022. – № 2 – С. 13–20.
8. Волчков В. В. О функциях с нулевыми интегралами по кубам/ В. В. Волчков// Укр. мат. журн. – 1991. – Т.43 – № 6 – С. 859–863.
9. Волчков В. В. Экстремальные варианты проблемы Помпейю / В. В. Волчков// Математические заметки. – 1996. – Т.59 – № 5 – С. 671–680.

STRENGTHENING OF DZIADYK'S THEOREM ON THE EQUALITY OF THREE AREAS

Annotation. A strengthening of V. K. Dzyadyk's theorem on the geometric description of analytical functions is obtained.

Keywords: analytical functions, V. K. Dziadyk's theorem, the Pompey set, functions with zero integrals.

Pilipenko I.S.

Scientific adviser: Volchkov V.V., Ph.D., professor

Donetsk State University

E-mail: irinasergeevnapilipenko@yandex.ru

УДК 004.056

**РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА
КИНЕМАТИЧЕСКОГО ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ТОЧКИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WINDOWS API И C++**

Яркова А.И.

*Научный руководитель: Мирончук А.И., канд. физ.-мат. наук, доцент
ФГБОУ ВО «ДонГУ»*

Аннотация: в данной работе рассматривается использование Windows API для разработки приложений, позволяющих рассчитывать основные характеристики кинематического движения и графически отображать траекторию движения материальной точки. В статье также обсуждаются преимущества использования Windows API.

Ключевые слова: Windows API, C++, кинематическое движение, разработка приложений, графическое отображение

Введение. В современном мире программирование играет важную роль во многих областях, включая разработку приложений для решения физических задач. Одной из таких областей является создание приложений, которые позволяют рассчитывать основные параметры кинематического движения и графически отображать траекторию движения материальной точки.

В данной статье рассматривается использование Windows API для разработки приложений, позволяющих рассчитывать основные характеристики кинематического движения. Windows API - это набор функций и возможностей, которые позволяют полностью управлять поведением и внешним видом приложения.

Объектом исследования данной работы является кинематическое движение материальной точки, а предметом исследования является разработка приложения для расчета основных параметров этого движения и графического отображения его траектории. Целью работы является создание удобного и эффективного инструмента, который позволит пользователям изучать и анализировать кинематическое движение материальной точки, а также визуализировать результаты расчетов для лучшего понимания и наглядности.

Выбор программной среды. Windows API - это набор функций и возможностей, который позволяет разработчикам создавать приложения, специально адаптированные для операционной системы Windows [1,2]. Применение этого набора инструментов обеспечивает высокую производительность и широкую совместимость с различными версиями Windows, начиная с Windows 95 и заканчивая последней версией Windows 10.

Одной из его ключевых концепций является оконная процедура, которая обрабатывает сообщения, относящиеся к окнам и элементам управления. Перед созданием окна необходимо зарегистрировать класс окна в операционной системе. Win32 API также поддерживает обработку сообщений, управление ресурсами (например, значками, курсорами, строками и меню), многопоточность, обработку исключений, динамическое связывание.

Win32 API - это мощный инструмент для разработки приложений в операционной системе Windows. Он предоставляет несколько преимуществ:

1. Высокая производительность. Win32 API предоставляет низкоуровневый доступ к функциям операционной системы Windows, что позволяет оптимизировать производительность приложений.

2. Гибкость и контроль. Использование Win32 API дает разработчикам большой контроль над созданием и управлением приложениями, что особенно важно при разработке приложений, требующих точных расчетов и визуализации.

3. Доступ к системным ресурсам. Win32 API предоставляет доступ к различным системным ресурсам ОС Windows, что может быть полезно при разработке приложений, требующих работы с файлами, вводом-выводом и другими системными операциями.

4. Поддержка стандартных элементов управления. Win32 API предоставляет возможность создания пользовательского интерфейса с использованием стандартных элементов управления, что обеспечивает единообразие и удобство использования.

5. Эффективность. Использование Win32 API позволяет создавать эффективные и оптимизированные приложения, что важно для обеспечения быстрой обработки данных и точных расчетов.

Все эти свойства позволяют выбрать Win32 API как платформу для создания приложения.

Требования к приложению. В процессе работы были определены основные требования к приложению:

- Визуализация траектории движения объекта на основе уравнений движения.
- Ввод коэффициентов и значений времени через текстовые поля.
- Отображение координат x и y , скорости, полного, нормального и касательного ускорения, а также радиуса кривизны в текстовых полях.
- Отображение осей координат, меток и сетки на диаграмме.

Уравнения движения (зависимости координат x и y от времени t) ограничены такими вариантами как квадратные и линейные уравнения. Если возникнет необходимость добавить и другие возможности, для этого есть три подхода. Первый - менять вычисляемые функции и для них переписывать программу, что не рационально. Второй - увеличить количество слагаемых (и вводимых коэффициентов соответственно) либо же предоставить пользователю сразу возможность выбора между функциями. Однако такой подход также ограничен лишь несколькими возможными вариантами и не охватит всех функций. Третий подход, более универсальный, - получать функцию в формате строки и реализовать её математический парсинг, то есть с помощью соответствующего алгоритма преобразовать в структуру, которая может быть использована для выполнения математических операций [3]. Конечные этапы математического парсинга включают лексический анализ, синтаксический анализ, семантический анализ, генерацию промежуточного представления и вычисление. Каждый из этих этапов выполняет определенные задачи, такие как разбиение выражения на составные части, проверку корректности синтаксиса и типов данных, создание структуры данных для вычислений и, наконец, выполнение самого вычисления. В таком случае производные, которые необходимы для вычисления параметров движения, можно найти численными методами (исходя из математического определения производной).

Такие улучшения возможны, однако для базового функционала достаточно имеющихся в приложении опций.

Описание приложения. При запуске приложения открывается главное окно (Рисунок 1), в котором расположены все необходимые элементы интерфейса. Пользователь может вводить начальные условия движения, используя соответствующие поля ввода.

Введите время t и коэффициенты для уравнений движения $x=a*t^2+b*t+c$, $y=a_1*t^2+b_1*t+c_1$:

a: b: c: a1: b1: c1: t:

координата x:

координата y:

скорость:

полное ускорение:

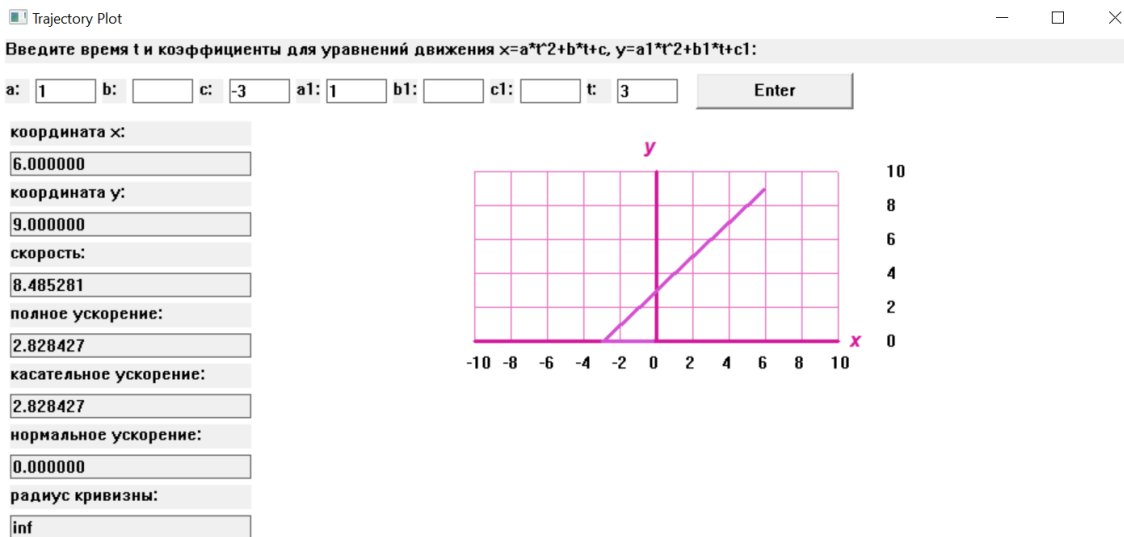
касательное ускорение:

нормальное ускорение:

радиус кривизны:

Рисунок 1 – Главное окно приложения

Когда пользователь нажимает на кнопку "Enter", программа производит все необходимые подсчеты, выводит в специальных полях параметры движения. Также выводится диаграмма с анимацией движения (Рисунки 2, 3).



Рисунки 2, 3 – Примеры работы приложения

Программа содержит несколько функций, отвечающих за выполнение различных задач. Функция `DrawDiagram` выполняет рисование диаграммы движения на окне приложения. Она принимает указатель на окно (`hwnd`) и контекст устройства (`hdc`) и использует их для выполнения рисования.

Основные шаги, выполняемые функцией `DrawDiagram`, включают:

- Получение размеров клиентской области окна.
- Задание диапазонов значений осей на основе минимальных и максимальных значений координат x и y .
- Определение шагов сетки в зависимости от диапазонов значений.
- Вычисление коэффициентов масштабирования для преобразования физических значений в координаты на экране.
- Вычисление диапазонов значений для осей времени и координат на основе минимальных и максимальных значений.
- Отрисовка осей времени и координат, а также сетки с заданными шагами.
- Выполнение цикла для отрисовки линии движения на диаграмме. Внутри цикла происходит вычисление координат x и y для текущего значения времени.
- Очистка памяти и удаление объектов.

Диаграмма траектории отображается на экране и обновляется в режиме реального времени, чтобы показать путь, пройденный объектом во время движения. Для динамического отображения диаграммы используется функция `SetTimer`, которая запускает таймер с периодом 50 миллисекунд. В обработчике `WM_TIMER` время `currentTime` увеличивается на фиксированный интервал и проверяется условие окончания движения (`currentTime >= t1`). Если условие выполняется, таймер останавливается с помощью функции `KillTimer`. Затем вызывается функция `InvalidateRect`, чтобы перерисовать окно и обновить диаграмму.

Таким образом, после ввода значений и нажатия кнопки "Enter" диаграмма будет динамически отображаться на экране, показывая движение точки в заданных координатах x и y .

Выводы. Создание приложений для решения физических задач является важной задачей в современном мире. Использование Windows API позволяет создавать эффективные и оптимизированные приложения, что важно для обеспечения быстрой обработки данных и точных расчетов.

В данной статье было рассмотрено использование Windows API для разработки приложений, позволяющих рассчитывать основные характеристики кинематического движения и графически отображать траекторию движения материальной точки. Были представлены требования к приложению и описание его функций.

В результате работы было создано приложение, позволяющее пользователям изучать и анализировать кинематическое движение материальной точки, а также визуализировать результаты расчетов для лучшего понимания и наглядности.

Таким образом, данное исследование демонстрирует возможности применения Windows API для создания эффективного инструмента для анализа кинематического движения материальной точки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Щупак Ю.А. Win32 API. Разработка приложений Для Windows. - СПб.: Питер, 2008. - 592 с.: ил.
2. Getting started with Win32 API [Электронный ресурс] – Режим доступа/URL: <https://riptutorial.com/winapi> (дата обращения: 04.02.2024)

3. Parsing mathematical expressions [Электронный ресурс] – Режим доступа/URL: <https://tristanpenman.com/blog/posts/2019/03/31/parsing-mathematical-expressions/> (дата обращения: 04.02.2024)

DEVELOPMENT OF AN APPLICATION FOR VISUALIZATION AND ANALYSIS OF KINEMATIC MOTION OF A MATERIAL POINT USING WINDOWS API AND C++

Abstract: This paper discusses the use of Windows API for developing applications that can calculate the basic characteristics of kinematic motion and graphically display the trajectory of a material point. The article also discusses the advantages of using Windows API.

Keywords: Windows API, kinematic motion, application development, graphical display

Yarkova A.I.

Scientific adviser: Mironchuk A.I., associate professor

Donetsk State University

E-mail: yarkova_maths@mail.ru

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Вестник студенческого научного общества
ГОУ ВПО «ДОННУ»
2024. – Вып. 16**

**Том 1
Естественные науки**

Оригинал-макет подготовлен: *А.А. Торба*

Подписано в печать 31.03.2024 г.
Формат 60×84/8. Бумага офисная.
Печать – цифровая. Усл.-печ. л. 25,07

Издательство ФГБОУ ВО «ДонГУ»
283001, г. Донецк, ул. Университетская, 24.
Свидетельство о внесении субъекта
издательской деятельности в Государственный реестр
серия ДК № 1854 от 24.06.2004 г.