

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ
ИМЕНИ ПАТРИСА ЛУМУМБЫ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

**Сборник трудов XXVI международной
научно-практической конференции**

Москва, 25-27 апреля 2025 г.

Том 1

Москва
2025

УДК 574:502/504:59(063)
ББК 20.1+28.08
А43

Утверждено
РИС Ученого совета
Российского университета
дружбы народов
им. Патриса Лумумбы

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Ответственный редактор –
кандидат физико-математических наук, доцент *Т.Н.Ледящева*

Члены редколлегии:
доктор экономических наук, профессор *М.М. Редина*,
кандидат технических наук, профессор *Е.В.Станис*,
кандидат биологических наук, доцент *Г.В. Плынова*,

А43 Актуальные проблемы экологии и природопользования.
Сборник трудов XXVI Международной научно-практической конференции: в 3 т. Москва, 25-27 апреля 2025 г. – Москва: РУДН, 2025.

ISBN

Т. 1. – 638 с.: ил.

ISBN (т. 1)

Сборник содержит материалы научных докладов двадцать шестой международной конференции «Актуальные проблемы экологии и природопользования», в институте экологии Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы. В работе конференции принимали участие ученые, преподаватели, аспиранты и студенты российских и зарубежных вузов, а также сотрудники научно-исследовательских учреждений и производственных предприятий. В первый том сборника вошли материалы докладов, представленных в секциях «Популяционная экология и экология сообществ», «Геоэкология и природопользование», «Почвенные аспекты рационального природопользования», «Продовольственная безопасность и экологизация сельскохозяйственного производства»

ISBN (т. 1)
ISBN

© Коллектив авторов, 2025
© Российский университет
дружбы народов им. Патриса
Лумумбы, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВСТУПЛЕНИЕ	18

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ

Boymurodov Kh.T., Izzatullaev Z.I., Sabohiddinov B.S., Boymurodov S.X., Egamkulov A.N. DISTRIBUTION DENSITY AND ECOLOGICAL GROUPS OF HYDROBIONTS IN BIOTOPES IN AQUATIC ECOSYSTEMS OF URBANIZED AREAS (ON THE EXAMPLE OF WATER ECOSYSTEMS OF THE CITY OF NAVOI AND ITS SURROUNDINGS)	20
Ghahramany, Loghman; Haseli, Saeed, Valipour, Ahmad POST-FIRE RECOVERY OF PERSIAN OAK (QUERCUS BRANTII) IN THE ZAGROS FORESTS, WESTERN IRAN	25
Mukminov, M.N.; Shuralev, E.A.; Shamaev, N.D. NOSEMA SPP PARASITE AND A COMPONENT OF PATHOGEN RECOGNITION SEQUENCE VARIANT NUMBERS RELATIONSHIP IN THE APIS MELLIFERA HOST SUBSPECIES ACROSS LOCAL APIARIES	32
Nnoli, Eucharia Chisom; Ibeneme, Ugochukwu Jones SOCIOECONOMIC AND ECOLOGICAL IMPACTS OF INVASIVE WOODY PLANTS: A COMPARATIVE STUDY OF SOUTH AFRICA AND NEW ENGLAND, USA	37
Sidorova A.E., Shamaev N.D. OBSERVATIONS OF R-TYPE VARROA DESTRUCTOR (ACARI: VARROIDAE) COLLECTED FROM LOCAL APIS MELLIFERA APIARY	41
Smirnova M.V. FEATURES OF THE ALLIUM TEST FOR TOXICOLOGICAL STUDIES	47
Tesema, Abraham Y. HABITAT AND TEMPERATURE PREFERENCES ASSESSMENT OF ACANTHOCERCUS CYANOASTER (RÜPPELL, 1835) IN ADI-KEYH, ERITREA.	53

Yang, Guanghui; Zhang, Mengmeng; Jin, Guangze EFFECTS OF NITROGEN ADDITION ON SPECIES COMPOSITION AND DIVERSITY OF EARLY SPRING HERBS IN A KOREAN PINE PLANTATION	58
Бабошина П.В. СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕЙ РТУТИ В КОРМОВЫХ ОБЪЕКТАХ КОПЫТНЫХ ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ	63
Богданова Я.А., Денисова А.Ю. К НАЧАЛУ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ОПОРНЫХ ПОЛИГОНОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ	67
Василевская А.А. НАСЕЛЕНИЕ ПТИЦ ПАРКОВ МОСКВЫ В ЗИМНИЕ МЕСЯЦЫ 2018-2025 ГГ.	70
Вязмина А.К. ПОВРЕЖДЕНИЕ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (ABIES SIBIRICA LEDEB.) ПОЛИГРАФОМ УССУРИЙСКИМ (POLYGRAPHUS PROXIMUS BLANDFORD) В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ	75
Глушенков И.С., НАСЕЛЕНИЕ ЖУЖЕЛИЦ (CARABIDAE) В СЕЛИТЕБНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНАХ ГОРОДА ЧЕРЕПОВЦА	80
Горбач В. В., Тюрина П. С. ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗОВАННОСТЬ ПОПУЛЯЦИИ ПОСТГЛЯЦИАЛЬНОГО РЕЛИКТОВОГО ВИДА В СРЕДНЕТАЕЖНОМ ЛАНДШАФТЕ НА ПРИМЕРЕ ПЕРЛАМУТРОВКИ CLOSSIANA FREIJA (THUNBERG, 1791) (INSECTA, LEPIDOPTERA, NYMPHALIDAE)	83
Дмитриев П.А., Дмитриева А.А., Козловский Б.Л. СПЕКТРАЛЬНАЯ ПОДПИСЬ КЛЕНОВ НА ОСНОВЕ БОЛЬШОЙ ГРУППЫ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ	88

Дроздова Л.И., Абраменко В.Р., Женихова Н.И., Попков Е.И. ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА СОСТОЯНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НЕКОТОРЫХ АМФИБИЙ	92
Жавкина Т.М., Кавеленова Л.М, Мельникова Е.А., Писцова Н.В. К ОЦЕНКЕ ЭМИССИИ АЭРОИОНОВ ХВОЙНЫМИ КУСТАРНИКАМИ: ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА	98
Желанкин Р.В., Сычёва И.Н., Волков Я.И. ВЫЖИВАЕМОСТЬ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ МЕТАМОРФОЗА ЛИЧИНОК ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ (PELOPHYLAX RIDIBUNDUS) В УСЛОВИЯХ ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ	103
Заика А. С. СОСТОЯНИЕ PICEA ABIES И PICEA PUNGENS В УЛИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА САМАРА	107
Занина М.А., Смирнова Е.Б. МЕСТООБИТАНИЕ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ VIOLA TANAITICA GROSSET В СРЕДНЕМ ПРИХОПЁРЬЕ	112
Ильина В.Н., Козловская О.В., Аветисян Н.А., Псарева В.Д., Атанова К.Ю. К СТРУКТУРЕ И СОСТОЯНИЮ ПОПУЛЯЦИЙ РЕДКИХ РАСТЕНИЙ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ В УСЛОВИЯХ ВЫПАСА СКОТА (САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РФ)	116
Калюжная О.Д. ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ ДАФНИЙ ГЕРБИЦИДА ЗИНО (700 Г/КГ МЕТРИБУЗИНА)	121
Каплевский А.А. ДИНАМИКА ФИТОЦЕНОЗА ЕЛЬНИКА ЗЕЛЕНЧУКОВОГО ПОСЛЕ ВСПЫШКИ ЧИСЛЕННОСТИ КОРОЕДА-ТИПОГРАФА	128

Кашкаров Р.Д., Митропольская Ю.О. ОПЫТ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА РЕДКИХ ВИДОВ ТЕРИОФАУНЫ УЗБЕКИСТАНА В РАЗРЕЗЕ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ	133
Колунова Р.И., Пологинова Г.В., Пологинова О.Е., Вязникова А.Д. НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА ЗАРАСТАНИЯ ПЕСЧАНОГО МАССИВА САРЫКУМ	142
Лебедовская М.В. ОБРАСТАНИЕ СЕТНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЧЕРНОМ МОРЕ	147
Лукъянов Е.А., Жавкина Т.М., Андреева И.А ОСОБЕННОСТИ ПЛОДОВ И СЕМЯН РАСТЕНИЙ РОДА VITIS ИЗ КОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА	152
Макаровский А.И. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ НАЗЕМНЫХ ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ (НЕТЕРОПТЕРА) В УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОНАХ ГОРОДА ЧЕРЕПОВЦА	157
Михайлов Ю.Е., Григорьев А.А., Бузунова А.А. ХАЛЬЦИД-СЕМЕЕД MEGASTIGMUS VIRUNSTATUS – ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК БИОПОВРЕЖДЕНИЙ ШИШКОЯГОД МОЖЖЕВЕЛЬНИКА СИБИРСКОГО В ГОРАХ ЮЖНОГО УРАЛА	160
Надточий Е.Я., Павлов П.В. МАРШРУТНЫЙ УЧЁТ ЗИМУЮЩИХ ПТИЦ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СМОЛЬНЫЙ»	166
Назаров Н.Г., Шарифуллин А.Г. ВЛИЯНИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБЫКНОВЕННОГО БОБРА НА СОСТОЯНИЕ БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ РЕКИ МОСКВАШКА (РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)	171

Наумова А.Е, Федосов А.О. МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖГОДОВОЙ СОХРАНЯЕМОСТИ ОБЫКНОВЕННОЙ СЛЕПУШОНКИ (<i>ELLOBIUS TALPINUS</i>) В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ	177
Петрищев В.С., Агасьева И.С., Петрищева М.В., Настасий А.С. БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ЦЕНОЗА СОИ КРАСНОДАРСКОГО И СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЕВ	182
Рахимов И.И., Басыйров А.М., Аринина А.В., Сурнина Т.А. ЗООГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОРНИТОФАУНЫ г. КАЗАНИ	185
Рифай Низар Нассер, Попова Д.В. ВОКАЛИЗАЦИЯ БОРОДАТОЙ НЕЯСЫТИ	190
Рифай Низар Нассер, Попова Д.В., ВОКАЛИЗАЦИЯ ОБЫКНОВЕННОЙ НЕЯСЫТИ	195
Соболев Н.А., Кугушева А.С. ОБНОВЛЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ О МЕСТАХ ПРОИЗРАСТАНИЯ КАСАТИКА БЕЗЛИСТНОГО	200
Сорокина Д.С. ПИТАНИЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ЛЕСНОГО КОТА (<i>PRIONAILURUS BENGALENSIS EUPRILURA</i> (ELLIOTT, 1871)) НА ВОСТОЧНОЙ ГРАНИЦЕ АРЕАЛА	205
Фомин А. Д., Котлов И.П., Готванский А.В., Крещик А.И., Андропова Р.С., Никитина И.А., Ячменникова А.А., Рожнов В.В. ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ЁМКОСТЬ УГОДИЙ ДЛЯ ТИГРА НА МОДЕЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИГОДНОСТИ МЕСТООБИТАНИЙ ДЛЯ КОПЫТНЫХ В ГИС	209
Ширяева Н.С. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА <i>GAMMARUS DUEBENI</i> (<i>LILLJEBORG</i> , 1852) (<i>MALACOSTRACA: AMPHIPODA:</i> <i>GAMMARIDEA</i>) ИЗ ВИСЛИНСКОГО ЗАЛИВА ЛЕТОМ 2023–2024 ГГ.	217

ГЕОЭКОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕОЭКОСИСТЕМ

Amarie, E., Onochie, P. MICROPLASTIC POLLUTION AND CYANOBACTERIA: INTERACTIONS AND IMPLICATIONS	223
Belov M.A. INFLUENCE OF THE ACIDITY OF THE ENVIRONMENT ON THE SELENIUM CONTENT IN THE SOILS OF THE CHELYABINSK REGION	230
Guliyev Ilgar Farzulla DISTRIBUTION OF THE HEAVY METALS IN THE SOILS OF THE LOW MOUNTAIN LANDSCAPE OF THE VALVALACHAI- GUSARCHAI INTERFLUVE AREA (NORTHEASTERN SLOPE OF THE SOUTHEASTERN PART OF THE GREATER CAUCASUS, AZERBAIJAN)	235
Ghahramany, Logman; Bavaghar, Mahtab Pir ESTIMATING BASAL AREA IN COPPICE OAK FOREST USING THE GEOSTATISTICAL KRIGING METHOD	240
John, R.M. THE IMPACT OF SOIL CONTAMINATION ON GEO-ECOSYSTEM SUSTAINABILITY: A CASE STUDY OF TANZANIA	247
Бережок Д.А. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА (НА ПРИМЕРЕ Г. ЧЕЛЯБИНСКА)	251
Гарманов В.В., Богданов В.Л., Заварин Б.В. ПРИЧИНЫ И ТИПИЗАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА «АПАТИТЫ»	257
Гусарова Д.С., Яблонская Д.А., Филатова О.Р., Пацаева С.В. МОНИТОРИНГ СОСТАВА РАСТВОРЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДАХ РОДНИКОВ СЕВЕРО-ВОСТОКА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ СПЕКТРОМЕТРИИ	263
Денисов С.В., Моргунов Д.В. ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АРКТИКИ: ОБЗОР.	268

Ермаков В.В., Быкова Т.В., Быков Д.Е. ИНДЕКСИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ КОНТАКТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ КАК СПОСОБ СОВМЕЩЕНИЯ ДАННЫХ ПРИ МНОГОУРОВНЕВОМ ОПТИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ	276
Катрук С.С. ВЫЯВЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ МИКРОПЛАСТИКА В РЕКЕ КОРЮШКА В РАЙОНЕ ЮЖНОЕ БУТОВО В ГОРОДЕ МОСКВА С ПОМОЩЬЮ ГАЗОВОГО ХРОМАТОГРАФА	283
Крестинина Д.А., Грищенко М.Ю., Мотакова А.М. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВХОЗНЫХ ЗЕМЕЛЬ НА О. КУНАШИР (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)	287
Кряжева Е.Ю., Лаптева Е.М., Сератирова В.В., Пильник Ю.Н. СОДЕРЖАНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ УХТЫ НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ	293
Кузьмина А.Ю., Яблонская Д.А., Филатова О.Р. КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОД РОДНИКОВ ГОРОДОВ МОСКВЫ И БРЯНСКА	296
Куракова А.Д., Рязанова Н.Е. ИЗМЕНЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА В ПОСЕЛКЕ ТЕРСКОЛ (РЕСПУБЛИКА КАБАРДИНО-БАЛКАРИЯ) КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЛАВИНООПАСНОСТИ РАЙОНА И РИСК ДЛЯ ТУРИСТСКОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА	301
Михайленко А.В., Федоров Ю.А., Костенко Д.Ф. РТУТЬ В КОМПОНЕНТАХ ЛАНДШАФТА МИУССКОГО ЛИМАНА (ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2022 ГОДА)	307
Мурадов Ш. О., Ражабова Д. А. Шакирова З.Р. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД И ПРОГНОЗ ХАРАКТЕРА ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ АРИДНЫХ ЗЕМЕЛЬ	312

Назаров С.И., Мазина С.Е. БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ СЕРЫ В ОТНОСИТЕЛЬНО ИЗОЛИРОВАННЫХ УСЛОВИЯХ КАРСТОВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ПОЛОСТЕЙ	321
Никитин О.В., Степанова Н.Ю., Шевчук К.А., Гордеев А.С., Кузьмин Р.С., Латыпова В.З. ОЦЕНКА ЭМИССИИ МЕТАНА В МЕЛКОВОДНОЙ ЗОНЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА МЕТОДОМ ПЛАВУЧИХ КАМЕР	327
Павликова Ю.М., Шкарлет К.Ю. СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОЗЕРА КРАВЦОВО	332
Покида Л.С., Костикова В.А. ГЕОХИМИЯ И МОРФОЛОГИЯ ТЕХНОГЕННЫХ ПОЧВ Г. НЕВИННОМЫСКА	337
Попова Д.С., Ряполова М.Е., Алейникова А.М. ОСОБЕННОСТИ РЕК ЛИКИИ (ЮЖНАЯ ТУРЦИЯ)	343
Ратникова О.Н., Сосновская Н.Е., Борш А.Т. НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ПОЙМЕННОГО БОЛОТА	349
Рысин И.И., Григорьев И.И. РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗМЫВА БЕРЕГОВ РЕК УДМУРТИИ	354
Семакина А.В., Губко Ж.В., Рысин И.И., Рублева Е.А. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	361
Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Платоненко Г.О. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСБОРОВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЯ РЕЧНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ РЕК ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)	367

Стурман В.И. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДИОКСИДА АЗОТА ПО ДАННЫМ РАЗНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ (НА ПРИМЕРЕ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЦЕНТРОВ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ)	371
Тобратов С.А, Железнова О.С. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАВНИННОГО РЕЛЬЕФА (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОЙ МЕЩЁРЫ И ПОЙМЫ СРЕДНЕЙ ОКИ)	377
Третьяков В.Ю., Дмитриев В.В., Клубов С.М., Никулина А.Р. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОДНОРОДНОСТИ АКВАТОРИИ ПО ДАННЫМ ДЗЗ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ЕЁ ЭКОСИСТЕМЫ	385
Трофимов Ю.В, Каманина И.З., Аверкин А.Н., Кузнецов Е.М., Муравьев И.П. ИНТЕГРАЦИЯ ОБЪЯСНИМОГО ИССКУСТВЕННОГО ИНТЕЛЕКТА И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ	390
Фозилов А.С. ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В УЗБЕКИСТАНЕ	395
Чулкова А.И., Яблонская Д.А. БИОДОСТУПНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЕПЛАХ ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ	404
Шанина В.В. РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ МАССИВОВ МАГМАТИЧЕСКИХ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ КРЫМА	409
Швецова М.С., Каманина И.З., Зиньковская И. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И СЛЕДОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ТЕРРИТОРИИ ПАРКОВ МОСКВЫ	414

Шергина О.В. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ ПО НАКОПЛЕНИЮ ЧАСТИЦ ТВЕРДОГО АЭРОЗОЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ХВОИ/ЛИСТЬЕВ ДЕРЕВЬЕВ	423

Широков Р.С. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ ОБЛАСТИ ЗАПАДНОГО ЯМАЛА В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ	428

ПОЧВЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Acosta Rivero, Daniel; Vargas Rodríguez, Heriberto; Prats Rico, Daniel; Navarro Pedreño, Jose SALINITY AND PH IN LEACHATES DURING PEPPER CULTIVATION IN CALCAREOUS SOILS UNDER SALINE IRRIGATION.	433

Ghebretnsae, T.W.; Mohamed E.S.; Tesfay T. PERFORMANCE OF FAO 56 - PM METHOD TO DETERMINE ET _o WITH LIMITED DATA	440

Tesfay, T. MODELLING SOIL ORGANIC CARBON WITH RAINFALL AND TEMPERATURE VARIABLES	446

Vargas Rodríguez H.; Falcón Acosta M.C., Menéndez Torres F; Florida Bacallao R.; Rebouh N.Y. EVALUATION OF SOIL LIMITING FACTORS FOR AGRICULTURAL PRODUCTION AND STRATEGIES FOR THEIR RATIONAL USE IN MAYABEQUE PROVINCE, CUBA	451

Бушуев Н.Н. ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ	456

Готина А.А. ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОЧВЫ СВИНЦОМ НА ТЕРРИТОРИИ СОВЕТСКОГО РАЙОНА Г.О. САМАРА	460

Зидымышева С.А., Зыкина Н.Г. ПОСТАГРОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ	467
Марахова Н.А. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ХОЗЯЙСТВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ	475
Маркова Л.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДОВ	480
Мачулина Н.Ю., Николаева Г.В., Осадчая Г.Г. ЭКОСИСТЕМНЫЕ ФУНКЦИИ ПОЧВ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА: СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ	488
Николаева А.Н., Березкин В.Ю., Баранчуков В.С., Колмыкова Л.И., Костин А.С., Головин М.Л. ПРИЧИНЫ НИЗКОГО СОДЕРЖАНИЯ ЙОДА В ПОЧВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НЕКОТОРЫХ РЕГИОНОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РФ	493
Савушкин А.И. ПРИМЕНЕНИЕ МЕТИЛОТРОФОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНАХ АКТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ	499
Харыбина А.С., Самохина Н.П. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТИПА ГОРНОГО ЦЕНОЗА НА СТАБИЛЬНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОДСТИЛКИ И ПОЧВ	505
Цимбал А.В. ВЛИЯНИЕ БИОФУНГИЦИДА «БИОФУНГИН» НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЛУГОВО-ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ	511

ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Igwe Emmanuel EFFECT OF PRECIPITATION FLUCTUATION ON SPRING WHEAT PRODUCTIVITY: CASE STUDY OF MOSCOW REGION	516
Khelif, Amira; Hajji-Hedfi, Lobna; Krouma, Abdelmajid IMPACT OF ECO-FRIENDLY STRATEGIES ON TOMATO RESILIENCE TO HEAT STRESS AND FUSARIUM WILT	523
Niambe O.K., Slovareva O.Y. IMPACT OF PLANT-PATHOGENIC BACTERIA ON CROP PRODUCTIVITY – A CASE STUDY OF ROBBSIA ANDROPOGONIS (SMITH 1911) (REVIEW)	528
Omokaro G.O., Abdulmajeed A.C., Osazemen G.O. BIOLOGICAL CONTROL METHODS FOR MITIGATING HERBICIDE APPLICATION EFFECTS ON SOIL HEALTH	532
Агаркова Н.А., Дренова Н.В., Еремина У.В., Шукова А.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ БИОАГЕНТОВ ВОЗБУДИТЕЛЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО ОЖОГА ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР ERWINIA AMYLOVORA	538
Балакина Т.Р., Полупан Н.И., Лысенко А.Б. МОНИТОРИНГ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЯСЕНЕВОЙ ИЗУМРУДНОЙ ЗЛАТКИ (AGRILUS PLANIPENNIS FAIRMAIRE) НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ	544
Батиров Х.Ф., Пардаев Б.А., Муродуллаев К.Ш. ЗИМНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ САМАРКАНДСКОЙ ОБЛАСТИ	547
Бондарева Л.Г., Федорова Н.Е. ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СЕМЕЧКОВЫХ КУЛЬТУРАХ (НА ПРИМЕРЕ ЯБЛОК) ПРОИЗВОДНОГО АМИД ПИРАЗОЛ-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ – ПИДИФЛУМЕТОФЕНА	556

Гасанова Д.А., Южаков С.В., Смирнов С.А., Климов Д.А., Растрига Н.В., Левашов П.А. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МИКРООРГАНИЗМА PRIESTIA MEGATERIUM (КАПУСТНОЙ ПАЛОЧКИ) С ЛИЗОЦИМОМ: ОСОБЕННОСТИ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ЛИЗИСА БАКТЕРИИ	561
Гвоздева М.С., Кудинова О.А., Руденко В.Д., Волкова Г.В. ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДА БАЛИЙ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАТОГЕННОСТИ ПОПУЛЯЦИИ RUSSINIA HORDEI	569
Дмитриева Н.А. НОВЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ РАСТЕНИЯ-ДИКОРОСА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ - ВЕРБЛЮЖЬЕЙ КОЛЮЧКИ (ALHAGI PSEUDALHAGI)	572
Егорченкова О.Е. КОНТРОЛЬ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ЗЕТА-ЦИПЕРМЕТРИНА В ЛИСИЧКАХ ПОСЛЕ АВИАОБРАБОТКИ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ	577
Елшибек А.Б., Джубатова Э.А., Алпысбаева К.А. ЗЛАТОГЛАЗКА В БОРЬБЕ С ВРЕДИТЕЛЯМИ	582
Епишина Т.М., Чхвиркия Е.Г., Лохин К.Б. ВЛИЯНИЕ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ПЕСТИЦИДА НА ПОКАЗАТЕЛИ ТОКСИЧНОСТИ У ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ	585
Ерёмина У. В., Дренова Н. В., Шукова А.С., Агаркова Н.А. ИСПЫТАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ БИОПРЕПАРАТОВ ПРОТИВ ВОЗБУДИТЕЛЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО ОЖОГА ERWINIA AMYLOVORA	591
Козлов Е.Е., Миронова О.А. ОЦЕНКА ПОЖНИВНЫХ ОТХОДОВ, УТИЛИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОЙ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ, НА СООТВЕТСТВИЕ КРИТЕРИЯМ ТРЕБОВАНИЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА	595

Кудинова О.А., Гвоздева М.С., Руденко В.Д., Волкова Г.В. ДЕЙСТВИЕ ПОВТОРНЫХ ОБРАБОТОК ФУНГИЦИДОМ НА ОСНОВЕ ТИАЗОЛОВ И СТРОБИЛУРИНОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ ВИРУЛЕНТНОСТИ ИЗОЛЯТОВ RUSSINIA HORDEI	600
Курбаков Д.Н., Кузнецов В.К., Панов А.В., Саруханов А.В. ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ТЕРРИТОРИЯХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	604
Лашина В.Д., Сухно И.В., Бузько В.Ю., Подушин Ю.В., Король А.А. ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА РОСТОСТИМУЛИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ	609
Пачкин А.А., Балахнина И. В., Нестерова А. Ю., Лептягин Д.О. ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ЯБЛОНЕВОГО САДА С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ УСТРОЙСТВ	614
Переведенцев А.В., Довбня А.Н., Лещева Ю.С., Миронова О.А., Курбанов С.С. ПЕРСПЕКТИВЫ БИОУТИЛИЗАЦИИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ГРИБОВ РОДА PLEUROTUS (ВЕШЕНКИ) И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В РАЦИОНАХ СВИНЕЙ	619
Степанова Н.А. ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМАМЕКТИНА БЕНЗОАТА В ПЛОДОВЫХ КОСТОЧКОВЫХ	623
Тараненко В.В., Кустадинчев А.Д., Волкова Г.В. ИСПЫТАНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ НА ПШЕНИЦЕ ОЗИМОЙ	628

Уколова А. Ю., Кузнецова М. А. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОСТИМУЛЯТОРА АНТИСТРЕССАНТА ЭКСЕЛГРОУ В СОЧЕТАНИИ С ФУНГИЦИДАМИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНОСТИ РАННЕЙ ПЯТНИСТОСТИ, ВЫЗВАННОЙ ГРИБАМИ РОДА ALTERNARIA И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КАРТОФЕЛЯ	631
Шаталова Е.И., Воронкова А.В. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНТОМОФАГОВ ИЗ ЧИСЛА ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ (HEMIPTERA) В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ	635

ВСТУПЛЕНИЕ

Конференция "Актуальные проблемы экологии и природопользования" – одна из первых в России конференций экологической тематики – впервые была проведена в 1999 году на экологическом факультете Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы (ныне – Институт экологии), созданном всего за 4 года до этого и ставшим первым в России факультетом, реализующем системное экологическое образование. По результатам конференции был опубликован сборник аннотаций докладов и принято решение проводить конференцию ежегодно. Статус международной конференция получила в 2012 году.

Традиционно направления работы конференции охватывают широкий спектр вопросов экологии и природопользования и смежных с ними – мониторинг состояния компонент окружающей среды различными методами, анализ влияния деятельности человека на окружающую среду, технологии сокращения этого влияния и ремедиации территорий, вопросы экологии человека, ресурсной и продовольственной безопасности, а также социальной экологии, государственной политики в сфере охраны окружающей среды и экологического воспитания и образования. Участие в конференции принимают ученые, преподаватели, аспиранты и студенты российских и зарубежных вузов, а также сотрудники научно-исследовательских учреждений и предприятий реального сектора экономики.

В 2025 году конференция прошла традиционно в апреле, приуроченная к Дню Земли. Соорганизаторами конференции стали: Неправительственный экологический фонд имени В.И. Вернадского; Благотворительный фонд «Возрождение природы»; Всероссийский научно-исследовательский институт карантина растений (ВНИИКР); Институт зоологии

КН МОН Республики Казахстан; Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова Белорусского государственного университета; Университет Лахора (Пакистан); Аграрный университет Гаваны (Куба); Богорский сельскохозяйственный университет (Индонезия); Университет Шри-Джаяварденепуры (Шри-Ланка); Национальный инженерный университет (Перу); Харарский технологический институт (Зимбабве); Федеральный университет Рио-де-Жанейро (Бразилия).

Материалы докладов секций «Популяционная экология и экология сообществ», «Геоэкология и устойчивость геосистем», «Почвенные аспекты рационального природопользования» и «Продовольственная безопасность и экологизация сельскохозяйственного производства» (кроме тех докладов, которые были приняты без публикации) опубликованы в первом томе настоящего сборника. Второй том включил материалы докладов секций «Технологии экологической безопасности и энергосбережения», «Управление экологической безопасностью», «Устойчивое развитие и биоэкономика: интеграция ресурсов и инновационных технологий», «Экология человека», «Экология, экономика, право». Третий том содержит избранные доклады традиционной Экологической конференции школьников. Кроме того, около 40 статей будут опубликованы в посвященных результатам конференции выпусках журналов «Географическая среда и живые системы», «Экология и промышленность России».

Надеемся, что сборник будет интересен и полезен читателям и приглашаем к участию в следующей нашей конференции!

ПОПУЛЯЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ СООБЩЕСТВ

*Boymurodov Kh.T.¹, Izzatullaev Z.I.², Sabohiddinov B.S.¹,
Boymurodov S.X.³, Egamkulov A.N.¹*

DISTRIBUTION DENSITY AND ECOLOGICAL GROUPS OF HYDROBIONTS IN BIOTOPES IN AQUATIC ECOSYSTEMS OF URBANIZED AREAS (ON THE EXAMPLE OF WATER ECOSYSTEMS OF THE CITY OF NAVOI AND ITS SURROUNDINGS)

¹*Samarkand State University of Veterinary Medicine, Livestock and
Biotechnologies, Republic Of Uzbekistan*

²*Samarkand State University, Republic Of Uzbekistan*

³*National University of Uzbekistan, Republic of Uzbekistan*

The distribution of hydrobionts in aquatic ecosystems in the territory of Navoi city was studied. Nucleotide sequence data for the 5.8S region of the rDNA ITS-2 region of *Corbicula fluminalis* species have been deposited in the National Center for Biotechnology Information (NSBI) database

The study of hydrobionts in urbanized areas and their surrounding aquatic ecosystems was carried out by Aldridge. D.C. et al. [1], Beshpalaya, Y. V. et al. [2], Boymurodov, Kh. et al. [3-5], Bolotov. I. N. et al. [6,7], Izzatullaev Z.I.[8], Lopes-Lima. M. et al. [9], Pfeiffer J.M. et al. [10], made a significant contribution.

The methods of Izzatullaev Z.I.[8], Bolotov I.N. et al. [6,7], Boymurodov Kh.T. et al. [3,4] were used to collect materials from the urbanized areas of Navoi city and its surroundings. During the research seasons of 2018-2024, hydrobionts were collected from the territory of Navoi city, the part of the Zarafshan River flowing through Navoi city, and the canals and ponds of Navoi city. The collected hydrobionts were identified to the species level by Izzatullaev Z.I. [8], Boymurodov Kh.T. [3,4] were used. Some hydrobionts distributed in urbanized areas include *Corbiculina ferghanensis* from the family Corbiculidae and *Corbicula*

fluminalis Molecular genetic studies were conducted to identify the species. GeneJET GENOMIK DNA reagent kit was used to isolate DNA from selected samples.

We conducted research in water types in urbanized areas. The distribution of hydrobionts was studied in Lake Yoshlar in the Navoi city area, the part of the Zarafshan River flowing through Navoi city, and canals and ponds in the Navoi city area.

Lake of “Yoshlar” (Youth) is located in the territory of the city of Navoi, it is filled with water by 12 pumps, the lake has a volume of 2,800 cubic meters of water and is used by the population for recreation. From the beginning of the lake’s creation, water from the Zarafshan River was supplied to the lake through canals and ditches. Until now, the hydrobionts of Lake Yoshlar in the urbanized area have not been specifically studied. A total of 5 species of hydrobionts were found in the lake basin: 1 species from the Glossiphoniidae family, 1 species from the Erpobdellidae family, 1 species from the Unionidae family, and 2 species from the Corbiculidae family. It was found that all species distributed in this lake are broadly adapted eurybiont species. The ecological groups of species distributed in the lake were analyzed: 1 rheophilic species 20% (*Sinanodonta puerorum*), 2 pelorheophytic species 40% (*Corb. tibetensis*, *Corb. ferghanensis*), 1 phytolithophilic species 20% (*Helobdella stagnalis*) and 20% of lithorheophiles (*Erpobdella octoculata*) distribution was analyzed.

The total length of the Zarafshan River is more than 878 km, and the basin area is 41,878 km², of which the mountainous part is more than 17,810 km², and the remaining parts are foothills and plains. Many canals, such as Dargham , Kalqonata, Shohrud, Romitan and ditches, receive water from the Zarafshan River. The Zarafshan River also flows through the urbanized city of Navoi. We found that a total of 10 species are distributed in the urbanized city of Navoi, including 5 from the Unionidae family, 3 from the Corbiculidae family, 1 from the Astacidae family, and 1 from the Glossiphoniidae family. When studying the distribution in

biotopes, rocky areas were found to be *Hemiclepsis marginata*, *Helobdella stagnalis*, *Corbicula cor*, *Corbicula purpurea*, *Corbiculina ferghanensis*, *Pontastacus leptodactylus*, *Sinanodonta gibba*, *Sinanodonta ruerorum*, *Sinanodonta orbicularis*, *Colletopterium bactrianum*, *Colletopterium cyreum sogdianum*, *Colletopterium ponderosum volgense* were analyzed in 1 month.

Canals and ponds in the Navoi city and its surrounding areas receive their water from the Zarafshan River and its tributaries, so we observed the occurrence of species common in the river in these water types. In 4 canals and 6 small ponds in the Navoi city area, 8 species were found: 1 from the Glossiphoniidae family, 1 from the Haemopidae family, 2 from the Unionidae family, 3 from the Corbiculidae family, and 1 from the Astacidae family. Ecological groups peloreophiles 5 62.5% (*Sinanodonta ruerorum*, *Corbicula fluminalis*, *Corbiculina tibetensis*, *Corbiculina ferghanensis*, *Haemopsis sanguisuga*), pelolimnophilic 1 species (*Colletopterium ponderosum volgense*) 12.5%, phytophilic 1 species (*Pontastacus leptodactylus*), crenophilic 1 species 12.5% (*Hemiclepsis marginata*).

Corbiculina ferghanensis from the Corbiculidae family, widespread in aquatic ecosystems of urbanized areas and the nucleotide sequence data of the rDNA ITS-2 region 5.8S. of the species *Corbicula fluminalis* have been deposited in the National Center for Biotechnology Information (NCBI) database. As a result, *Corbiculina ferghanensis* (PP239092) and Identification numbers for the species *Corbicula fluminalis* (PP256501) have been obtained, which will allow for the identification and phylogeny of bivalve mollusks on an international scale.

So, in Lake Yoshlar, 5 species of hydrobionts were found, including 1 species from the Glossiphoniidae family, 1 species from the Erpobdellidae family, 1 species from the Unionidae family, and 2 species from the Corbiculidae family. In the urbanized part of the river in Navoi city, 10 species were found, including 5 species from the Unionidae family, 3 species from the

Corbiculidae family, 1 species from the Astacidae family, and 1 species from the Glossiphoniidae family. In 4 canals and 6 small ponds in Navoi city, 8 species were found, including 1 species from the Glossiphoniidae family, 1 species from the Haemopidae family, 2 species from the Unionidae family, 3 species from the Corbiculidae family, and 1 species from the Astacidae family.

References

1. Aldridge D.C., Ollard I.S., Beshpalaya Y.V., Bolotov I.N., Douda K., Geist J., Zieritz A. Freshwater mussel conservation: A global horizon scan of emerging threats and opportunities // *Global Change Biology*. 2003. № 29(3). P. 575–589.
2. Beshpalaya Y.V., Aksenova O.V., Gofarov M.Y., Kondakov A.V., Kropotin A.V., Kononov O.D., & Bolotov I.N. Who inhabits the world's deepest crater lake? A taxonomic review of *Corbicula* (Bivalvia: Cyrenidae) clams from Lake Toba, North Sumatra, Indonesia // *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. 2021a. № 59, Pp. 400–410.
3. Boymurodov Kh., Suyarov S. Bivalve mollusk fauna and ecological groups of Unionidae and Corbiculidae families in natural and artificial reservoirs of Uzbekistan // *E3S Web of Conferences*. 2021. № 265. P. 01014
4. Boymurodov Kh., Jabborov Kh., Jabbarova T., Aliyev B., Mirzamurodov O., Egamqulov A. Distribution and ecological groups of bivalve mollusks of the families Unionidae and corbiculidae in the aquatic ecosystems of the Kyzylkum nature reserve // *Reliability: Theory and applications*. 2022. №4 (70). P. 343–347
5. Boymurodov. Kh., Khodjaeva N., Raximov M., Bobonazarov.G., Boymurodov. S., Khurazov. S., Davronov. B. Effect of hydrochemical indicators of Sangzor river water on mollusk population indicators // *E3S Web of Conferences*. 2024. № 555. P. 02002
6. Bolotov I.N. et al. New taxa of freshwater mussels (Unionidae) from a species-rich but overlooked evolutionary hotspot in Southeast Asia // *Scientific Reports*. 2017. №7. P. 1–18
7. Bolotov I.N. et al. Discovery of *Novaculina myanmarensis* Sp. Nov.

(Bivalvia: Pharidae: Pharellinae) closes the freshwater razor clams range disjunction in southeast asia// Scientific Reports. 2018. №8. P.16325

8. *Izzatullaev Z.I.* Molluscan fauna of aquatic ecosystems of Central Asia and adjacent territories. Tashkent: LESSON PRESS, 2019

9. *Lopes-Lima M. et al.* // Molecular Phylogenetics and Evolution. 2017. №106. Pp.174–191

10. *Pfeiffer J. M., Graf. D. L., Cummings, K. S. Page. L.M.* Molecular phylogeny and taxonomic revision of two enigmatic freshwater mussel genera (Bivalvia: Unionidae incertae sedis: Harmandia and Unionetta) reveals a diverse clade of Southeast Asian Parreysiinae // Journal of Molluscan Studies. 2018. №84. Pp. 404–416

Боймуродов Х.Т.¹, Иzzатуллаев З.И.²,

Сабохиддинов Б.С.¹, Боймуродов С.Х.³, Эгамкулов А.Н.¹

**ПЛОТНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ГРУППЫ ГИДРОБИОНТОВ В БИОТОПАХ В ВОДНЫХ
ЭКОСИСТЕМАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ
(НА ПРИМЕРЕ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ГОРОДА НАВОИ
И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ)**

¹*Самаркандский государственный университет ветеринарной
медицины, животноводства и биотехнологий*

²*Самаркандский государственный университет*

³*Национальный университет Узбекистана*

Изучено распространение гидробионтов в водных экосистемах на территории г. Навои. Данные о последовательности нуклеотидов 5.8S области рДНК ITS-2 вида *Corbicula fluminalis* депонированы в базе данных Национального центра биотехнологической информации (NSBI).

**Ghahramany, Loghman^{1,2}; Haseli, Saeed¹,
Valipour, Ahmad^{1,2}**

**POST-FIRE RECOVERY OF PERSIAN OAK
(*QUERCUS BRANTII*) IN THE ZAGROS FORESTS,
WESTERN IRAN**

¹Department of Forestry, Faculty of Natural Resources, University
of Kurdistan, Iran

²Dr. Hedayat Ghazanfari Center for Research and Development
of Northern Zagros Forestry, University of Kurdistan, Iran
l.ghahramany@uok.ac.ir

The study aims to evaluate the response of Persian oak (*Quercus brantii*) in the forests of Zagros (Iran) to the effects of fire, focusing on the shoot regeneration (type, number, diameter and height growth) at different time intervals after fire (5, 10 and 15 years).

Wildfires significantly impact forest ecosystems by affecting the life cycle of forests, species composition, forest structure (both horizontally and vertically), and the extent of forested areas [1]. More than 90% of widespread forest fires globally are caused by human activities such as unsustainable exploitation, land-use changes, and negligence [1, 2].

As reported by the United Nations Food and Agriculture Organization (FAO, 2016), wildfires result in the annual loss of millions of hectares of global forest cover which leads to the destruction of vegetation, negatively impacts biodiversity, carbon stocks, and the ecosystem services [3, 4]. Additionally, wildfires can disrupt water and soil cycles, leading to increased soil erosion and a decline in the quality of water resources [5].

The Zagros forests, spanning approximately 5.5 million hectares with a semi-Mediterranean climate, are located in the west and southwest of Iran. Species of the oak genus, including *Quercus brantii*, *Quercus infectoria*, and *Quercus libani*, are recognized as the dominant species in these forests [6].

The objective of this research is to evaluate the response of Persian oak trees (*Quercus brantii*) to fire, focusing on the type and number of post-fire sprouts, as well as examining the diameter

and height growth of the sprouts.

Three forest stands with approximately similar physiographic conditions and an area of two hectares, each with a history of fire (5 years (5AF), 10 years (10AF), and 15 years (15AF) post-fire, respectively), were selected in the forests of Kermanshah Province, located in the west of Iran. The study area lies within the geographical range of 45°20' to 48°1' East longitude and 33°37' to 35°17' North latitude. The average annual precipitation in the study area is approximately 600 millimeters, and the average annual temperature is 11.6°C [7]. Persian oak is the dominant species in the selected stands. The growth form of the studied stands is coppice.

The boundaries of the three selected stands were mapped using a GPS device. In each stand, a 100% inventory was conducted, and data related to the diameter of all burned trees, the number and type of post-fire sprouts for each burned tree, as well as the diameter and height of the dominant post-fire sprouts in each sprout group, were recorded.

The frequency distribution of post-fire sprouts, including root and stem sprouts, was determined across diameter classes, and the diameter and height increment of the sprouts were calculated. To calculate the average diameter increment of the sprouts, the diameter of the dominant sprout in each sprout group was divided by the time elapsed since the fire (in years). Similarly, to calculate the height growth, the height of the dominant sprout in each sprout group was divided by the time elapsed since the fire (in years).

To compare the number of post-fire root and stem sprouts in each studied stand, the Mann-Whitney test was used. The comparison of diameter and height growth of the dominant post-fire sprouts in the studied stands was conducted using one-way analysis of variance (ANOVA). To compare the mean height increment after ANOVA, Duncan's test was applied. All statistical analyses were performed using SPSS27 software.

The number and type of post-fire sprouts were examined

in 730 burned Persian oak trees over three time periods: 5, 10, and 15 years after the fire (Table 1).

Table 1. Statistics of the number and diameter characteristics of burned trees in the studied stands.

Stand	Number of burned stumps	Diameter of burned stumps			Number of post-fire sprouts		
		Median	Min	Max	Mean ($\pm$ S.D.)	Max	Min
5AF	208	18	6	50	8($\pm$ 7)	1	41
10AF	229	16	5	61	12($\pm$ 12)	1	141
15AF	293	19	5	58	8($\pm$ 8)	1	62

S.D. - Standard deviation

The results showed that Persian oak trees respond to fire by producing root and stem sprouts. Results indicated that as the diameter increases, the number of post-fire sprouts initially rises and then declines. Overall, the highest number of post-fire root and stem sprouts was observed in the diameter classes of 10 to 20 centimeters. Additionally, in diameter classes above 40 centimeters, the number of post-fire root and stem sprouts significantly decreased and, in some cases, reached zero (Fig. 1).

The frequency of post-fire root sprouts was considerably higher than that of stem sprouts ($P < 0.01$), indicating that the dominant strategy of Persian oak trees for regeneration and survival after fire is the production of root sprouts (Figure 1).

As time passes after the fire, the number of post-fire root and stem sprouts declines, likely due to competition among the sprouts and the natural thinning of some of them.

Figure 2 illustrates the diameter increment of post-fire root sprouts across different diameter classes of burned stumps and the time elapsed since the fire (5AF, 10AF, and 15AF). Root sprouts from smaller-diameter stumps generally exhibited lower diameter increments compared to those from larger stumps. The highest diameter increments were observed in intermediate

diameter classes (20 to 35 cm), indicating a phase of rapid growth for these sprouts. In contrast, in larger diameter classes (40 to 50 cm), the diameter increment decreased or stabilized, likely due to the maturation of the sprouts and a decline in their growth rate. This difference may be attributed to better access to resources (e.g., water and nutrients) owing to larger and more extensive root systems or higher photosynthetic capacity in larger stumps. The gradual decline in diameter growth over time (from 5AF to 15AF) reflects the recovery process of the sprouts following the fire. Overall, the data in Figure 2 demonstrate that the growth rate of sprouts is significantly influenced by stump size and the time elapsed since the fire.

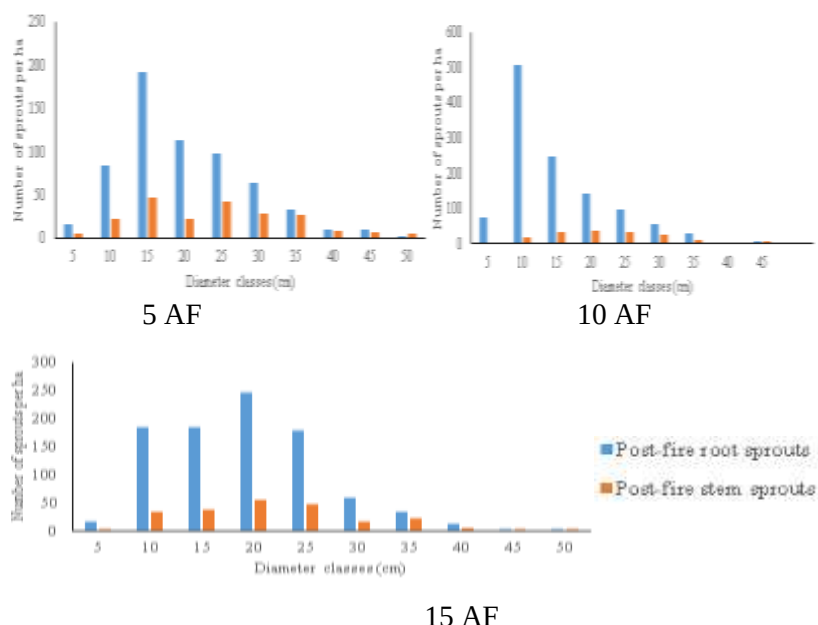


Figure 1. Distribution of post-fire root and stem sprouts across diameter classes in studied stands.

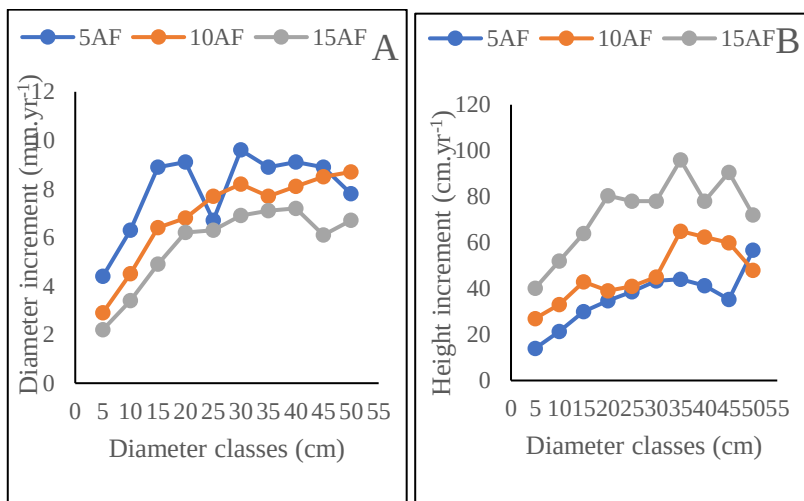


Figure 2. Distribution of diameter increment (A) and height increment (B) of post-fire root sprouts across diameter classes.

The mean (standard deviation) of diameter growth in the 5AF, 10AF, and 15AF stands was recorded as 8 (1.7), 6.1 (2.8), and 5.7 (1.7) cm per year, respectively. The result of ANOVA for comparing the diameter increment of post-fire sprouts in the studied stands indicates no significant difference among them regarding this characteristic (Table 2).

In general, as time progresses after the fire event from 5AF to 15AF, the height increment tends to increase across most diameter classes.

In all three treatments, the annual height increment usually increases with the diameter of the trees, but this trend is not always linear. The difference in height increment of post-fire sprouts among the studied stands was significant (Tables 2, 3).

Table 2. The result of the variance analysis of the diameter and height increment of post-fire sprouts in the studied stands.

Index	SOV	SS	df	MS	F	p-value
Diameter Increment (mm.yr ⁻¹)	Between treatments	28.896	2	14.448	3.177	0.058
	Within treatments	122.795	27	4.548	CV=32.3%	
	Total	151.691	29			
Height increment (cm.yr ⁻¹)	Between treatments	8263.654	2	4131.827	16.4	<0.01
	Within treatments	6802.105	27	251.930	CV=32%	
	Total	15065.759	29			

Table 3. Results of Duncan's test for comparing the height increment of post-fire sprouts.

Stand	*Mean (cm.yr ⁻¹)	Std. deviation (cm.yr ⁻¹)	Std. error (cm.yr ⁻¹)
5AF	72.9 ^a	16.9	5.3
10AF	40.1 ^b	18.1	5.7
15AF	35.7 ^b	12.0	3.8

*Means with different letters significantly differ at the 1% error level.

References

1. Bowman D.M., Kolden C.A., Abatzoglou J.T., Johnston F.H., van der Werf G.R., & Flannigan M. Vegetation fires in the Anthropocene // Nature Reviews Earth & Environment. 2020. №1(10). P.500-515.
2. Murphy S., Vidal M., Smith T., Hallagan C., Broder E., Rowland D., & Cepero L. Forest Fire Severity Affects Host Plant Quality and Insect Herbivore Damage // Frontiers in Ecology and Evolution. 2018. № 6. P.135.
3. Lindenmayer D.B., Kooyman R.M., Taylor C., Ward M., & Watson J.E. Recent Australian wildfires made worse by logging and associated forest management // Nature ecology & evolution. 2020 №4(7). P. 898-900.
4. Nolan R.H., Boer M.M., Collins L., Resco de Dios V., Clarke H., Jenkins M., ... & Bradstock R.A. Causes and consequences of eastern Australia's 2019–20 season of mega-fires // Global change biology.

2020. № 26(3). P.1039-1041.

5. *Robinne F.N., et al.* A spatial evaluation of global wildfire-water risks to human and natural systems // *Science of the Total Environment*. 2018. № 610-611ю P.1193-1206.

6. *Sagheb Talebi K., Sajedi T., & Pourhashemi M.* Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future (No. 15325). Springer Netherlands, 2014

7. *Darabi H., Gholami S., & Sayad E.* Spatial distribution of Oak decline in relation to trees morphologic properties in Zagros forests, Kermanshah // *Journal of Wood and Forest Science and Technology*. 2021. № 23(4). P. 1–22.

Гахрамани Л.^{1,2}, Хасели С.¹, Валипур А.^{1,2}

**ПОСЛЕПОЖАРНОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПЕРСИДСКОГО
ДУБА (*QUERCUS BRANTII*) В ЛЕСАХ ЗАГРОСА,
ЗАПАДНЫЙ ИРАН**

*¹Кафедра лесного хозяйства, факультет природных ресурсов,
Университет Курдистана, Иран*

*²Д-р Хедаят Газанфари Центр исследований и развития лесного
хозяйства Северного Загроса, Университет Курдистана, Иран*

Цель исследования - оценить реакцию персидского дуба (*Quercus brantii*) в лесах Загроса (Иран) на воздействие пожара, уделяя особое внимание восстановлению побегов (тип, количество, диаметр и высота роста) в различные временные интервалы после пожара (5, 10 и 15 лет).

Mukminov, M.N.^{1,2}; Shuralev, E.A.^{1,2,3}; Shamaev, N.D.^{1,2,4}
NOSEMA SPP PARASITE AND A COMPONENT
OF PATHOGEN RECOGNITION SEQUENCE VARIANT
NUMBERS RELATIONSHIP
IN THE *APIS MELLIFERA* HOST SUBSPECIES ACROSS
LOCAL APIARIES

¹ Russian Medical Academy of Continuous Professional Education
(Kazan State Medical Academy Branch), Russia

² Kazan Federal University, Russia

³ Kazan State Academy of Veterinary Medicine
named after N.E. Bauman, Russia

⁴ Kazan State Medical University, Russia

Nikolai.shamaev94@mail.ru

A pathogen's and its host(s)' life histories are probably closely related and could coevolve. The pathogen must possess characteristics of its own life history that will enable its persistence in a host population, as the availability of host subspecies susceptible to infection may be restricted by time and space. A complicated picture of host-pathogen interaction starts to take shape when you combine this requirement with the requirement for pathogen-host compatibility that arises from particular biochemical-physiological morphological cues. This study used sequence variant data to determine the relationships between various isolates of *Apis mellifera* subspecies and their *Nosema* spp pathogens across several apiaries of Republic of Tatarstan, Russia.

Nosema species (*N. ceranae* and *N. apis*) infect honeybees (*A. mellifera*) all over the world, resulting in a major decline in colony numbers and honeybee population losses [1, 2]. Peptidoglycan recognition proteins (PGRPs) are essential for inducing immune responses in *A. mellifera* against pathogens. The prophenoloxidase pathway, an insect host defense mechanism, is activated by PGRPs, which were initially identified as proteins that bind bacterial peptidoglycan. The Toll and Imd pathways are two significant signaling pathways that are triggered by insect PGRPs. A wide variety of PGRPs may represent distinct characteristics in Hymenoptera against its pathogens [3]. We used

sequence variant data to determine the relationships between various isolates of *A. mellifera* subspecies and their *Nosema* spp pathogens across several apiaries of Republic of Tatarstan, Russian Federation.

The phylogeny tree was inferred by using the Maximum Likelihood method and JTT matrix-based model to construct phylogenies of different Peptidoglycan Recognition Protein S1 (PGRP-S1) sequence variants from the isolates of *A. mellifera* subspecies (Fig. 1) [4]. The tree with the highest log likelihood (-426.50) is shown. Initial tree(s) for the heuristic search were obtained automatically by applying Neighbor-Join and BioNJ algorithms to a matrix of pairwise distances estimated using the JTT model, and then selecting the topology with superior log likelihood value. The tree is drawn to scale, with branch lengths measured in the number of substitutions per site. This analysis involved 24 amino acid sequences. There were a total of 123 positions in the final dataset. Evolutionary analyses were conducted in MEGA11 [5].

As shown in the Figure 1, in the tree the *A. m. mellifera*, *A. m. carnica*, *A. m. carpatica* and *A. m. caucasica* subspecies isolates from Almetievsky, Aznakaevsky, Buinsky, Elabuzhsky, Laishevsky, Sabinsky, Verkhneuslonsky and Zelenodolsky were included in the clade 1, the largest clade.

In contrast, clade 2 included only *A. m. caucasica* from Almetyevsky and Menzelinsky districts; clade 3 included *A. m. carnica*, *A. m. carpatica* and *A. m. caucasica* from Apastovsky, Elabuzhsky, Kamso-Ustinsky, Menzelinsky and Muslyumovsky districts; clade 4 included only *A. m. mellifera* from Laishevsky, Verkhneuslonsky and Vysokogorsky.

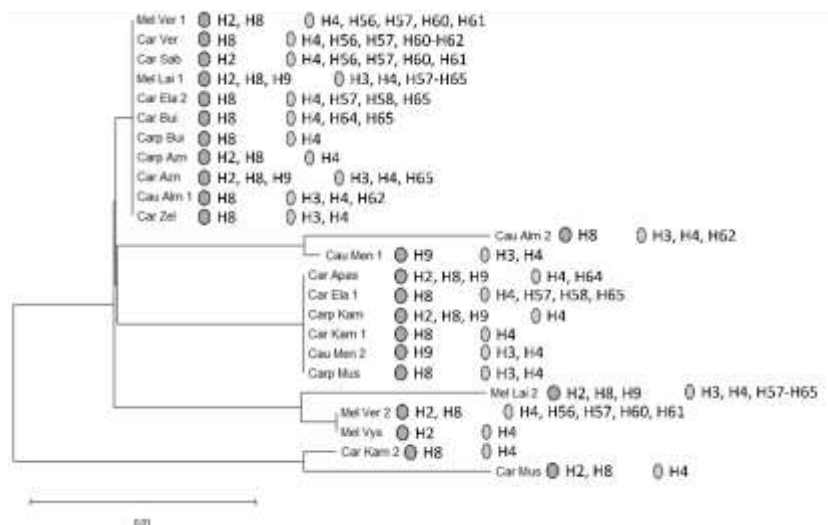


Fig. 1. Phylogeny tree of *A. mellifera* Peptidoglycan Recognition Protein S1 with designated number of *Nosema* spp haplotypes. Designations: dark grey – *N. apis* haplotypes listed, light grey – *N. ceranae* haplotypes listed.

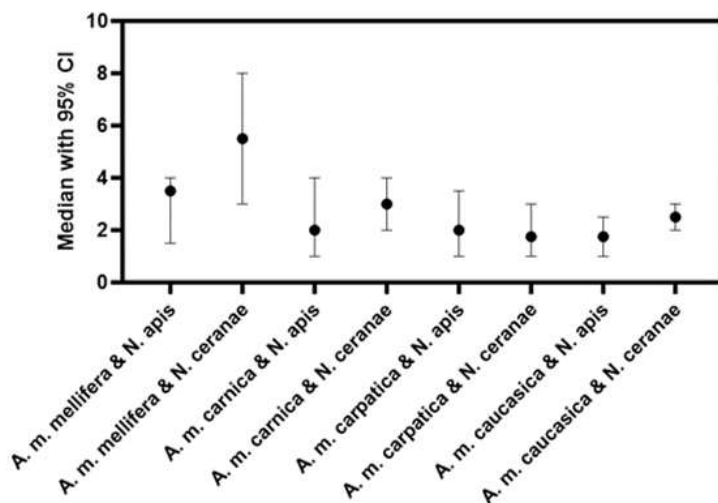


Fig. 2. Peptidoglycan Recognition Protein S1 sequence variant number distribution among four *A. mellifera* subspecies with same *N. apis* or *N. ceranae* haplotypes.

Krusal-Wallis ANOVA was used to compare between the medians of PGRP-S1 in *A. mellifera* subspecies with their *Nosema* sequence variants (Fig. 2). To determine which host-pathogen sequence variant combination differ, post-hoc tests were performed using a Wilcoxon test for each pair, with a Bonferroni correction. The median with 95% CI showed a significant difference between *A. m. mellifera* and *A. m. caucasica* with *N. ceranae* sequence variant ($p = 0,0585$). There was no significant difference observed in other pairs, including *N. apis*.

Despite presence within clades with shared subspecies, only *A. m. mellifera* and *A. m. caucasica* formed own clades with unique PGRP-S1 sequence variants across local apiaries in the districts of Republic of Tatarstan. A difference in a host and pathogen sequence variants assume a divergence either on the subspecies or territory level, counting the location of districts in the Western and Eastern part of the Republic of Tatarstan, which should be further examined.

The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. 24-26-00079, <https://rscf.ru/project/24-26-00079/>.

References

1. Shamaev N.D., Shuralev E.A., Mukminov M.N. Current status of *Nosema* spp. infection cases in *Apis mellifera* in Eurasian countries and *Ptp3* gene haplotypes in the Republic of Tatarstan, Russia // Veterinary Research Communications. 2024. №. 48. P. 2691-2698.
2. Shamaev N.D., Salnikov V.V., Yuzmanova L.A., Shuralev E.A., Mukminov M.N. Regular occurrence of atypically small spores in *Apis mellifera carnica* (Hymenoptera: Apidae), naturally infected with *Nosema* spp. (Microsporidia) // Invertebrate Zoology. 2024. №. 21. P. 478–486.
3. Liu Y., Zhao X., Naeem M., An J. Crystal structure of peptidoglycan recognition protein SA in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) // Protein Science. 2018. №. 27. P. 893-897.
4. Jones D.T., Taylor W.R., Thornton J.M. The rapid generation of

mutation data matrices from protein sequences // Computer Applications in the Biosciences. 2021. №. 8. P. 275-282.

5. Tamura K., Stecher G., Kumar S. MEGA 11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11 // Molecular Biology and Evolution. 2021. №. 38. P. 3022–3027.

Мулкинов М.Н.^{1,2}, Шуралев Э.А.^{1,2,3}, Шамаев Н.Д.^{1,2,4}
ДИАПАЗОН КОМБИНАЦИЙ ПАРАЗИТОВ РОДА NOSEMA
И ВАРИАНТОВ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГЕНОВ
РАСПОЗНАВАНИЯ ПАТОГЕНА У ПОДВИДОВ
APIS MELLIFERA НА ОТДЕЛЬНЫХ ПАСЕКАХ

¹ *Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования (филиал Казанской государственной медицинской академии), Россия*

² *Казанский федеральный университет, Россия*

³ *Казанская государственная академия ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, Россия*

⁴ *Казанский государственный медицинский университет, Россия*

Жизненные циклы патогена и его хозяина, вероятно, тесно связаны и могут коэволюционировать. Патоген должен обладать характеристиками, которые позволят ему сохраниться в популяции хозяина, поскольку доступность подвидов хозяина, восприимчивых к инфекции, может быть ограничена временем и пространством. Сложная картина взаимодействия хозяина и патогена начинает вырисовываться, если объединить это требование с требованием совместимости патогена и хозяина, возникающим на основе определенных биохимических и физиологических морфологических признаков. В данном исследовании использовались данные о вариантах последовательностей для определения взаимоотношений между различными изолятами подвидов *Apis mellifera* и их патогенами *Nosema* spp на нескольких пасеках Республики Татарстан, Российская Федерация.

Nnoli, Eucharia Chisom; Ibeneme, Ugochukwu Jones
SOCIOECONOMIC AND ECOLOGICAL IMPACTS
OF INVASIVE WOODY PLANTS:
|A COMPARATIVE STUDY OF SOUTH AFRICA
AND NEW ENGLAND, USA

Peoples Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
1042245160@pfur.ru

Globally, invasive plant species provide serious ecological, social, and economic problems that have an impact on ecosystem resilience, biodiversity, and economic stability. This study highlights the different but related effects of invasive woody plant trends in New England and South Africa. While historical land use and forest fragmentation have fueled species expansion in New England, invasions have resulted in biodiversity loss and expensive eradication costs in South Africa. The necessity of integrated management approaches is highlighted by this study's analysis of socioeconomic and ecological causes. Predictive models should be improved in future studies to help guide policies that strike a balance between environmental protection and economic viability.

Invasive plants species have a numerous range of effects on economic, ecological, and social values in the world at large. [1]. It is one of the most challenges faced by different countries in the world as appropriate studies are yet to be made on the best way to control the adverse effects of these plants. About 17% of the global land surface is highly vulnerable to plant invasions. This can be approximated to one-sixth of Earth land surface. [2]. Some invasive plants species can provide some positive ecosystem services such as increasing aesthetic and recreational benefits [3,4,] however these invasive plants can also result in biodiversity reduction [5,6], reduced ecosystem resilience to disturbances [7] and ecosystem degradation [8]. The cases from South Africa and New England shows contrasting yet instructive cases where invasive woody plants have altered ecological and economic landscapes. By reviewing key studies from these regions, this study will examine the factors driving plant invasions,

their consequences, and the implications for management strategies.

Using a literature review methodology, this study examines peer-reviewed reports, articles, and case studies that highlight the effects of invasive plant species. The selection of sources was based on their applicability, reliability, and ability to further knowledge of the ecological and socioeconomic effects of invasive species. To provide a coherent summary of the state of knowledge in this area, key themes were found and combined.

This work analyses data from New England [9] and South Africa [10] using a comparative literature review methodology. While the New England study concentrates on how socioeconomic factors and forest fragmentation affect the richness of invasive species, the South African case study evaluates the economic impact of alien plant invasions, emphasizing control costs and economic losses. We can find trends in the causes and effects of invasive woody plants in various ecological and economic contexts by comparing these two methods. 180 foreign plant species have infiltrated about 10 million hectares of South African land, causing a major decline in biodiversity and hydrological effects [10]. Woody invasive species thrive in New England's fragmented woods, which were formed by historical socioeconomic causes, especially around the edges of the forests [9]. The estimated cost of combating invasive species in South Africa is US\$1.2 billion, with losses in fynbos ecosystems exceeding US\$11.75 billion [10]. Invasive species proliferation in New England is directly related to historical infrastructure development and population density, which provide channels for the import and spread of invasive species [9]. Invasion trends in both regions are influenced by historical land use, route networks, and socioeconomic circumstances. Invasive plant control initiatives in South Africa have incorporated economic measures aimed at reducing poverty [10]. The expansion of invasive species in New England has been aided by human-induced forest fragmentation [9]

Thus, the intricate relationship between ecological effects and

socioeconomic considerations in managing invasive plants is highlighted by the comparison of these two case studies. Although there are notable economic implications in both areas, the fundamental causes of the problems are different: in South Africa, the problem is caused by widespread habitat invasion and expensive eradication, whereas in New England, the problem is caused by past land-use patterns that encourage forest fragmentation. Globally, integrated approaches that take into account social, ecological, and economic factors are crucial for successful management plans. In order to predict invasions and direct governmental measures, future research should concentrate on improving prediction models.

References

1. Charles H., Dukes J.S. Impacts of Invasive Species on Ecosystem Services. // *Biological Invasions. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*. 2007. vol 193. DOI: 10.1007/978-3-540-36920-2_13.
2. Early R Bradley BA, Dukes JS. Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities // *Nat Commun*. 2016. №7. P.12485.
3. Foster J, Sandberg LA. Friends or foe? Invasive species and public green space in Toronto // *Geogr Rev*. 2010. №94(2). P.178-198
4. Morgenroth J, Östberg J, Konijnendijk van den Bosch C, et al. Urban Tree diversity – Taking Stock and Looking Ahead. 2016. Vol 15(1). Pp.1-5
5. Wilcove DS, Rothstein D, Dubow J, Phillips A, Losos E. Quantifying Threats to Imperiled Species in the United States. // *Bioscience*. 1998. № 48(8). P. 607-615.
6. Mollot G, Pantel JH, Romanuk TN. The Effects of Invasive Species on the Decline in Species Richness: A Global Meta-Analysis. Vol 56. 1st ed. Elsevier Ltd, 2017
7. Pyšek P, Richardson DM. Invasive Species, Environmental Change and Management, and Health // *Annu Rev Environ Resour*. 2010. № 35(1). P.25-55.
8. Kumagai Y, Gibson RB, Fillion P. Evaluating long-term urban

resilience through an examination of the history of green spaces in Tokyo // *Local Environ.* 2015. № 20(9). P.1018-1039.

9. Allen, J. M., Leininger, T. J., Hurd, J. D. Jr., Civco, D. L., Gelfand, A. E., & Silander, J. A. Jr. Socioeconomics drive woody invasive plant richness in New England, USA through forest fragmentation // *Landscape Ecology.* 2013. № 28(9). P.1671–1686.

10. Van Wilgen, B. W., Richardson, D. M., Le Maitre, D. C., Marais, C., & Magadlela, D. The economic consequences of alien plant invasions: Examples of impacts and approaches to sustainable management in South Africa // *Environment, Development and Sustainability.* 2001. № 3(2). P. 145–168.

Нноли Эухария Чисом, Ибенеме Угочукву Джонс
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПОСЛЕДСТВИЯ ИНВАЗИВНЫХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ:
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЮЖНОЙ АФРИКИ
И НОВОЙ АНГЛИИ, США

*Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы*

Инвазивные виды растений создают серьезные экологические, социальные и экономические проблемы, которые влияют на устойчивость экосистем, биоразнообразие и экономическую стабильность. В статье освещаются различные связанные между собой эффекты инвазий древесных растений в Новой Англии и Южной Африке. В то время как исторически сложившееся землепользование и фрагментация лесов способствовали распространению видов в Новой Англии, в Южной Африке инвазии привели к потере биоразнообразия и дорогостоящим затратам на искоренение. Необходимость комплексного подхода к управлению подчеркивается в статье анализом социально-экономических и экологических причин.

Sidorova A.E.¹, Shamaev N.D.^{1,2,3}

**OBSERVATIONS OF R-TYPE *VARROA DESTRUCTOR*
(ACARI: VARROIDAE) COLLECTED FROM LOCAL
APIS MELLIFERA APIARY**

¹ Kazan Federal University, Russia

² Russian Medical Academy of Continuous Professional Education
(Kazan State Medical Academy Branch), Russia

³ Kazan State Medical University, Russia

Nikolai.shamaev94@mail.ru

The parasitic mite *Varroa destructor* is the most significant mite in apiculture due to its destructive nature toward honeybees. *Varroa* mites reproduce in the cells with developing honeybee larvae of *Apis cerana* and *Apis mellifera*. Most of the available information on *V. destructor* exists at genetic level, however, not all the countries with well-developed beekeeping are yet characterized. Here we present genetic information derived from *V. destructor*, observed in the *A. mellifera* colony in one of the apiaries in the Republic of Tatarstan, Russia. According to apiary's exogenous DNA, isolates of mites from Korea, Vietnam, Argentina, Serbia, Turkey, and New Zealand shared nearly the same haplotype with the Republic of Tatarstan. Yet, two detected alleles differed by one nucleotide (A/T substitution), which is enough for mtDNA to infer a genetic distinction.

Varroa destructor is a honey bee pest. Only the drone brood of their original host is used for reproduction; however, the host-shifted lineage can reproduce on both the worker and drone brood of the new host, causing the mite to spread exponentially and negatively affecting colony health. Due to its widespread distribution and harmful effects on the host, the invasive lineage is a serious biotic threat to the survival of both wild and managed populations of *A. mellifera* as well as the ecological services they provide [1]. Finding the mite lineage in the infected apiary is crucial, especially in the countries with well-developed beekeeping, like Russia.

Beekeeping in Russia has a rich gene pool represented by four

breeds (Central Russian Bee, Carpathian Bee, Caucasus Mountain Bee and Bashkir Bee) and six types (Krasnopolyansky, Maikopsky, Orlovsky, Prioksky, Tatar and Burzyan Wild Hive Bee). In general terms, the Russian honey bee refers to *A. mellifera* honey bees that originate in the Primorsky Krai region of Russia [2]. In general, two *V. destructor* haplotypes harm *A. mellifera*: the Japanese haplotype (J-type) from Japan and the Korean haplotype (K-type) from Korea. *A. mellifera* brood has been effectively infested by K-type *V. destructor*, while the J-type initially shifted from *A. cerana* to *A. mellifera* in Japan during the previous century following the introduction of *A. mellifera*, and then spread to *A. mellifera* in Thailand and Brazil, and finally to North America. The K-type also shifted from *A. cerana* to *A. mellifera* in the Russian Far East from Eastern Europe in the late 1950s [1].

Russian honey bees have been proven to be more than twice as resistant to various parasitic mites than other honey bees. Yet, beekeepers still report the outbreaks of varroosis. Probably, it can be explained by *A. mellifera* species used. *A. m. carnica* is commonly used among beekeepers for the good honey quality and gentle behaviour. We inferred the evolutionary history of *Varroa* mite from *A. m. carnica* colonies in one of the apiaries in the Republic of Tatarstan, Russia using exogenous DNA (Fig.1).

The evolutionary history was inferred using the Neighbor-Joining method [3]. The optimal tree is shown. The percentage of replicate trees in which the associated taxa clustered together in the bootstrap test (1000 replicates) are shown below the branches [4]. The tree is drawn to scale, with branch lengths in the same units as those of the evolutionary distances used to infer the phylogenetic tree. The evolutionary distances were computed using the Tajima-Nei method [5] and are in the units of the number of base substitutions per site. The differences in the composition bias among sequences were considered in evolutionary comparisons [6]. This analysis involved 103 nucleotide sequences. Codon positions included were 1st+2nd+3rd+Noncoding. All positions containing gaps and missing data were eliminated (complete deletion option). There were a total of 719 positions in the final dataset. Evolutionary analyses were conducted in MEGA11 [7].

Apiary's exogenous DNA in this study showed that mites had almost identical haplotype with isolates collected from Serbia, Turkey, Argentina, Korea, Vietnam and New Zealand. Yet, two observed alleles differed by one nucleotide (A/T substitution), which is enough for mtDNA to assume a genetic differentiation. *A. m. carnica* doesn't express strong diverse resistance and tolerance traits and cannot survive the varroosis without anthropogenic mite control. Presence of *V. destructor* parasites with genetic differences indicate a presence of interactions with a distinct host population, like above-mentioned local breeds and types, which drive *V. destructor* evolution.

V. destructor K-like haplotypes may face selective pressures when transmitted. The mite mitochondrial gene cytochrome oxidase subunit I was dominated by two haplotypes, possibly indicating an old bottleneck. However, there are many highly polymorphic genes reported present across the mite genome, showing that the diversity of mites could be actively maintained at a regional level in different studies, which should be further accessed in the Republic of Tatarstan. If the relative abundances of

mite haplotypes identified from honey bees will be extremely constant, it may suggest that some variants are favored by continuous selection.

The work was carried out at the expense of a grant from the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, provided to young candidates of science (postdoctoral students) for the purpose of defending a doctoral dissertation, carrying out research work, and also performing work functions in scientific and educational organizations of the Republic of Tatarstan within the framework of the State Program of the Republic of Tatarstan "Scientific and Technological Development of the Republic of Tatarstan".

References

1. Lin Z., Wang S., Neumann P., Chen G., Page P., Li L., Hu F., Zheng H., Dietemann V. Population genetics and host specificity of *Varroa destructor* mites infesting eastern and western honeybees // Journal of Pest Science . 2021. №. 94. P. 1487-1504 .
2. Russia – A country of beekeeping // APIMONDIA. URL: <https://www.apimondia.org/latest/russia-a-country-of-beekeeping> (дата обращения: 07.01.2025).
3. Saitou N., Nei M. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees // Molecular Biology and Evolution. 1987. №. 4. P. 406–425.
4. Felsenstein J. Confidence limits on phylogenies: An approach using the bootstrap // Evolution. 1985. №. 39. P. 783-791.
5. Tajima F., Nei M. Estimation of evolutionary distance between nucleotide sequences // Molecular Biology and Evolution. 1984. №. 1. P. 269-285.
6. Tamura K., Kumar S. Evolutionary distance estimation under heterogeneous substitution pattern among lineages // Molecular Biology and Evolution. 2002. №. 19. P. 1727-1736.
7. Tamura K., Stecher G., Kumar S. MEGA 11: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 11 // Molecular Biology and Evolution. 2021. №. 38. P. 3022–3027.

Сидорова А.Е.¹, Шамаев Н.Д.^{1,2,3}

НАБЛЮДЕНИЯ ЗА *VARROA DESTRUCTOR* ТИПА R (ACARI: VARROIDAE), СОБРАННЫМ С МЕСТНОЙ ПАСЕКИ *APIS MELLIFERA*

¹ Казанский федеральный университет, Россия

² Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования (филиал Казанской государственной медицинской академии), Россия

³ Казанский государственный медицинский университет, Россия

Паразитический клещ *Varroa destructor* из-за своей губительности для медоносных пчел является наиболее значимым клещом в пчеловодстве. Клещи *Varroa* размножаются в ячейках с развивающимися личинками медоносных пчел *Apis cerana* и *Apis mellifera*. Большая часть доступной информации о *V. destructor* существует на генетическом уровне, однако не все страны с развитым пчеловодством пока охарактеризованы. Здесь мы представляем генетическую информацию, полученную от *V. destructor*, наблюдаемого в колонии *A. mellifera* на одной из пасек в Республике Татарстан, Россия. Согласно экзогенной ДНК пасеки, изоляты клещей из Кореи, Вьетнама, Аргентины, Сербии, Турции и Новой Зеландии имели почти одинаковые гаплотипы с Республикой Татарстан. Однако два обнаруженных аллеля различались на один нуклеотид (замена А/Т), что достаточно для того, чтобы по мтДНК можно было сделать вывод о генетическом различии.

Smirnova M.V.
FEATURES OF THE ALLIUM TEST
FOR TOXICOLOGICAL STUDIES

*Scientific Center for medical and biological research of human
adaptation in the Arctic Kola Science Centre of the Russian Academy of
Sciences, Кзыушф*
zbe3do4et@mail.ru

This paper describes the problems and features of the Allium test. This test is widely known, sensitive and fast for assessing the influence factors of various natures. However, when conducting the test, researchers have some difficulties that may contribute to the interpretation of the results. For example, the classification of chromosomal aberrations, their identification, difficulties with staining and germination of bulbs. In conclusion, photos of chromosomal aberrations and other disorders are given as an example of creating a database or a card file that helps a novice researcher, a list of points that need to be taken into account during the procedure.

Plant-based biotesting has now gained considerable popularity among the procedures for toxicological assessment of factors of various natures (chemicals, radiation) [1-4].

The reasons for their widespread use are the lack of an ethical component of experiments, sensitivity and economic efficiency, as well as good correlation with other toxicity test systems (cell cultures, bacterial cultures, test systems using animals). One of the most common test plants is onion (*Allium cepa* L.) due to the convenience of preparation of preparations, the presence of 16 large well-stained chromosomes, and plasticity in modifications of the test procedure depending on the studied factor. Allium Test is an express test with a long history and numerous variations. The test was originally developed in 1938 by Levan and other researchers [5-9]. Currently, there are a large number of modifications of this test, consisting of taking into account the phases of mitosis, mitotic index, chromosomal aberrations, marking changes in the type of meristematic cells, counting the

length of roots, changes in the content of various stress markers and studying the ultrastructure of root tissue after exposure to factors of various nature. The root meristem of plants is convenient for biotesting chemical compounds, since the root is located directly in the experimental medium and cell enzymes activate metabolic processes [6].

However, even in such a seemingly easy procedure, there are important points that need to be taken into account and worked out during the test. Some of them are indicated in this paper and may be useful especially for novice researchers who have decided to use this type of testing.

As an object of research, onions of the Stuttgarter Rizen variety are taken, bulbs of approximately the same size and weight are selected, which are at rest, cleaned of dry scales and examined. The bulbs must be kept in a dark, cool place for about 14 days to even out the condition of the bulbs. For experiments, the bulbs must be put on distilled water for 24 hours in larger quantities than required. After a day, bulbs with roots of 2-3 mm are placed on experimental solutions or subjected to other influences. The experiment is carried out for 72-96 hours in a dark place at a temperature of 18-20°C, with the replacement of solutions, or with topping them up every 24 hours.

After completion of the experiment, the roots are cut off from the bulbs separately, or with a bottom and fixed with acetic alcohol for 24 hours, followed by three times (1 hour each) washing in 80% alcohol and storing in it in a tightly closed container.

For the preparation of drugs, the roots are stained in dyes (acetoorcein, acetocarmine, iron hematoxylin). The sample of roots is heated to a boil in a dye and, depending on its type, left for a while (from 15 minutes to 2-3 days) in a cool place in a closed container. The pressed preparations are prepared immediately before the cell count. The root is placed on a slide, the tip is left with a growth zone and a drop of 45% acetic acid is covered with a cover glass. With a glass stick, the drug is gently and evenly crushed. To extend the viewing time of the drug, it can be sealed

with nail polish along the contour of the cover glass.

Cells are counted at magnification *400 according to the chosen technique, but on average up to 1000 cells are counted in the fields of vision with counting phases, visible chromosomal and other disorders. All calculations are recorded in the protocol of the experiment and further statistically processed.

The main problems during the procedure are the selection of suitable bulbs (bulbs can be treated with substances to delay germination and improve storage), the selection of the necessary sample for the experiment (for example, there is a need to put a large number of bulbs on the staging of an experiment with preliminary germination according to Fiskesjö), the selection of the dye (the same dye can stain the drug stronger or weaker, depending on the method of its preparation and the quality of reagents) and the procedure for maceration of the roots (after exposure to certain substances, the roots become hard and difficult to stain). Some studies are carried out on onion seeds, this is also a very convenient object like bulbs, but in some cases, there is a lack of germination even in control samples. A separate important component is the use of two controls -positive (various chemicals act as such controls - hydrogen peroxide, DMSO, etc.) and negative (distilled water). Distilled water itself may be some mutagen, but it is used to ensure that the bulb in the control samples germinates at the expense of its own resources.

A separate difficult point is also the assessment of chromosomal disorders, since there is a human factor. Not all visible aberrations can be correctly assessed by different researchers, and currently an urgent direction may be the creation of a file or database with micrographs of chromosomal and other disorders in the meristematic cells of onion roots to facilitate the identification procedure and the correct assessment of the observed effects (Fig. 1,2). Also, after exposure to, for example, natural waters, it is possible to observe the absence of the influence of chemicals on the mitotic index of the onion root meristem, and it is necessary to assess the impact by the appearance of chromosomal abnormalities

and by changing the appearance of nuclei and cells. Therefore, when conducting the test procedure, it is desirable to use all possible modifications as much as possible, up to the detection of enzymatic activity in the samples.

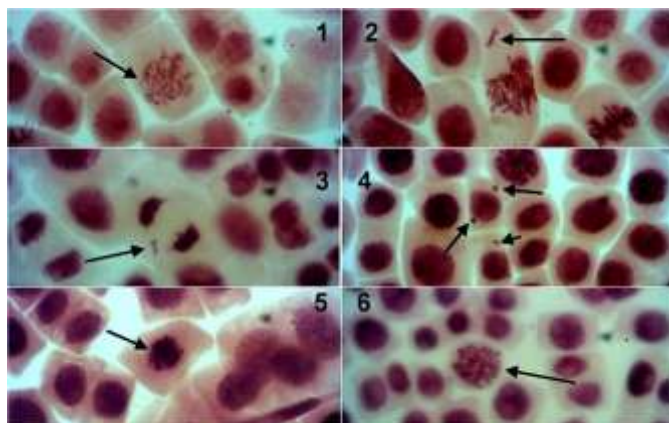


Fig. 1. Aberrations in the dividing cells of *A. cepa* root meristem. 1—spindle apparatus abnormality in anaphase; 2,3—chromosome lagging; 4—interphase micronucleus; 5—chromosome sticking in metaphase; 6—C-mitosis

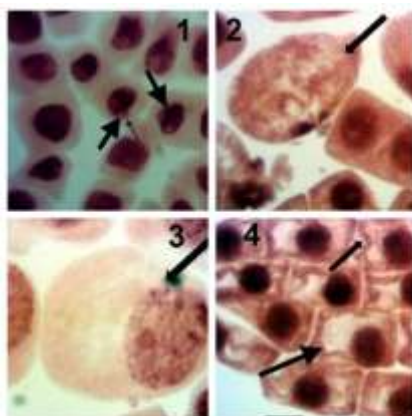


Fig.2. Often abnormalities of dividing cells of the roots *A. cepa*. 1—nuclear buds in the interphases; 2—nucleus-free cells (possibly due to chromatin destruction); 3— giant cell; 4— cells with membrane damage

Thus, can say that it is necessary to systematize and expand the methodology of the *Allium* test, create a database of chromosomal and other disorders to minimize the human factor in their accounting and facilitate the study of this test for novice researchers.

References

1. *Mushtaq W., Ain Q., Siddiqui M.B., Hakeem K.R.* Cytotoxic allelochemicals induce ultrastructural modifications in *Cassia tora* L. and mitotic changes in *Allium cepa* L.: a weed versus weed allelopathy approach. // *Protoplasma*. 2019. Vol.256. Pp.857-871.
2. *Trofimova E.A., Dement'ev D.V., Bolsunovskij A.Y.* Vliyanie γ -izlucheniya na razvitie rastenij iz obluchennyh semyan i prorstkov *Allium cepa* L. Radiacionnaya biologiya. // *Radioekologiya*. 2019. Vol. 59(3). P. 293-299 [In Russ].
3. *Smirnova M.V., Korovkina A.V.* Toxic and genotoxic effects of aqueous extracts of *Polygonum Weyrichii* Fr. Schmidt on the *Allium* test taken as an example. *Caryologia*. 2021. Vol.74(2), P. 79-88.
4. *Smirnova M.V., Denisov D.B.* On using the *Allium* test for waterbody biomonitoring in the Murmansk region. // *Int. J. Plant Biol.* 2022. Vol. 13. P. 499-505.
5. *Levan A.* The effect of colchicine on root mitoses in *Allium*. // *Hereditas*. 1938. Vol.24. P. 9-26.
6. *Fiskesjo G.* The *Allium* Test as a standard in environmental monitoring. // *Hereditas*. 1985. Vol. 102. P. 99-112.
7. *Grant W.F.* Chromosome aberration assays in *Allium*. // *Mutat. Res.* 1982. Vol. 99. P. 273-291.
8. *Rank J., Nielsen M.H.* A modified *Allium* test as a tool in the screening of the genotoxicity of complex mixtures. // *Hereditas*. 1993. Vol. 18. P. 49-53.
9. *Rank J.* The method of *Allium* anaphase-telophase chromosome aberration assay // *Ekologija*. 2003. Vol. 418, P. 38-42.

Смирнова М.В.
ОСОБЕННОСТИ АЛЛИУМ-ТЕСТА
ДЛЯ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
Научный центр медико-биологических исследований адаптации
человека в Арктике Кольского научного центра Российской
академии наук (НЦ МБР КНЦ РАН)
zbe3do4et@mail.ru

В данной статье описаны проблемы и особенности теста Allium. Этот тест широко известен, чувствителен и быстр для оценки факторов влияния различной природы. Однако при проведении теста исследователи сталкиваются с некоторыми трудностями, которые могут внести свой вклад в интерпретацию результатов.

Например, классификация хромосомных aberrаций, их идентификация, сложности с окрашиванием и проращиванием луковиц. В заключение приводятся фотографии хромосомных aberrаций и других нарушений в качестве примера создания базы данных или картотеки, которая поможет начинающему исследователю, перечень моментов, которые необходимо учитывать при проведении процедуры.

Tesema, Abraham Y.

Scientific adviser: Polynova, Galina V.

**HABITAT AND TEMPERATURE PREFERENCES
ASSESSMENT OF ACANTHOCERCUS CYANOCASTER
(RÜPPELL, 1835) IN ADI-KEYH, ERITREA.**

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Russia
1032235992@pfur.ru

Agama cyanogaster is specie of Agamidae family, haighly abundant in tropical areas like Eritrea. The objective of this study is to assess the habitat preference of the specie. *Agama cyanogaster* is predominantly recorded during August and September, periods characterized by optimal temperatures and moderate rainfall. This species shows a strong preference for rocky outcrops, which are considered its most suitable habitats. This specie typically observed during moderate morning temperatures around 24°C, particularly between 9 AM and 11 AM.

Reptiles are ectothermic creatures, which means they cannot regulate their body temperature internally. As a result, temperature plays a crucial role in governing their physiological functions. They also display adaptations to diverse environmental conditions, such as substantial fluctuations in solute concentration, oxygen levels, and nutrient availability [1]. The diversity of herpetofauna species, especially reptiles, is greatly affected by temperature and rainfall. Being ectothermic, these animals depend on external heat sources for movement, digestion, and reproduction. As a result, their populations generally thrive at lower altitudes and in areas with higher rainfall [2, 3]. This study is aimed to assess the habitat and Temperature prefer ability of the most abundant *Agama*, *Acanthocercus cyanogaster*.

The study area is situated in the Adi Keyh sub-zone of Eritrea, defined by the coordinates N 39° 22' 37.2" E 14° 51' 36" and N 39° 21' 54" E 14° 50' 27.6". This region has an elevation of approximately 2,430 meters above sea level. The site nestled within one of Eritrea's mountainous regions, it is characterized by its notable elevation and varied topography. Annual temperatures

generally range from 8°C to 25°C, with rare extremes outside of 6°C and 28°C. The warm season lasts about 1.3 months (May 16 - June 25), with average daily highs above 24°C. June is the hottest month, averaging highs of 25°C and lows of 14°C. The primary rainy season occurs from June to September, 458 mm received during the study period.

Diurnal searches target reptile species that shelter in specific microhabitats, such as under rocks, rock outcrops, fallen logs, leaf litter, bark, debris, or loose bark on tree trunks. This was taken from three different sites, for 15 days each. The survey was taken 9-11 am during the morning and 2-5 pm afternoon. And temperature was measured for 6 days from 2 most abundant outcrop rocks, from two shifts morning and afternoon two record the significant effect of the variability of temperature on the abundance of the specie. Rock outcrop surveys involved searching rocky slopes for basking reptiles in exposed areas, shaded ledges, crevices, or under rocks [4]. From the counted individuals the density is calculated by dividing by the total intended area.

The abundance of the specie is different with in the months (Fig.1) as the amount of rainfall, temperature and sunlight availability.

Acanthocercus cyanogaster density at Site 3 averaged 138.45 individuals/hectare (Table 1), concentrated in rock outcrops. Only 15.85% of other species, mostly serpents, occupied forested regions.

Grassland densities were much lower: 5.5 individuals/hectare at Site 1 and zero at Site 2. Rock outcrops overall had the highest density (27.6 individuals/hectare; [5], while forests had the lowest (1.6 individuals/hectare). During extreme temperatures, the species enters a state of hibernation to acclimatize [6].

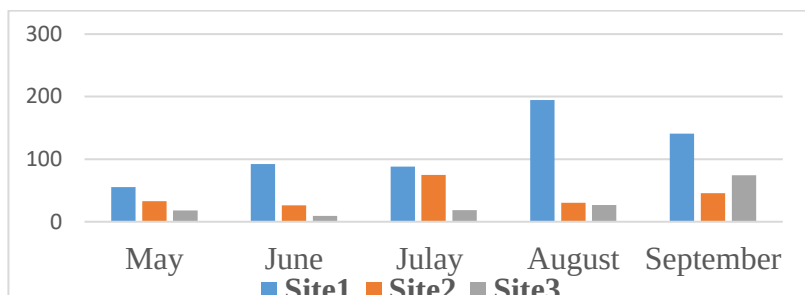


Figure 1. Monthly Abundance of *Acanthocercus cyanogaster*

Table 1. Abundance of *Acanthocercus cyanogaster* across habitats

Site	Outcrop Rocks			Grassland			Forests		
	Area	Abu.	Dens.	Area	Abu.	Dens.	Area	Abu.	Dens.
1	5.3	179.8	34.4	1.2	7	5.5	No	---	----
2	4.2	46.2	11.01	0.8	0	0	1.3	8	6.15
3	0.31	42.9	138.5	No	-----	-----	6.19	4	0.64
Tot	9.74	268.9	27.6	2.	7	3.38	7.49	12	1.6

Temperature preferences of *Acanthocercus cyanogaster* individuals on east-facing outcrop rocks at Site 1 were recorded over a 6-day period, with both morning and afternoon data collection shifts. Morning surveys showed a maximum of 29 *Acanthocercus cyanogaster* on Rock 1 at 25°C and 53 on Rock 2 at 24°C. However, afternoon surveys, conducted at a peak temperature of 27°C, revealed only half the morning abundance (Table 2).

Table 2. Abundance of *Acanthocercus cyanogaster* vs temperature

Days	1		2		3		4		5		6	
Shift	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A	M	A
T ^o	23	27	24	20	26	24	25	26	23	27	24	26
Rock 1	26	0	32	0	27	6	29	4	23	5	30	6
Rock 2	31	14	53	0	33	15	41	11	43	21	47	17

Rainfall onset in mid-June August and September triggered an increase in *Acanthocercus cyanogaster* abundance, peaking in July

alongside optimal temperature/humidity for foraging. Conversely, the hot, dry conditions of May forced *Acanthocercus cyanogaster* into shelters, resulting in the lowest observed abundance. Outcrop rocks are the primary and best habitat for *Acanthocercus cyanogaster*. Habitat orientation significantly affects *Acanthocercus cyanogaster* abundance. Sun-exposed rocks facing east had higher counts in the morning, while shaded or west-facing rocks had higher counts in the afternoon.



Figure 2. Male (A) and Female (B) of *Acanthocercus cyanogaster*

References

1. Jackson K. Book review of Herpetology: An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles. Vitt, L. J., & Caldwell, J.P. 2014. 4th ed. Academic Press. //Phyllomedusa. 2013. Vol.12(2). P. 147-149. 10.11606/issn.2316-9079.v12i2p147-149 .
2. de Silva Wijeyeratne G. Book review: Field guide to East African reptiles / S. Spawls, K. Howell, H. Hinkel, M. Menegon. 2nd ed. - London: Bloomsbury Wildlife, 2023. 624 p.
3. The diverse biodiversity of Eritrea is a national treasure. 2021. [Electronic resource] <https://shabait.com/2021/09/03/the-diverse-biodiversity-of-eritrea-is-a-national-treasure/> (accessed: 03.10.2023).
4. Estes-Zumpf W., Wallace Z., Tronstad L., Andersen M. Designing a standardized survey framework for inventorying amphibians and reptiles on Bureau of Land Management lands in Wyoming. Prepared for: Bureau of Land Management, Wyoming State Office, Laramie: Wyoming Natural Diversity Database. 2017. - 50 p.
5. Porembski S., & Barthlott W. (Eds.). Inselbergs. Biotic Diversity of

Isolated Rock Outcrops in Tropical and Temperate Regions. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 2000.

6. Polynova G. V., & Polynova O. E. On the extinction of the intra-population group of *Phrynocephalus mystaceus mystaceus* (Pallas, 1776) in the overgrowing semi-deserts of the Astrakhan region // Principles of Ecology. 2021. Vol. 1(39). P. 43–51.

Тесема А.Й.

Научный руководитель: Полюнова Г.В.

**ОЦЕНКА МЕСТООБИТАНИЙ И ТЕМПЕРАТУРНЫХ
ПРЕДПОЧТЕНИЙ *ACANTHOCERCUS CYANOASTER*
(RÜPPELL, 1835) В АДИ-КЕЕ, ЭРИТРЕЯ.**

*Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы, Россия*

Agama cyanogaste - вид семейства Agamidae, широко распространенный в тропических районах, таких как Эритрея. Целью данного исследования является оценка предпочтений данного вида в отношении мест обитания. *Agama cyanogaster* встречается преимущественно в августе и сентябре - периоды, характеризующиеся оптимальными температурами и умеренными осадками. Этот вид отдает предпочтение скалистым обнажениям, которые считаются его наиболее подходящими местами обитания. Этот вид обычно наблюдается при умеренной утренней температуре около 24°C, особенно в период с 9 до 11 часов утра.

Yang, Guanghui ¹; Zhang, Mengmeng ^{1,2}; Jin, Guangze ¹
EFFECTS OF NITROGEN ADDITION ON SPECIES
COMPOSITION AND DIVERSITY OF EARLY SPRING
HERBS IN A KOREAN PINE PLANTATION

¹ Northeast Forestry University, China

²Heilongjiang University, China

Taxus@126.com

Global nitrogen deposition threatens temperate forest ecosystems by reducing biodiversity through soil acidification and nutrient imbalances. This study investigated the effects of long-term nitrogen addition (2014–2021) on early spring herbs in a *Pinus koraiensis* plantation in Northeast China. Four nitrogen treatments were applied.

Results showed that medium- and high-nitrogen treatments significantly reduced soil pH and species diversity of early-spring flowering and foliating herbs, while low nitrogen slightly increased diversity of early-spring growing herbs. Soil acidification was identified as a key driver of diversity loss. These findings highlight the need to mitigate nitrogen deposition impacts on forest understory ecosystems.

Global nitrogen deposition, driven by industrial and agricultural activities, has accelerated soil acidification and biodiversity loss in temperate forests[1]. Some studies have found that the loss rate of species diversity in areas with long-term nitrogen deposition is higher, and some species may even become extinct [2-4]. Early spring herbs, critical for nutrient retention and forest regeneration, exhibit varied responses to nitrogen based on life-history strategies: early-spring growing herbs (complete life cycle pre-canopy closure), flowering herbs (continue growth post-flowering), and foliating herbs (post-canopy growth)[5]. This study tests the hypothesis that long-term nitrogen addition reduces herb diversity via soil acidification in Korean pine plantations.

The experiment was conducted in the Heilongjiang Liangshui National Nature Reserve (47°10'50"N, 128°53'20"E). Twenty 5×30 m plots received annual NH₄NO₃ applications from 2014–2021. Herb surveys (1×1 m quadrats) recorded species richness,

density, coverage, and height. Soil pH, total carbon (TC), and nitrogen (TN) were analyzed at 0–5 cm and 5–10 cm depths. Light availability (TDir, TDif, TTot) was measured using hemispheric photography. Statistical analyses included ANOVA and hierarchical partitioning in R 4.0.2. Calculate the following four indices:

$$\text{Importance value: } P_i = \frac{D_i + C_i + H_i}{3} \quad (1)$$

$$\text{Species richness: } S = N_s \quad (2)$$

$$\text{Shannon–Wiener index: } H' = -\sum \left(\frac{N_i}{N} \right) \ln \left(\frac{N_i}{N} \right) \quad (3)$$

$$\text{Pielou index: } E = H' / \ln(N_s) \quad (4)$$

The following results were obtained.

Nitrogen addition reduced soil pH significantly in N40 and N80 plots (Fig. 1). TC and TN increased in surface layers (0–5 cm), but understory light conditions remained unchanged.

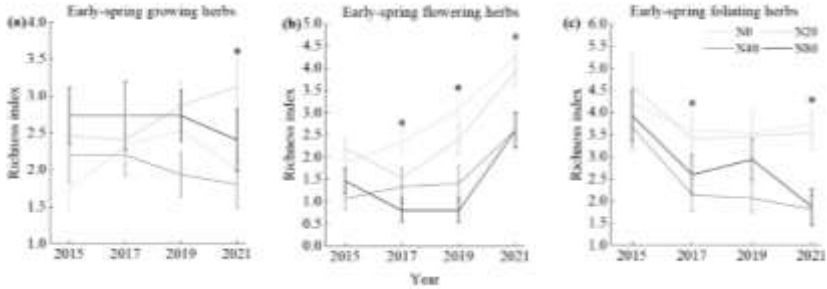


Fig. 1. Response of early-spring herb richness to nitrogen addition treatment and interannual variation under different life history strategies. Values are the means $\pm$ SE.

Total species declined from 38 (2015) to 36 (2021). Medium- and high-nitrogen treatments reduced richness of flowering ($F=20.345, P<0.001$) and foliating herbs ($F=8.937, P<0.001$), while low nitrogen increased growing herb diversity (Fig. 2).

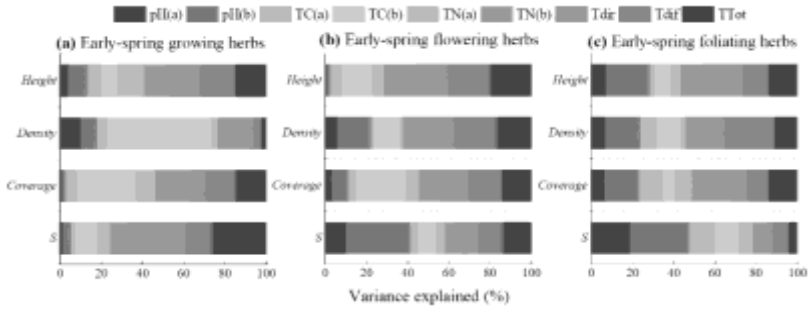


Fig. 2. Hierarchical partitioning analysis results of environmental factors on quantitative characteristics and diversity index of early spring herbs

Early-spring growing herbs correlated positively with light availability (TDir: $r=0.619$, $P<0.01$), while flowering and foliating herbs linked to soil pH ($r=0.565$ and 0.609 , $P<0.01$; Table 1).

Table 1. Response of species richness of early-spring herbaceous plants under different life history strategies to nitrogen rates and years in 2015, 2017, 2019 and 2021.

Effect	df	Life-history strategy		
		Early-spring growing herbs	Early-spring flowering herbs	Early-spring foliating herbs
Year	3	0.364 (0.779)	29.198 (<0.001)	7.201 (<0.001)
Nitrogen	3	4.175 (0.007)	20.345 (<0.001)	8.937 (<0.001)
Nitrogen ×Year	9	0.778 (0.627)	1.461 (0.164)	0.391 (0.845)

Soil acidification under high nitrogen suppressed nutrient availability, favoring fast-growing species but excluding slow-cycling herbs. Light competition did not drive diversity loss, contradicting earlier hypotheses [6]. Ferns like *Athyrium spinulosum* disappeared in N80 plots, while *A. brevifrons* thrived, suggesting species-specific nitrogen tolerance.

So, long-term nitrogen addition reduces early spring herb diversity via soil acidification, with differential impacts based on life-history strategies. Conservation strategies should prioritize mitigating nitrogen deposition in temperate forests.

Table 2. Correlation analysis of quantitative characteristics and diversity of early spring herbs in Korean pine plantation with environmental factors under nitrogen addition

Life-history strategies	Var	Soil properties						Light factors		
		pH	pH	TC	TC	TN	TN	TDir	TDif	TTot
		(a) $\cdot 10^{-2}$	(b) $\cdot 10^{-2}$	(a) $\cdot 10^{-2}$	(b) $\cdot 10^{-2}$	(a) $\cdot 10^{-2}$	(b) $\cdot 10^{-2}$	$\cdot 10^{-2}$	$\cdot 10^{-2}$	$\cdot 10^{-2}$
Early-spring growing herbs	<i>H</i>	051	0.295	0.452 *	0.496 *	0.544 *	0.592 **	0.500 *	0.522 *	0.549 *
	<i>D</i>	147	0.035	0.091	0.495 *	0.135	0.263	0.000	0.210	0.110
	<i>C</i>	049	0.105	0.361	0.646 **	0.450 *	0.590 **	0.365	0.514 *	0.511 *
	<i>SR</i>	023	0.218	0.181	0.374	0.304	0.334	0.619 **	0.461 *	0.657 **
Early-spring flowering herbs	<i>H</i>	-035	0.061	0.390	0.573 **	0.382	0.615 **	0.503 *	0.584 **	0.620 **
	<i>D</i>	0.235	0.381	0.111	0.293	0.127	0.222	0.285	0.333	0.297
	<i>C</i>	0.203	0.336	0.299	0.529 *	0.350	0.440	0.381	0.466 *	0.460 *
	<i>SR</i>	0.337	0.565 **	0.318	0.382	0.279	0.306	0.415	0.474 *	0.503 *
Early-spring foliating herbs	<i>H</i>	0.079	0.207	0.064	0.020	0.139	0.166	0.217	-0.146	0.073
	<i>D</i>	0.253	0.361	0.268	0.240	0.138	0.068	0.080	0.462 *	0.258
	<i>C</i>	0.274	0.391	0.328	0.086	0.221	-0.066	0.097	0.301	0.242
	<i>SR</i>	0.532 **	0.609 **	0.469 *	0.401	0.350	0.257	0.172	0.398	0.281

H – Height, *D* – Density, *C* - Coverage, *SR* – Species richness

Supported by the National Natural Science Foundation of China (No.32001126) and the Fundamental Research Funds for the Central Universities (No. 2572022DS13).

Scientific leader: Prof. Guangze Jin, Northeast Forestry University

References

1. Galloway J.N., Cowling E.B. Reactive nitrogen and the world: 200 years of change // *Ambio*. 2002. Vol. 31(2). P. 64–71.

2. Lin, B.L., Kumon, Y., Inoue, K., et al. Increased nitrogen deposition contributes to plant biodiversity loss in Japan: Insights from long-term historical monitoring data // *Environmental Pollution*. 2021. Vol. 290. P.118033.
3. Stevens, C.J., Dise, N.B., Mountford, J.O., et al. Impact of nitrogen deposition on the species richness of grasslands // *Science*. 2004. Vol. 303(5665). P.1876-1879.
4. Clark C.M., Tilman D. Loss of plant species after chronic low-level nitrogen deposition to prairie grasslands // *Nature*. 2008. Vol. 451(7179). P. 712–715.
5. Wu G., Yin R.B., Zhou Y.B., et al. The influence of gap regeneration dynamics to early-spring herb in the Korean pine broad-leaved forests in Changbai Mountai // *Acta Ecol. Sin.* 1999. Vol. 19(5). P. 71–75.
6. Hautier Y., Niklaus P.A., Hector A. Competition for light causes plant biodiversity loss after eutrophication // *Science*. 2009. Vol. 324(5927). P. 636–638.

Гуаньхуэй Ян¹, Менгменг Чжан^{1,2}, Гуанцзе Цзинь¹
ВЛИЯНИЕ ДОБАВЛЕНИЯ АЗОТА НА ВИДОВОЙ СОСТАВ
И РАЗНООБРАЗИЕ РАННЕВЕСЕННИХ ТРАВ
НА ПЛАНТАЦИИ КОРЕЙСКОЙ СОСНЫ

¹*Северо-Восточный университет лесного хозяйства, Китай*

²*Колледж наук о жизни, Хэйлуцзянский университет, Китай*

Глобальное выпадение азота угрожает лесным экосистемам умеренной зоны, снижая биоразнообразие за счет подкисления почвы и дисбаланса питательных веществ. В работе изучалось влияние долгосрочного добавления азота (2014-2021 гг.) на ранние весенние травы на плантации *Pinus koraiensis* в Северо-Восточном Китае. Было применено четыре варианта азотной обработки. Результаты показали, что обработка средним и высоким азотом значительно снизила pH почвы и видовое разнообразие ранневесенних цветущих и облиственных трав, в то время как низкий азот несколько увеличил разнообразие ранневесенних вегетирующих трав. Подкисление почвы было определено как ключевой фактор потери разнообразия. Эти результаты подчеркивают необходимость смягчения воздействия выпадения азота на экосистемы лесного подлеска.

Бабошина П.В.
СОДЕРЖАНИЕ ОБЩЕЙ РТУТИ
В КОРМОВЫХ ОБЪЕКТАХ КОПЫТНЫХ
ЮЖНОГО СИХОТЭ-АЛИНЯ

*Череповецкий государственный университет,
г. Череповец, Вологодская обл.*
polenashi@gmail.com

Анализ 136 видов кормовых растений копытных, включая аборигенного пятнистого оленя, собранных на особо охраняемой природной территории Лазовского заповедника, показал, что содержание общей ртути в образцах растений варьируется от 0,002 мг/кг до 0,161 мг/кг сухого веса, в среднем 0,028 мг/кг, это относительно значимые величины.

Ртуть обладает уникальными физико-химическими свойствами, которые обуславливают ее повсеместное нахождение в окружающей среде и более высокую степень биомагнификации по сравнению с другими тяжелыми металлами [1]. Высокие риски, связанные с воздействием ртутных соединений на живые организмы, требуют постоянного внимания к её уровню в окружающей среде. Особый интерес представляет экорегион «уссурийские широколиственные и многопородные леса», отличающийся самым богатым в Северной Евразии биоразнообразием. Поэтому представилось своевременным изучить уровни ртути в кормовых растениях копытных, в частности аборигенного пятнистого оленя (*Cervus nippon* Temminck, 1838), который, в свою очередь, является одним из основных кормовых объектов исчезающих и редких кошачьих.

Материалы для исследования были предоставлены к.б.н., доц. Н.Я. Поддубной и к.б.н. Г.П. Салькиной. Гербарные образцы (n = 136) наиболее часто поедаемых копытными кормовых растений хранятся в сухом виде в эколого-аналитической лаборатории Череповецкого государственного университета.

Содержание общей ртути во всех пробах определяли на ртутном анализаторе РА-915+ с приставкой ПИРО (Люмэкс) пиролитическим методом без предварительной пробоподготовки. Статистический анализ данных проводили с помощью пакета программ STATGRAFV5.0 и Statistica, так же в работе использовали пакеты программы MicrosoftOffice 2007 года (Word 2007, Excel 2007). Результаты представляли в виде средних значений и их ошибок ($\bar{x} \pm m\bar{x}$). Нормальность распределения данных концентрации OHg в образцах проверялась с помощью критерия Колмогорова–Смирнова с поправкой Лиллиефорса. Поскольку распределение данных не было нормальным, были применены непараметрический U-критерий Манна-Уитни и H-критерий Краскала-Уоллиса. Исследование проводилось на научном оборудовании центра коллективного пользования Череповецкого государственного университета.

Питание копытных животных Южного Сихотэ-Алиня изучали Г.Ф. Бромлей и С.П. Кучеренко (1983) [2], и аборигенного пятнистого оленя – Н.П. и В.Е. Присяжнюки (1974) [3]. Они установили, что копытные поедают более 300 видов растений, принадлежащих 67 семействам.

При таксономическом анализе растений из кормовой базы копытных было выявлено, что они принадлежат 7 отделам, 8 классам и 45 семействам, не считая мхов и лишайников. Самые многочисленные семейства представлены: Rosaceae – 15 видами, Asteraceae – 11 видами, Pinaceae и Poaceae – по 7 видов.

Наиболее высокие показатели общей ртути отмечены у видов отдела Lichenes (0,106 мг/кг сухого веса), а из цветковых растений у семейства Betulaceae (0,025 мг/кг). Самые низкие уровни – у Cyperaceae (0,017 мг/кг). Среднее значение по общей ртути по всем выборкам семенных растений составляет 0,028 мг/кг сухого веса. Более высокий уровень общей ртути в лишайниках, скорее всего, зависит от того, что лишайники могут поглощать ртутные соединения из

воздушной среды и из почвы в больших объемах [4]. За счет этого показатели ртути у видов из этого отдела выше, чем в представителях семенных растений.

В ходе исследования выяснилось, что статистически значимые различия в значениях содержания общей ртути есть только между Lichenes и семенными: Pinaceae, Rosaceae, Poaceae и Cyperaceae: Lichenes – Poaceae ($R=0,018$), Lichenes – Pinaceae ($R=0,015$), Lichenes – Rosaceae ($R=0,001$), Lichenes – Cyperaceae ($R=0,038$), при $p \leq 0.05$.

Данные, полученные нами и другими исследователями в Приморском крае: 0.016 – 0.135 мг/кг сухого веса [5], 9,1 – 26,3 нг/г [6] показывают, что содержание общей ртути в растениях не микроскопическое. Возможно, это связано с влиянием океана, из которого выносятся метилированная ртуть [4;7].

Анализ 136 видов кормовых растений копытных, включая аборигенного пятнистого оленя, показал, что содержание общей ртути в образцах растений варьируется от 0,002 мг/кг до 0,161 мг/кг сухого веса, в среднем 0,028 мг/кг, это относительно значимые величины, которые должны увеличиваться на более высоких трофических уровнях. Исследования необходимо продолжить.

Литература.

1. Arctic Pollution (AMAP). Oslo, 2002.
2. Бромлей Г.Ф., Кучеренко С.П. Копытные юга Дальнего Востока СССР. М.: Наука, 1983.
3. Присяжнюк Н.П., Присяжнюк В.Е. Кормовые растения пятнистого оленя по систематическим группам, жизненным формам и сезонам года // Пятнистый олень Южного Приморья / составитель Г.Г. Воробьев. Фрунзе: Кыргызстан, 1974. С. 3–61.
4. Weiss-Penzias, P. et al. Marine fog inputs appear to increase methylmercury bioaccumulation in a coastal terrestrial food // web. Sci. Rep. 2019. Vol. 9. 17611.
5. Н.В. Барановская, В.В. Иванов, Н.А. Осипова, А.М. Паничев,

- И.Ю. Чекрыжов, В.Д. Доронина, А.А. Хващевская. Ртуть в почвах и растительности особо охраняемых природных территорий Приморского края // Известия Томского политехнического университета. Георесурсная инженерия. 2022. №333 (11). С. 90-100.
6. К.С. Ганзей, Н.Ф. Пшеничникова, А.Г. Киселева, С.Г. Юрченко, И.М. Родникова. Содержание ртути в почвах и растительном покрове островов Русский и Шкота (залив Петра Великого, Приморский край) // Геохимия. 2021. №66(5). С. 473-480.
7. N.Ya. Poddubnaya, G. P. Salkina, L.S. Eltsova, E.S. Ivanova, and all. Mercury content in the Siberian tiger (*Panthera tigris altaica* Temminck, 1844) from the coastal and inland areas of the Russia // Scientific Reports. 2021, Vol.11: 6923.

Baboshina P.V.

**TOTAL MERCURY CONTENT IN FEED OBJECTS
OF UNGULATES OF THE SOUTHERN SIKHOTE-LIN**

Cherepovets State University, Cherepovets, Vologda Region

An analysis of 136 species of forage plants of ungulates, including native spotted deer, collected in the specially protected natural area of the Lazovsky Reserve, showed that the total mercury content in plant samples varies from 0.002 mg/kg to 0.161 mg/kg dry weight, on average 0.028 mg/kg, these are relatively significant values.

Богданова Я.А., Денисова А.Ю.
К НАЧАЛУ ФОРМИРОВАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ
ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ БАЗЫ ОПОРНЫХ
ПОЛИГОНОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

*Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королева*

bogdanova.ya@yandex.ru, denisova_ay@ssau.ru

В статье представлены первые результаты по созданию и наполнению региональной геоинформационной базы данных растительных сообществ на основе Геопортала Самарской области

РГИС. В базе создано более 400 объектов – растительных сообществ с границами, обозначенными по GPS-координатам, дополненных их характеристикой. Результаты используются для оптимизации метода классификации растительных сообществ.

Современный этап сохранения биоразнообразия демонстрирует широкое использование информационных баз и данных дистанционного мониторинга [1-3]. Подобные базы данных позволяют систематизировать информацию об экосистемах и динамике их развития, важных для природопользования [3, 4].

В Самарской области на основе интеллектуального анализа данных ДЗЗ проводится формирование региональной геоинформационной базы данных опорных полигонов растительных сообществ. Технологической основой базы выбран Геопортал Самарской области, функционирующий в рамках региональной геоинформационной системы. На первом этапе создания базы проводятся наземные обследования для получения геоботанических описаний растительных сообществ с GPS-координатами, где выявляется присутствие редких, инвазивных видов растений. Первоначально предпочтение отдавалось участкам с выровненным рельефом, а также степным сообществам, расположенным в пределах ОППТ Самарской области [5, 6].

На втором этапе проходит внесение информации на Геопортал в слое, предназначенном для реализации проекта.

По координатам объектов создаются полигоны, для которых заполняется семантическая информация (указываются ценность, тип, характеристика, детализированное описание сообщества, дата, для лесных сообществ дополнительно заполняются поля, характеризующие древесный ярус).

К настоящему моменту в рамках выполнения проекта выполнен ввод данных на Геопортал о 418 объектах (растительных сообществ) Самарской области. Из них к результатам полевого сезона 2024 г. относится 157 объектов, 261 объектов – архивные сведения с 2016 г. К ценным растительным сообществам (присутствуют редкие виды растений или птиц, занесённые в Красную книгу СО или РФ), относится 319 объектов. По типу растительности база включает 128 лесных, 12 кустарниковых, 278 травянистых участков. При обследовании различных типов природных сообществ – предлагаемых эталонных участков для распознавания в материалах ДЗЗ – выявлен ряд сообществ с участием видов, занесённых в Красные книги РФ и СО [6].

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 23-11-20013, <https://rscf.ru/project/23-11-20013/>.

Литература

1. *F. Van Dyke, R.L. Lamb.* Conservation Biology Foundations, Concepts, Applications. Springer Nature Switzerland AG. 2020 - 635p.
2. *Бондарева В.В.* База данных растительности Среднего Поволжья // Фиторазнообразии Восточной Европы. 2022. №16(3). С. 5-9.
3. *S. Stenzel, F.E. Fassnacht, B. Mack, S. Schmidtlein.* Identification of high nature value grassland with remote sensing and minimal field data // Ecological Indicators. 2017. V. 74. P. 28-38.
4. *Кавеленова Л.М., Прохорова Н.В., Розно С.А.* Региональные проблемы сохранения биоразнообразия и некоторые направления их решения (на примере Самарской области) // Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность, 2023: сб. ст. -

Севастополь: СевГУ. 2023. С. 167-171.

5. *Рязанова Я.А., Кузовенко О.А.* Материалы к флоре особо охраняемой природной территории «Участок типчаково-ковыльной целинной степи» (Большечерниговский район, Самарская область) // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2024. Т. XVIII, № 3. С. 175-188.

6. *Кузовенко О.А., Рязанова Я.А., Прохорова Н.В.* Особо охраняемая природная территория «Сестринские окаменелости» – перспективный эталонный полигон для дистанционного выявления ценных степных экосистем // Самарский научный вестник. 2023. Т. 12, № 1. С. 57–63.

Bogdanova Y.A., Denisova A.Y.

**ON THE INITIAL STAGE OF PLANT COMMUNITIES
REGIONAL GEOINFORMATION DATABASE CREATION
*SamaraNationalResearchUniversity***

The article presents the first results of the creation and filling of a regional geoinformation database of plant communities based on the Samara Region Geoportal. The database contains more than 400 objects - plant communities with boundaries marked by GPS coordinates, supplemented by their characteristics. The results are used to optimize a machine-based method for classifying plant communities.

Василевская А.А.
**НАСЕЛЕНИЕ ПТИЦ ПАРКОВ МОСКВЫ
В ЗИМНИЕ МЕСЯЦЫ 2018-2025 ГГ.**

AlexVas13b@yandex.ru

Проанализирована динамика плотности населения и числа видов птиц на территории 7 парков города Москвы в зимние месяцы 2018-2025 гг. Показано, что динамика этих показателей не зависит ни от среднемесячной температуры воздуха, ни от высоты снежного покрова. За 8 лет не выявлено значимых различий в данных показателях. Видовой состав зимующих птиц также оказался достаточно постоянным. Вероятность и успешность зимовки птиц зависит от различных факторов, многие из которых только предстоит оценить.

Специфические условия городской среды привлекают птиц различных экологических групп не только в гнездовой сезон, но и в периоды миграций и зимовок [1-3]. Смягчённые климатические условия, обилие корма антропогенного происхождения и хорошие защитные условия способствуют успешной зимовке как массовых и многочисленных, так и редких видов [4,5]. Повышение средней температуры воздуха зимой вместе с изменениями сроков образования и схода снежного покрова, которые наблюдаются в Москве в течение XX-начала XXI в. [6,7], гипотетически, могут улучшить условия зимовки птиц в городе, повысить вероятность зимовки новых видов и повысить выживаемость птиц зимой.

В 7 парках города Москвы в январе, феврале и декабре 2018-2025 гг. ежемесячно проводили маршрутные учёты по методу Равкина [8]. Среди исследуемых территорий присутствовали как малые городские парки («Зарядье», Петровский парк, Нескучный сад), так и крупные лесопарковые массивы (заказник «Воробьёвы горы», Лесная опытная дача, парк «Сокольники» и парк «Царицыно»). Данные о погодных условиях в период учётов получены из находящихся в открытом доступе архивов метеостанции

ВДНХ [9].

Погодные условия в зимние месяцы были неоднородными. Зима 2019-2020 гг. и 2024-2025 гг. отличались аномально высокими температурами воздуха и нестабильным снежным покровом, в то время как в другие зимние периоды отмечали низкие температуры и устойчивый снежный покров (рис. 1).



Рис. 1. Погодные условия в период исследований (по данным метеостанции ВДНХ)

Всего в 7 парках Москвы в зимние месяцы 2018-2025 гг. было отмечено 55 видов птиц, из них 18 (32,7 %) занесены в Красную книгу Москвы [10]. Больше всего видов (52) зарегистрировано на самой крупной территории – «Царицыно» (площадь 1316 га), меньше всего (15) – в самом маленьком парке, «Зарядье». Доминантами во всех парках были такие виды, как большая синица *Parus major*, лазоревка *Cyanistes caeruleus*, сизый голубь *Columba livia* и кряква *Anas platyrhynchos*. Видовой состав был достаточно постоянным во все годы наблюдений.

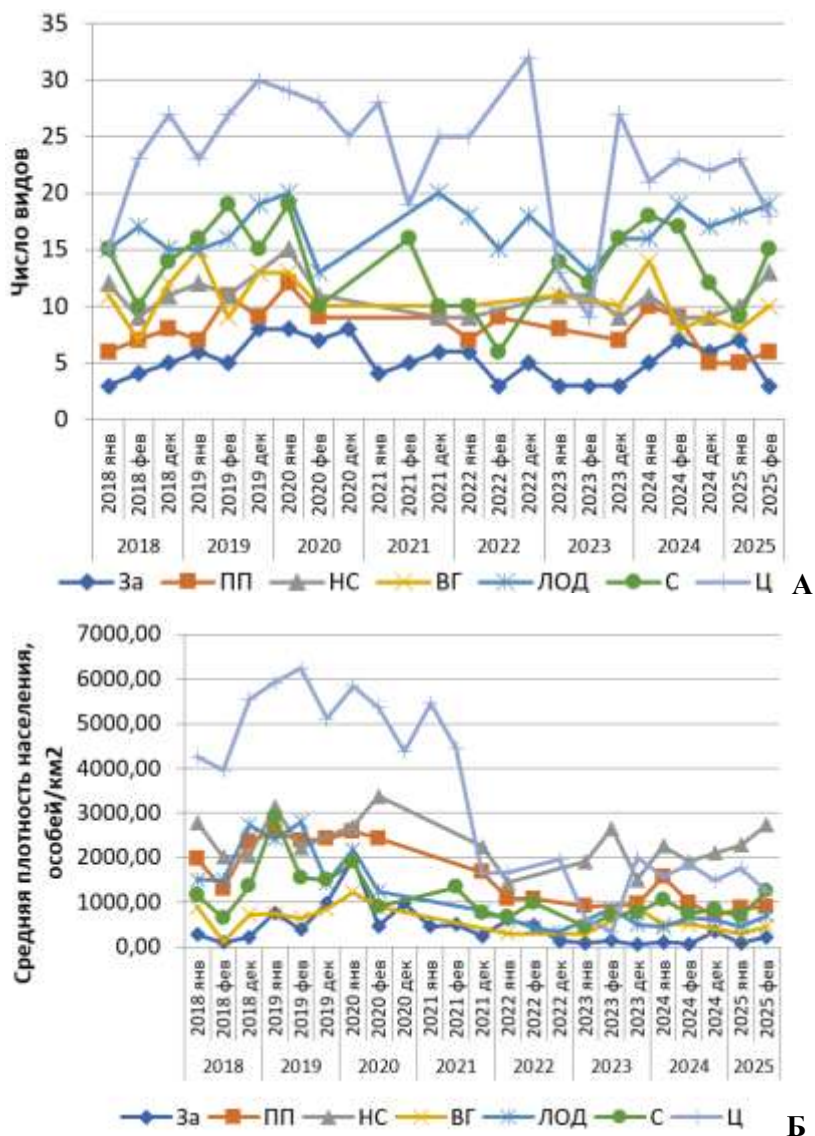


Рис. 2 Динамика числа видов (А) и средней плотности населения (Б) птиц в зимние месяцы 2018-2025 гг. За – «Зарядье», ПП – Петровский парк, НС – Нескучный сад, ВГ – «Воробьевы горы», ЛОД – Лесная опытная дача, С – «Сокольники», Ц – «Царицыно»

Динамика как числа видов, так и средней плотности населения птиц оставалась без существенных изменений во все 8 лет исследования (рис. 2) и не была связана с погодными показателями. Был отмечен спад плотности населения птиц в парке «Царицыно» после 2021 года, но статистически он не значим. Этот спад, вероятно, связан с изменениями численности и распределения зимующих водоплавающих птиц.

Можно предположить, что на вероятность и успешность зимовки птиц, а также на динамику числа видов и средней плотности населения в большей степени, чем погодные условия, влияют такие факторы, как доступность и обилие корма, защитные условия, наличие хищников, а также общепопуляционные процессы. Кроме того, нельзя исключать и влияния успешности размножения в гнездовой сезон, а также индивидуальных особенностей поведения зимующих птиц. Поскольку население птиц городских парков в негнездовой сезон изучено в целом меньше, чем в гнездовой, выявить все возможные факторы и оценить их влияние качественно и количественно только предстоит в будущих многолетних исследованиях.

Литература

1. Преловский В.А. Формирование зимнего населения птиц г. Иркутска // Байкал. зоол. журн. 2011. Т. 2. №. 7. С. 81-90.
2. Jokimäki J., Suhonen J. Distribution and habitat selection of wintering birds in urban environments // Landscape and urban planning. 1998. Т. 39. №. 4. С. 253-263.
3. Atchison K.A., Rodewald A.D. The value of urban forests to wintering birds // Natural Areas Journal. 2006. Т. 26. №. 3. С. 280-288.
4. Авилова К.В., Ерёмкин Г.С., Самойлов Б.Л. Редкие виды птиц в зимней авифауне Москвы // Русский орнитологический журнал. 2016. Т. 25. №. 1314. С. 2720-2723.
5. Демянчик В.Т., Лукьянчик М.А., Демянчик В.В. Сезонная динамика редких видов птиц на городской зимовке //Веснік

Брэсцкага ўніверсітэта. Серыя 5. Біялогія. Навукі аб зямлі. 2024. №.1. С. 40-46.

6. *Локощенко М.А.* Изменения климата Москвы в эпоху инструментальных измерений //Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Основные результаты и пути развития. 2017. С. 57-58.

7. *Локощенко М.А.* Снежный покров и его современные изменения в Москве //Метеорология и гидрология. 2005. №.6. С. 71-82.

8. *Равкин Ю.С.* К методике учета птиц в лесных ландшафтах. В кн.: Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск, 1967. – С. 66-75.

9. Архив погоды в Москве (ВДНХ). [Электронный ресурс] – URL: [https://tr5.ru/Архив_погоды_в_Москве_\(ВДНХ\)](https://tr5.ru/Архив_погоды_в_Москве_(ВДНХ))

10. Красная книга города Москвы. 3-е издание, переработанное и дополненное / Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы; Комиссия по редким и находящимся под угрозой исчезновения в условиях города Москвы видам животных и растений. – М.: ООО «ОСТ ПАК новые технологии», 2022. – 848 с.

Vasilevskaya A. A.

WINTERING BIRD FAUNA IN MOSCOW PARKS IN 2018-2025

The dynamics of the population density and species number of birds in 7 Moscow parks during winter months in 2018-2025 has been analyzed. It is shown that these dynamics are not associated neither with average monthly air temperature, nor with snow abundance. No statistically significant changes have been observed in 8 years. The species structure of bird fauna has also been shown to be quite stable. The probability and success of wintering in birds seems to be dependent on various factors, that are to be revealed in the future.

Вязмина А.К.

Научные руководители: Железная Е.Л., Черепенина Д.А.

**ПОВРЕЖДЕНИЕ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ
(*ABIES SIBIRICA* LEDEB.) ПОЛИГРАФОМ
УССУРИЙСКИМ (*POLYGRAPHUS PROXIMUS*
BLANDFORD) В КРАСНОЯРСКОМ КРАЕ**

Российский университет дружбы народов имени Патриса

Лумумбы

1132246467@pfur.ru

Анализируются динамика распространения полиграфа уссурийского в пихтовых лесах и риски сокращения популяции пихты сибирской. Рассматривается краткий обзор последствий данной проблемы. *Ключевые слова:* полиграф уссурийский (*Polygraphus proximus* Blandford), пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb), инвазия, Красноярский край.

С начала 2000-х годов наблюдается гибель и усыхание пихтовых лесов Сибири. Основной причиной усыхания пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb) является инвазивный вид полиграф уссурийский (*Polygraphus proximus* Blandford), который был случайно завезён человеком вместе с древесиной из его первичного ареала, Дальнего Востока [1, 2]. Популяция пихты, поражённая полиграфом, находится под угрозой исчезновения. Поскольку она сложно адаптируется и не имеет средств защиты от вредителя, а инвазивный короед во вторичном ареале не имеет сильных естественных врагов и хорошо переносит зиму [2, 3].

Проблема исчезновения популяции под влиянием человека, в современном мире становится одной из самых актуальных.

В работе были использованы методы теоретического уровня: изучение, анализ, обобщение научной литературы. На основе полученных данных о численности лесничеств с пихтовыми лесами, поражённых полиграфом уссурийским, были построены диаграммы с помощью MS Office.

Проанализировав данные по распространению полиграфа

уссурийского в Приобском и Енисейском кластерах за 2023 г. (рис. 1), мы выявили, что наибольшее количество поражённых лесничеств, наблюдается на территории Красноярского края. В данном регионе были повреждены 40 лесных районов. Кроме того, на конец 2020 г. площадь лесов, пострадавших от инвазивного вредителя, составила 559,3 тыс. га, из них наибольшему влиянию подверглись лесничества Красноярского края (146,8 тыс. га) [2].

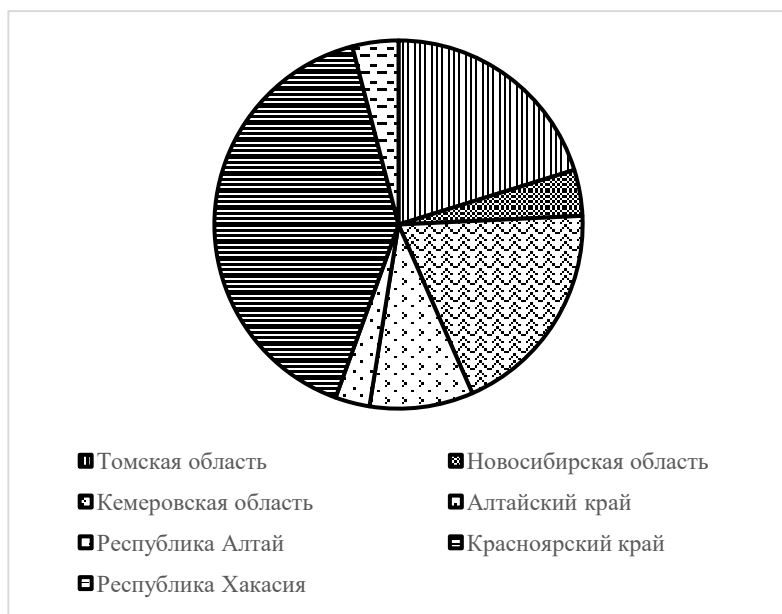


Рис. 1. Число лесничеств с распространением полиграфа уссурийского в Приобском и Енисейском кластерах на 2023 г. [по 4].

Проследив динамику численности лесничеств, поражённых полиграфом уссурийским в Красноярском крае (рис. 2), можно заметить, что рост происходил достаточно быстро, и его распространение продолжается до сих пор. Данное обстоятельство ставит под угрозу популяцию пихты в данном регионе.

Короед поражает не только ослабленные, но и здоровые деревья, он способен пережить суровую зиму и эффективно размножаться ранней весной, а также почти не имеет естественных врагов (хищников, паразитов), а те, что есть, не способны держать под контролем его численность [5]. В свою очередь, пихта сибирская имеет слабую адаптивность и невысокую устойчивость, так как её флоэма относительно проницаема [3].

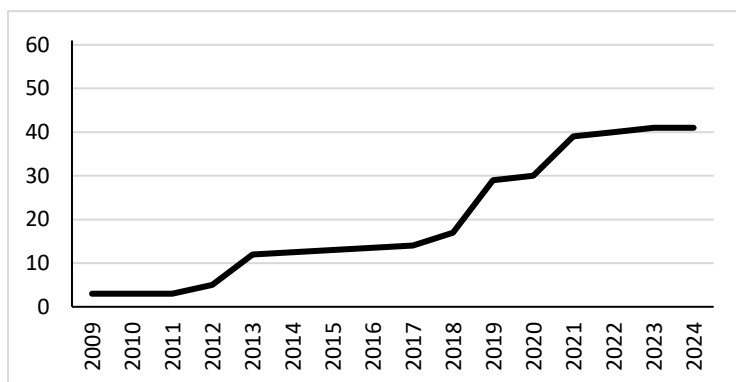


Рис. 2. Число лесничеств Красноярского края, в которых распространился полиграф уссурийский за период с 2009 по 2024 гг. [по 2].

Перечисленные выше факты, скорее всего, привели к высокой скорости распространения полиграфа, а несвоевременное обнаружение угрозы и отсутствие оперативных санитарно-оздоровительных мероприятий не смогли предотвратить такой масштаб распространения.

Ещё одним серьёзным аспектом проблемы является угроза полиграфа уссурийского молодому подросту пихты, что подвергает опасности популяцию в целом из-за неспособности поражённого подростка к размножению вследствие раннего усыхания.

Гибель древостоев ведёт к изменению микроклиматических условий, потому как происходит структурное изменение подростка и живого напочвенного покрова.

В нарушенных насаждениях мы можем увидеть изменение видового состава травяно-кустарничкового яруса и его запасов, что может повышать угрозу пожара в темнохвойных насаждениях [6]. К тому же древесина пихты, поражённая вредителем, теряет свою сырьевую ценность. Однако в поражённых древостоях отмечены единичные деревья, устойчивые к вредителю, что может частично стабилизировать ситуацию.

Проблема инвазии полиграфом уссурийским требует своевременного решения, так как может повлечь за собой исчезновение популяции пихты сибирской, важного звена экосистемы. Данная проблема является угрозой частых пожаров, нарушает экономику региона, влияя на качество древесины для лесозаготовок. Сложившаяся ситуация требует разработки более качественных и безопасных методов борьбы с короедом, чтобы в будущем сохранить пихтовую тайгу.

Литература

1. Бисирова Э.М., Чернова Н.А. Результаты мониторинговых исследований состояния пихтовых лесов в хронических очагах массового размножения уссурийского полиграфа (на примере Томской области) // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. Т. 3, № 2. С. 230–234.
2. Редькин А.Ю., Шилкина Е.А., Астапенко С.А. Полиграф уссурийский в лесах Красноярского края // леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции. Том 2. Санкт-Петербург, 2021. С. 109–111.
3. Бажина Е.В., Квитко О.В., Муратова Е.Н. Особенности мейоза при микроспорогенезе у пихты сибирской в различных экологических условиях // Актуальные вопросы изучения и охраны растительного мира, труды Заповедника «Тигирекский». 2005. Вып.1. С. 165–269.
4. Кривец С.А., Керчев И. А., Бисирова Э.М., Волкова Е.С., Астапенко С.А., Ефременко А.А., Косилов А.Ю., Кудрявцев П.П., Кузнецова Ю.Р., Пономарёв В.И., Потапкин А.Б., Тараскин Е.Г.,

Титова В.В., Шилоносов А.О., Баранчиков Ю.Н. Обзор современного вторичного ареала уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandford) на территории Российской Федерации. //Российский журнал биологических инвазий. 2024. №17(1). С. 49–69.

5. Баранчиков Ю.Н., Демидко Д. А., Лаптев А.В., Петько В. М. Динамика отмирания деревьев пихты сибирской в очаге уссурийского полиграфа // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2014. Т. 18, № 6. С. 132–138.

6. Жила С.В., Фуряев И.В., Ковалева Н.М. Оценка запасов лесных горючих материалов в повреждённых полиграфом уссурийским пихтовых древостоях Красноярского края // Сибирский лесной журнал. 2023. № 6. С. 76–84.

Vyazmina A.K.

Scientific supervisors: Zheleznaya E.L., Cherepenina D.A.
DAMAGE TO SIBERIAN FIR (*ABIES SIBIRICA* LEDEB.)
BY *POLYGRAPHUS PROXIMUS* BLANDFORD
IN KRASNOYARSK REGION
RUDN University

The dynamics of the spread of the *Polygraphus proximus* in fir forests and the risks of the reduction of the Siberian fir population are analyzed. A brief overview of the consequences of this problem is considered.

Keywords: *Polygraphus proximus*, *Abies sibirica*, invasion, Krasnoyarsk krai.

*Глушенков И.С.,
Научный руководитель: Поддубная Н.Я.*
**НАСЕЛЕНИЕ ЖУЖЕЛИЦ (CARABIDAE)
В СЕЛИТЕБНОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНАХ
ГОРОДА ЧЕРЕПОВЦА**

Череповецкий государственный университет, Россия

isglushenkov@chsu.ru

В статье представлены результаты исследования видового разнообразия жужелиц (Carabidae) города Череповца. Материал собран в 2023–2024 гг. в селитебной (Макаринская роща, биотоп на стыке улиц Рыбинской и Ленинградской) и промышленной зонах, включая санитарно-защитную зону ПАО "Северсталь" и территорию ПАО "Северсталь". Было собрано 88 особей, среди которых выявлено 15 видов жужелиц, что составляет 9,38% от всех видов жужелиц, обитающих на территории Вологодской области (160 видов). Низкое видовое разнообразие может быть связано с загрязнением почв и атмосферы.

Современные города представляют собой сложные экосистемы, в которых человеческая деятельность тесно переплетается с природными процессами. Одним из ключевых аспектов взаимодействия человека с окружающей средой является влияние городской среды на биоразнообразие. В последнее время научное сообщество обратило особое внимание на использование насекомых как биоиндикаторов качества окружающей среды [1].

Череповец, как один из типичных промышленных городов России, также имеет свою уникальную фауну насекомых. Поэтому представилось важным и своевременным выполнить исследовательскую работу по изучению семейства жуков-жужелиц (Carabidae) города Череповца.

Материал был собран в 2023–2024 г. селитебной (Макаринская роща, биотоп на стыке улиц Рыбинской и Ленинградской) и промышленной зонах, включая санитарно-защитную зону (СЗЗ) ПАО "Северсталь" и территорию ПАО "Северсталь" города Череповца (Рис. 1). Для

сбора материала использовались ловушки Барбера и желтые тарелки Мерики. В качестве ловушек применялись небольшие банки, вкопанные в уровень с землей и заполненные раствором Fairy [2].

Для определения видовой принадлежности жуков семейства использовались определители насекомых европейской части СССР [3] и определитель жужелиц Фенноскандии и Дании [4].

По данным, приведенным в статье Ю.Н. Беловой [5], на территории Вологодской области обнаружено 160 видов жужелиц из 47 родов, что по предварительным оценкам составляет 60-70% от возможного числа видов данного семейства в регионе.

В результате работы собрано 88 особей, среди которых выявлено 15 видов жужелиц, что составляет 9,38% от всех видов жужелиц, обитающих на территории Вологодской области. Низкое видовое разнообразие может быть связано с загрязнением почв и атмосферы.

Выражаем благодарности ведущему научному сотруднику Зоологического института Российской академии наук, доктору биологических наук Катаеву Б. М. за предоставление актуальной научной литературы.

Литература

1. *Ludwiczak E., Nietupski M., Kosewska A.* Ground beetles (Coleoptera; Carabidae) as an indicator of ongoing changes in forest habitats due to increased water retention. // *Peer J.* 2020. Vol.8. P.9815 doi: 10.7717/peerj.9815.
2. *Присный А.В.* О возможностях использования ловушек Барбера в энтомологических исследованиях. // Всесоюзное совещание по проблеме кадастра и учёта животного мира: Тез. докл. Уфа, 1989. Ч.4. С. 238–240.
3. Определитель насекомых Европейской части СССР: в 5 томах / под общ. ред. чл.-кор. АН СССР Г.Я. Бей-Биенко. Т. 2: Жесткокрылые и веерокрылые / сост. А.В. Алексеев [и др.]. —

Москва; Ленинград: Наука, 1964-1965. - 668 с.

4. *Lindroth C.H.* The Carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. // Fauna ent. scand. 1985-86. №15. (1-2)

5. *Белова Ю.Н.* Редкие и локально встречающиеся виды жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) в зональных лесных сообществах Вологодской области. / Вопросы пространственно-временного моделирования трансформации водосборов таежной зоны на основе ГИС-технологий.

URL: <http://econf.rae.ru/article/7351> (дата обращения: 24.03.2025).

Glushenkov I.S., scientific supervisor Poddubnaya N.Ya.
THE POPULATION OF GROUND BEETLES (CARABIDAE)
IN RESIDENTIAL AND INDUSTRIAL AREAS
OF CHEREPOVETS

Cherepovets State University, Russia

The article presents the results of a study of the species diversity of ground beetles (Carabidae) in Cherepovets. The material was collected in 2023-2024 in residential (Makarinskaya grove, biotope at the junction of Rybinskaya and Leningradskaya streets) and industrial zones, including the sanitary protection zone of PJSC Severstal and the territory of PJSC Severstal). 88 individuals were collected, among which 15 species of ground beetles were identified, which is 9.38% of all ground beetle species living in the Vologda Region (160 species).

Low species diversity may be associated with soil
and atmospheric pollution.

Горбач В. В., Тюрина П. С.
ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗОВАННОСТЬ
ПОПУЛЯЦИИ ПОСТГЛЯЦИАЛЬНОГО
РЕЛИКТОВОГО ВИДА В СРЕДНЕТАЕЖНОМ
ЛАНДШАФТЕ НА ПРИМЕРЕ ПЕРЛАМУТРОВКИ
***CLOSSIANA FREIJA* (THUNBERG, 1791) (INSECTA,**
LEPIDOPTERA, NYMPHALIDAE)

Петрозаводский государственный университет
gorbach@petsu.ru

Размещение, индивидуальную активность и динамику численности имаго перламутровки *Clossiana freija* изучали в заповеднике «Кивач» (Республика Карелия) методом мечения с повторными отловами. Население вида организовано здесь по типу метапопуляции, пространственную структуру которой определяют три локальные популяции, связанные между собой потоками расселяющихся особей. Наблюдаемая дистанция разлета из мест обитания достигает 3 км. Асинхронность хода кривых численности локальных популяций указывает на автономность протекающих в них демографических процессов.

Постгляциальные реликтовые виды сохранились в лесной зоне со времен последнего оледенения. Их приуроченность к интразональным местообитаниям ведет к организации населения по типу метапопуляций. Важнейшими чертами такого образования являются отсутствие крупных скоплений особей, выявляющихся как полноценные популяции, наличие потоков расселяющихся особей, связывающих пространственно разобщенные биотопические группировки (локальные популяции) в единую сеть, и асинхронность их динамики на разных участках населенной территории [1,2]. Подобная организованность чувствительна к изменению структуры ландшафта, когда деградация отдельных местообитаний может приводить к вымиранию локальных популяций и метапопуляции в целом.

Одним из таких видов является перламутровка *Clossiana freija* (Thünberg 1791) – типичный обитатель кустарниковых

тундр и лесотундр Голарктики. Южнее вид представлен реликтовыми популяциями в горных тундрах и на сфагновых болотах лесной зоны. На западе средней тайги бабочки приурочены к болотам, летают 3–4 недели с середины мая по конец июня. Гусеницы питаются на морошке и голубике, окукливаются после зимовки, в начале мая [3].

Исследования проводили в заповеднике «Кивач» в 2016 г. Изучали размещение, индивидуальную активность и сезонную динамику численности имаго с целью описать организованность населения на данной территории и оценить возможные риски локального вымирания вида. Использовали метод мечения с повторными отловами. Отловленных сачком особей метили индивидуальными номерами [4]. Координаты точек отлова определяли по портативному спутниковому навигатору. Зависимость частоты перемещений от расстояния описывали регрессионными моделями. Ежедневную численность оценивали по стохастической модели Джолли-Себера, абсолютную численность – по частоте повторных отловов каждой особи, используя в качестве теоретической модели распределение Пуассона [5].

Отловы меченых особей указывают на преобладание у вида локальной активности, – до 90 % от общего числа наблюдений составили перемещения бабочек в пределах одного болотного массива. Модель $A = 84.6 \exp(-6.9 d)$, где A – число особей и d – дистанция в км, адекватно описывает такую активность ($F = 156.3$, $p < 0.001$, $R^2 = 0.95$), ограничивая область оседлости бабочек диаметром 0.4 км [4]. Перекрывание смоделированных выделов указывает на общность населения двух болотных массивов (С и D, рис. 1), которое выявляется как единая локальная популяция [5]. Перемещения из одного местообитания в другое случались редко (рис. 1).

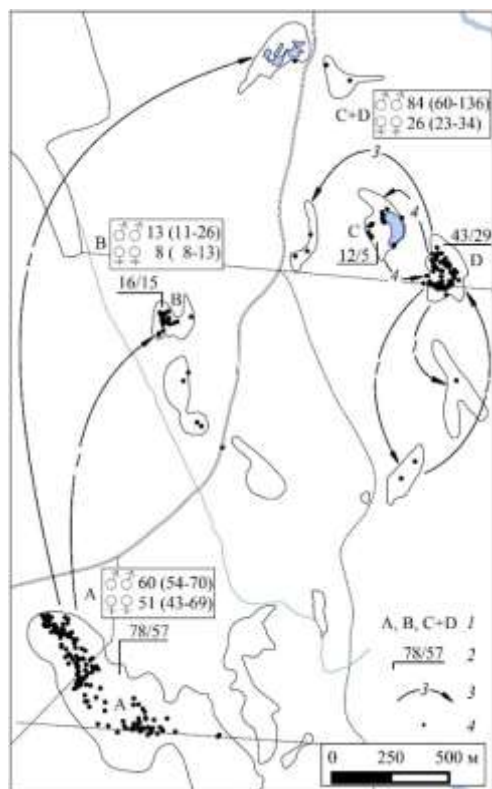


Рис. 1. Размещение и перемещения имаго: 1 – выделенные локальные популяции, 2 – число меченых особей/число повторных отловов, 3 – миграционные перемещения бабочек, 4 – точки отловов, в рамках указаны оценки абсолютной численности локальных популяций.

Модель расселения, $A = 19.3 \exp(-1.4 d)$ адекватна данным ($F = 17.5$, $p = 0.009$, $R^2 = 0.78$). Средняя дистанция миграционных перемещений по модели составляет 0.714 (0.526–1.110) км, максимальная – около 3 (2–4) км. Общую динамику (рис. 2) определили флуктуации численности локальной популяции А (критерий Колмогорова-Смирнова: $D = 0.73$, $p = 0.661$). Ход кривых В и С+D был сходен ($D = 1.17$, $p = 0.129$) и значимо отличался от общей динамики

и, соответственно, динамики локальной популяции А ($D < 1.99, p < 0.001$).

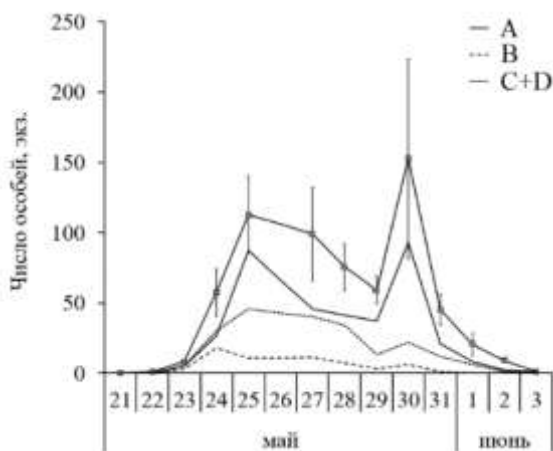


Рис. 2. Динамика лета имаго. «Усами» указаны стандартные ошибки оценок численности по модели Джолли-Себера для метопуляции в целом, А, В, С+D – численность локальных популяций (см. рис.1).

Таким образом, организованность изученной метопуляции можно определить как устойчивую, ее жизнеспособность обеспечивают наиболее крупная и сбалансированная по соотношению самцов и самок локальная популяция А и асинхронность демографических процессов в населенных видом выделах. Все изученные локальные популяции, по-видимому, связаны потоками особей, а учитывая наши и известные оценки подвижности имаго [6] можно предположить обмен особями с неизвестными нам группировками вида за пределами исследованной территории.

Литература

1. Гилпин М. Пространственная структура и жизнеспособность популяций // М. М. Сулей (ред.). Жизнеспособность популяций: природоохранные аспекты. М.: Мир, 1989. С. 158–172.
2. Хански И. Ускользящий мир: экологические последствия

утраты местообитаний. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. - 340 с.

3. Marttila O., Aarnio H., Haahtela T., Ojalainen P. Suomen päiväperhoset. Toinen, täydennetty pianos. Helsinki: Kirjayhtymä. 1991. - 362 p.

4. Горбач В.В., Нечепаренко Н.А. Размещение и расселение имаго в популяции перламутровки *Clossiana freija* (Insecta, Lepidoptera, Nymphalidae) в среднетаежном ландшафте // Энтомологическое обозрение. 2022. Т. 101. № 3. С. 515–532.

5. Горбач В. В. Динамика лета имаго и численность локальных популяций перламутровки *Clossiana freija* (Insecta, Lepidoptera, Nymphalidae) в среднетаежном ландшафте (на примере заповедника «Кивач») // Принципы экологии. 2023. Т. 12. № 1. С. 15–28.

6. Stevens V. M., Turlure C., Baguette M. A meta-analysis of dispersal in butterflies // Biological Reviews. 2010. V. 85. № 3. P. 625–642.

Gorbach V. V., Tyurina P. S.

**THE SPATIAL ORGANIZATION OF THE POPULATION OF
A POSTGLACIAL RELICT SPECIES IN THE MIDDLE TAIGA
LANDSCAPE USING THE EXAMPLE OF THE FRITILLARY
BUTTERFLY CLOSSIANA FREIJA (THUNBERG, 1791)
(INSECTA, LEPIDOPTERA, NYMPHALIDAE)**

Petrozavodsk State University, Russia

The adult distribution, mobility and population dynamics of the Freija's fritillary were studied in the Kivach Nature Reserve (Republic of Karelia) using the marking-release-recapture method. The population of the species is organized as a metapopulation. The observed distance of dispersal from habitats reaches 3 km. The asynchrony of the number curves of local populations indicates the autonomy of the demographic processes occurring in them.

Дмитриев П.А., Дмитриева А.А., Козловский Б.Л.
СПЕКТРАЛЬНАЯ ПОДПИСЬ КЛЕНОВ НА ОСНОВЕ
БОЛЬШОЙ ГРУППЫ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛАВНЫХ
КОМПОНЕНТ

Южный федеральный университет, Россия

pdmitriev@sfedu.ru

Спектральная подпись древесных растений дает важную информацию об особенностях их фенологического развития и может быть использована для идентификации видовой принадлежности растений. Целью исследования была разработка спектральной подписи кленов на основе большой группы узкополосных вегетационных индексов с использованием метода главных компонент. Показано, что использование первой главной компоненты в качестве переменной в модели спектральной подписи кленов лучше отражают спектральную индивидуальность этих видов по сравнению с NDVI-подписью.

Временные ряды спектральных характеристик древесных растений за период их вегетации (спектральная подпись) предоставляют ценную информацию о состоянии растений и особенностях их фенологического развития. Кроме того, они могут быть использованы для идентификации видовой принадлежности растений, основываясь на их фенологической индивидуальности. В качестве метрик в спектральной фенологии преимущественно используются вегетационные индексы (ВИ) [1, 2].

Для моделирования фенологии на основе спектральной метрики обычно используют фильтры Фурье, Гаусса, Савицкого-Голея, сплайн-фильтр, полиномиальные функции, логистическую функцию и ее модификации [3]. Это однофакторные модели с одним ВИ в качестве независимой переменной (для листопадных растений это преимущественно NDVI или EVI). Однако оценка состояния растений в процессе их фенологического развития существенно варьирует в зависимости от модели и выбранных метрик [4-6]. В этой связи

интерес представляют многофакторные модели, которые могут давать более надежные прогнозы наступления фенологических событий [7]. Источником данных для такого подхода может быть гиперспектральная съемка, которая позволяет рассчитать большое количество узкополосных ВИ.

Целью исследования было моделирование спектральной подписи кленов на основе большой группы узкополосных ВИ с использованием метода главных компонент (РСА).

Исследование проводилось в Ботаническом саду Южного федерального университета в период с 2022 по 2024 гг. Объектами исследования послужили – *Acer negundo* L. и *A. ibericum* Bieb. В качестве объекта лабораторной проксимальной гиперспектральной съемки использовались листья кленов, которые отбирались с деревьев с интервалом 7-10 дней в период их вегетации. Гиперспектральная съемка проводилась при искусственном освещении с помощью кадровой камеры Cubert UHD-185. Предварительно все спектры на гиперспектральных снимках были сглажены фильтром Савицкого-Голея. Выбор области интереса на гиперспектральном изображении проводился путем двухэтапной сегментации [4]. По итогам расчетов была построена NDVI-подпись двух видов клена. Для построения спектральной подписи на основе группы узкополосных ВИ [7] был использован РСА. В этом случае спектральная подпись представляет временной ряд значение первой главной компоненты.

На рис.1 представлены спектральные подписи и их модели для *A. negundo* и *A. ibericum* на основе NDVI и группы ВИ (79), представляющих первую главную компоненту РСА.

Полученные результаты демонстрируют, что использование первой главной компоненты в качестве переменной в модели спектральной подписи кленов лучше отражают спектральную индивидуальность этих видов в сравнении с NDVI. Этот подход может быть использован как для описания фенологии видов, так и для их идентификации.

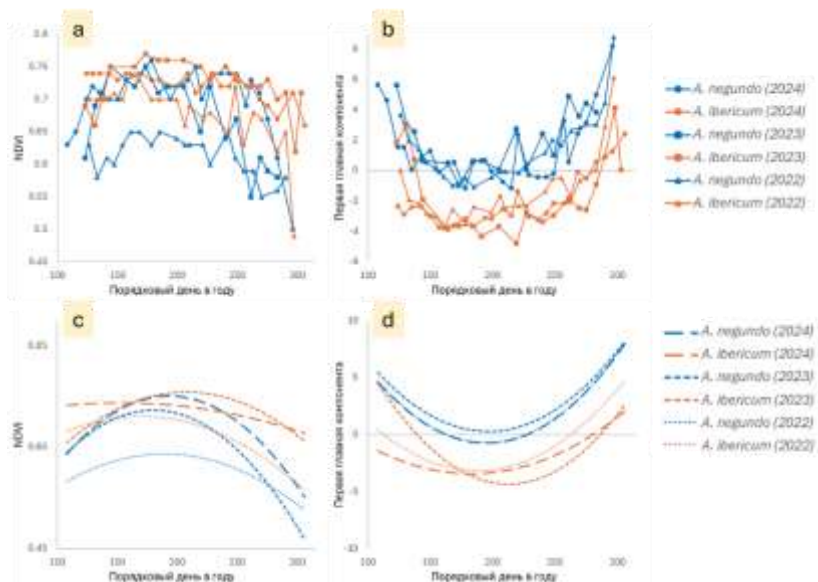


Рис.1. Спектральные подписи *A. negundo* и *A. ibericum* на основе NDVI (а) и первой главной компоненты группы ВІ (б). Модели полиномиальной регрессии второй степени спектральных подписей кленов (с и d)

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-24-00405, <https://rscf.ru/project/24-24-00405/>, в Южном федеральном университете.

Литература

1. D'Odorico P., Besik A., Wong C.Y.S., Isabel N., Ensminger I. High-throughput drone-based remote sensing reliably tracks phenology in thousands of conifer seedlings // *New Phytol.* 2020. Vol.226. P. 1667-1681.
2. Fang J., Li X., Xiao J. et al. Vegetation photosynthetic phenology dataset in northern terrestrial ecosystems // *Sci Data.* 2023. Vol.10. P.300
3. Berra E.F., Gaulton R. Remote sensing of temperate and boreal forest phenology: A review of progress, challenges and opportunities in the intercomparison of in-situ and satellite phenological metrics // *Forest Ecology and Management.* 2021. Vol. 480. P. 118663.

4. *Dmitriev P.A., Kozlovsky B.L., Dmitrieva A.A.* Vegetation and Dormancy States Identification in Coniferous Plants Based on Hyperspectral Imaging Data // *Horticulturae*. 2024a. Vol. 10. P. 241.
5. *Dronova I., Taddeo S.* Remote sensing of phenology: Towards the comprehensive indicators of plant community dynamics from species to regional scales // *Journal of Ecology*. 2022. Vol. 110. P.1460–1484.
6. *Meng F., Huang L., Chen A., Zhang Y., Piao S.* Spring and autumn phenology across the Tibetan Plateau inferred from normalized difference vegetation index and solar-induced chlorophyll fluorescence // *Big Earth Data*. 2021. Vol. 5. P. 182–200.
7. *Dmitriev P.A., Kozlovsky B.L., Dmitrieva A.A.* Assessing the phenological state of evergreen conifers using hyperspectral imaging time series // *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 2024b. Vol. 36. P. 101342.

Dmitriev P.A., Dmitrieva A.A., Kozlovsky B.L.

SPECTRAL SIGNATURE OF MAPLES BASED ON A LARGE GROUP OF VEGETATION INDICES USING THE PRINCIPAL COMPONENT METHOD

Botanical Garden, Academy of Biology and Biotechnologies, Southern Federal University

The spectral signature of woody plants gives important information about the peculiarities of their phenological development and can be used for species identification. The aim of the study was to develop a spectral signature of maples based on a large group of narrow-band vegetation indices using the principal component analysis method. It was shown that the use of the first principal component as a variable in the maple spectral signature model better reflects the spectral individuality of these species compared to the NDVI signature.

*Дроздова Л.И., Абраменко В.Р.,
Женихова Н.И., Попков Е.И.*

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА СОСТОЯНИЕ ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НЕКОТОРЫХ АМФИБИЙ

Уральский государственный аграрный университет, Россия
drozdova43@mail.ru

В данной работе изложены результаты исследования органов дыхания аксолотлей (*Ambistoma mexicanum*), животное, которое является главным показателем загрязнения окружающей среды, в частности воды. Выявлен комплекс патологоанатомических изменений в органах земноводных при отравлениях продуктами распада белка. Применяли методы патологоанатомического вскрытия и гистологического исследования.

Амфибии — лягушки, жабы, саламандры, а главное, и самый интересующий нас вид аксолотль, очень восприимчивы к изменениям окружающей среды, так как главной особенностью амфибий заключается в том, что они способны, с помощью своей пористой структуры кожи, впитывать воду. Обычно они первыми ощущают влияние изменений окружающей среды. [1,2]

У аксолотлей четыре способа дыхания: жаберное, легочное, кожное и с помощью выстилки ротовой полости. Процесс дыхания неразрывно связан с кровью, именно поэтому ротовая полость покрыта эпителием, богатым кровеносными сосудами. [3-5]

Кожное дыхание осуществляется посредством обмена кислорода через кожу с богатой сетью сосудов [2] и может включать до 80% газообмена, особенно у водных видов (по данным В.Белякова, https://m.vk.com/@axolotl_expert)

Хрящевые образования по обе стороны от головы аксолотля называются наружными жабрами. Они имеют наружную и внутреннюю поверхность (жаберные лепестки). Через жаберные лепестки и происходит обмен растворенного в воде кислорода и выделение углекислого газа, аммиака

и мочевины. [5,6,7]

Легкие у аксолотлей парные. В форме личинки они остаются недоразвитыми, однако при переходе в фазу амбистомы (взрослой особи) легкие расправляются, увеличиваясь в размере. Пролегают они под печенью, по обе стороны тела в виде продолговатых и узких мешочков [6,8,9].

Цель работы – дать морфологическую оценку изменениям в органах аксолотлей при отравлении аммиаком.

Для изучения постмортальных изменений в органах земноводных при отравлении продуктами распада белка нами были исследованы 10 животных от пяти частных владельцев. Согласно опросу владельцев – два владельца воду для содержания амфибий не исследовали, у остальных уровень аммиака, нитрита и нитратов в воде превышал норму.

На кафедре «Морфологии и экспертизы» Уральского ГАУ были проведены патологоанатомические вскрытия земноводных с гистологическим исследованием их органов. Взятый для гистологического исследования материал был подвергнут фиксации в 10%-м растворе забуференного формалина в течение 7 суток, затем по общепринятым методикам были приготовлены гистологические срезы и окрашены гематоксилином и эозином (рис. 1,2).

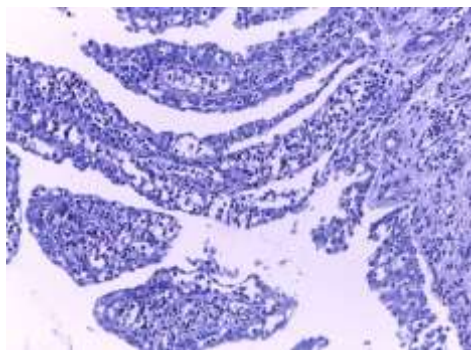


Рис.1. Вакуолизация эпителия жабр. Окраска гематоксилином и эозином Ув х100

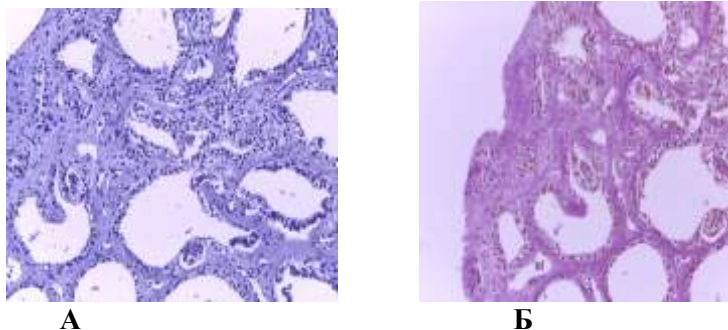


Рис.2 Легкое. Фавелит и пневмосклероз. Окраска гематоксилином и эозином(А) и по Ван-Гизону (Б) УвХ100.

Со слов владельцев, у всех аксолотлей при жизни – отказ от корма, тяжелое дыхание, беспокойство, частые всплывания. При наружном осмотре практически у всех особей отмечается бледность окраски, уменьшение размера наружных жабр, у двух особей грибковые поражения жабр, у трех – красные пятна на коже.

При гистологическом исследовании кусочков кожи и кусочка из ротовой полости у всех животных обнаружены десквамация эпителия, отек и разволокнение подэпидермального слоя и отек подлежащих мышц (рис. 3А), также обращает на себя внимание изменения в железах, вырабатывающих слизь. У нескольких амфибий обнаружены дистрофические изменения этих клеток в виде кистоза (рис 3Б), у трех других – идет их некроз (рис. 4А), а у остальных под действием токсинов секрет желез сгущается, (что делает невозможным выделение секрета и образования защитного слоя)(рис.4Б). Кроме этого, в подлежащей мышечной ткани под действием токсинов развиваются процессы характерные для апоптоза (рис.5Б). Идет процесс протеолиза миофибрилл, практически вдоль всего тельца животного. (Что клинически проявляется нарушениями двигательных функций.) в глубоко лежащих слоях мышц апоптозу подвергаются только отдельные волокна, но обнаруживаются очаги воспаления (в мышцах

отмечается полиморфноклеточная инфильтрация) (рис.5А).

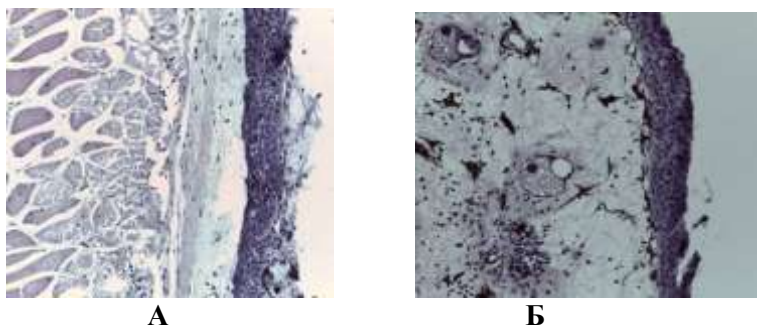


Рис. 3. А – десквамация эпителия, отек п/к, апоптоз мышц. Б – кистоз желез. Окраска гематоксилином и эозином Ув.Х100.

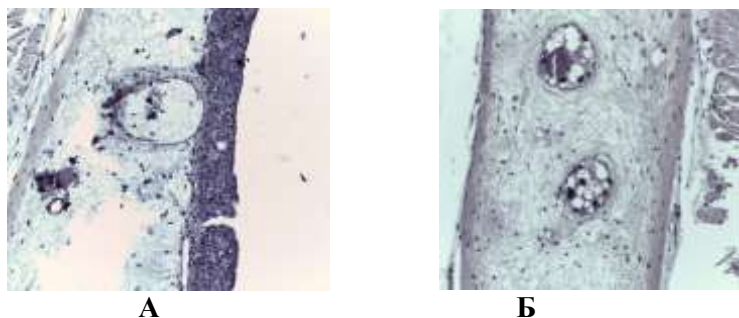


Рис.4. А- некроз желез, Б – сгущение секрета желез. Окраска гематоксилином и эозином Ув.Х100.

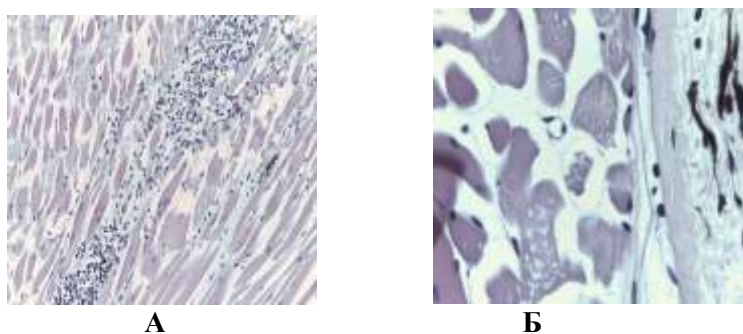


Рис.5. Окраска гематоксилином и эозином, А – миозит (полморфноклеточная инфильтрация) Ув.100. Б – Апоптоз мышечных волокон. Ув.400.

Таким образом, действия токсинов (в нашем случае повышенное содержание аммиака в воде), являясь экзогенным фактором, вызывает у животного развитие критического состояния, при котором обнаруживается повреждение клеток различных органов, что вызывает при отравлении полиорганную недостаточность.

Литература

1. *Васильев Д.Б.* Ветеринарная герпетология. М.: Аквариум-Принт, 2016. - 392 с.
2. *В.Н. Митин.* Вчера, сегодня, завтра. М.: Фитон XXI, 2019. - 412 с.
3. *Лукьяненко В.И.* Токсикология рыб. М.: Изд. «Пищевая промышленность», 1967г. - 215с.
4. *Мередиит А., Джонсон-Дилейни К.* Экзотические животные. Содержание, уход, болезни и лечение. Пер. с англ. М.: Издательство Аквариум, 2023. - 552 с.
5. *Олькова О.А. Женихова Н.И.* Морфология и патология лёгких у разных видов животных. Екатеринбург: изд. "Аграрный вестник Урала. Молодёжь и наука", 2023.
6. *Annie Ballard, Ryan Cheek.* Exotic Animal Medicine for the Veterinary Technician. 3rd Edition. August 2016.
7. *Fabiano Montiani-Ferreira, Bret A. Moore, Gil Ben-Shlomo* Wild and Exotic Animal Ophthalmology: Invertebrates, Fishes, Amphibians, Reptiles, and Birds. Volume 1, 2022.
8. *Forzán M.J., Horney B.S.* Amphibians. Exotic Animal Laboratory Diagnosis. // Heatley JJ, Russell KE, eds. 2020. Ames, IA: Wiley. Pp. 347–368.
9. *Kevin M. Wright, DVM and Brent R. Whitaker, MS, DVM* Amphibian medicine and captive husbandry .- Original ed. Copyright 2001 by Krieger Publishing Company.

Drozdova L.I., Abramenko V.R., Zhenikhova N.I., Popkov E.I.

**INFLUENCE OF WATER QUALITY ON THE STATE
OF RESPIRATORY SYSTEM OF SOME AMPHIBIANS**

Ural state agrarian university, Russia

This paper presents the results of research of respiratory organs of axolotls (*Ambistoma mexicanum*), an animal that is the main indicator of environmental pollution, in particular water. A complex of pathological and anatomical changes in the organs of amphibians in case of poisoning by protein breakdown products was revealed. Methods of pathological anatomical autopsy and histological study were applied.

***Жавкина Т.М., Кавеленова Л.М.,
Мельникова Е.А., Писцова Н.В.***

**К ОЦЕНКЕ ЭМИССИИ АЭРОИОНОВ ХВОЙНЫМИ
КУСТАРНИКАМИ: ВИДОВЫЕ ОСОБЕННОСТИ
И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА**

*Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва, Россия*

lkavelenova@mail.ru

Растения являются источником аэроионов, присутствие которых в воздухе влияет на условия обитания человека. Для хвойных кустарников (куртины можжевельников и тисов в коллекции Ботанического сада Самарского университета), выделяющих летучие органические соединения, выполнена полевая оценка эмиссии аэроионов в течение вегетационного периода 2022 г. (с апреля по ноябрь). Установлены пределы варьирования и средние уровни для концентрации аэроионов и значений коэффициента униполярности.

Атмосферный воздух характеризуется наличием доли ионизированных частиц, а сама ионизация воздуха выступает в качестве экологического фактора, характеризующего условия обитания живых организмов [1, с. 50]. Исследование эмиссии аэроионов растениями как научное направление, активно развивавшееся в семидесятые-восемидесятые годы XX в. [2, с. 10], вышло на качественно новый уровень благодаря появлению современных портативных приборов, оперативно оценивающих аэроионные параметры воздуха, существенно расширилось понимание экологической роли эмиссии растениями летучих органических соединений [3, с.2203; 4, с.3777; 5, с.35].

С 29 апреля по 10 ноября 2022 г., с двухнедельным интервалом и перерывом в августе, на 17 площадках на территории Ботанического сада Самарского университета определялось содержания аэроионов над куртинами хвойных кустарников (таблица 1). Измерения проводились с 10 до 12 часов. Для каждого объекта с помощью счётчика MAC-1

проводился подсчет аэроионов, продолжительность измерений для одного объекта - около 3 минут.

Таблица 1. Перечень таксонов хвойных и их локализация

№	Название растений / Участок
1	<i>Juniperus sabina</i> L. / У оранжереи
2	<i>Juniperus horizontalis</i> Moench 'Blue Chip' и <i>Juniperus sabina</i> L. var. <i>davurica</i> (Pall.) Farjon / За альпийской горкой
3	<i>Juniperus communis</i> L. var. <i>saxatilis</i> Pall. / За альпийской горкой, вдоль гравийной дорожки
4	<i>Taxus canadensis</i> Marshall / За альпийской горкой
5	<i>Juniperus virginiana</i> L. / За альпийской горкой
6	<i>Juniperus sabina</i> L. / Жигулёвская горка
7	<i>Juniperus communis</i> L. / Жигулёвская горка
8	<i>Juniperus sabina</i> L. 'Erecta' / Напротив жигулёвской горки
9	<i>Juniperus virginiana</i> L. / Семейство хвойных
10	<i>Juniperus chinensis</i> L. 'Pfitzeriana nana' / Вдоль экскурсионной дорожки
11	<i>Juniperus sabina</i> L. 'Erecta' / Декоративный центр за лиственницей сибирской:
12	<i>Juniperus sabina</i> L. 'Cupressifolia' / Декоративный центр, напротив лиственницы сибирской
13	<i>Taxus baccata</i> L. / Декоративный центр, у конторы
14	<i>Taxus baccata</i> L. / Напротив конторы
15	<i>Juniperus sabina</i> L. 'Tamariscifolia' На дамбе верхнего пруда
16	<i>Taxus cuspidata</i> Siebold & Zucc. / У конторы за бордюром боярышника
17	<i>Juniperus sabina</i> L. / Круг «Меркурий», горка с можжевельником напротив конторы

Передвижение между объектами проводилось по одному маршруту, что обеспечило проведение измерений для объектов приблизительно в одно время в разные дни. Полученные данные по результатам измерения концентрации аэроионов в абсолютном и усредненном за вегетационный период вариантах показаны на рис. 1 и 2.

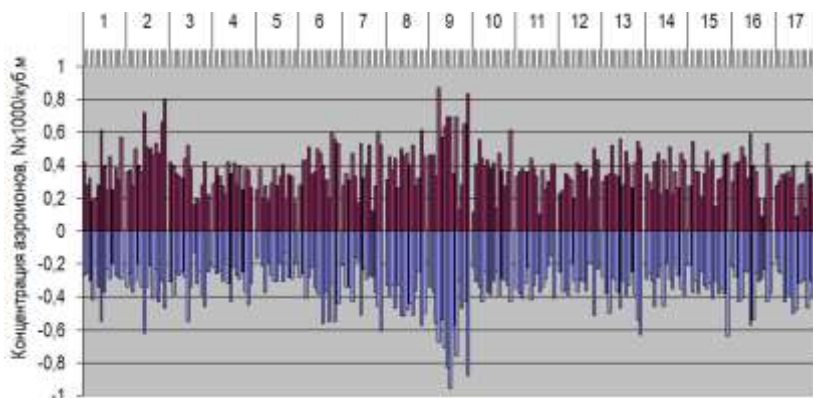


Рис. 1. Концентрации аэроионов у хвойных кустарников, апрель-ноябрь 2022 г.

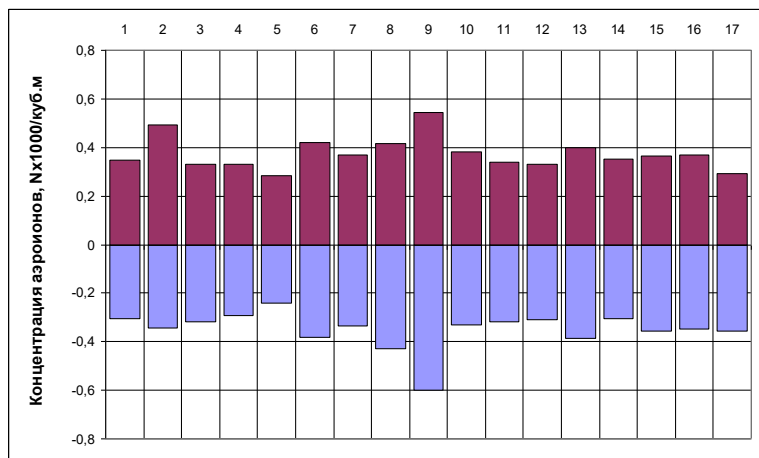


Рис. 2. Средняя за вегетационный период концентрация аэроионов у хвойных кустарников, 2022 г.

Для каждого из объектов сезонная картина динамики эмиссии аэроионов отличалась заметными флуктуациями. Усреднение данных выявило два объекта, у которых уровень эмиссии был более высоким (участки 2 и 9). Насаждению участка 2 соответствовал также максимальный усредненный коэффициент униполярности (более 1,4). В целом полученные данные вписываются в диапазон значений концентрации

аэроионов, установленных ранее для небольшой части хвойных Ботанического сада [6, с.15].

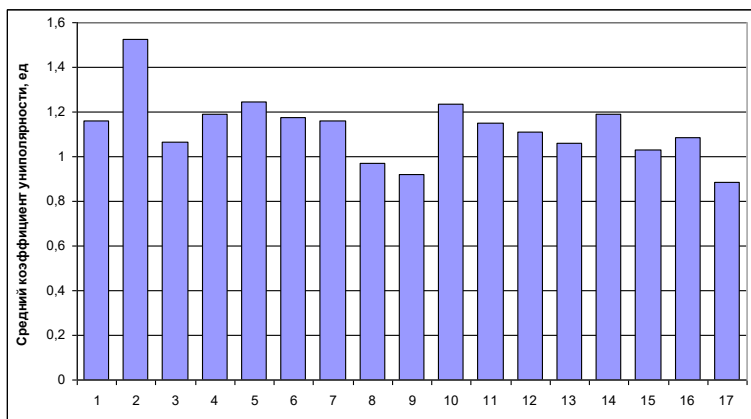


Рис. 3. Средний коэффициент униполярности аэроионов у различных хвойных кустарников, апрель-ноябрь 2022 г.

Литература

1. *Скитетров В. П.* Аэроионы и жизнь. Саранск: Красный Октябрь, 2011. - 136 с.
2. *Рощина В.Д., Рощина В.В.* Выделительная функция высших растений. М.: Наука, 1989. - 214 с.
3. *Niinemets U., Arneth A., Kuhn U. e.a.* The emission factor of volatile isoprenoids: stress, acclimation, and developmental responses. // *Biogeosciences*. 2010. Vol. 7. P. 2203
4. *Baghi R, Helmig D, Guenther A, Duhl T, Daly R.* Contribution of flowering trees to urban atmospheric biogenic volatile organic compound emissions. // *Biogeosciences*. 2012. Vol. 9. P. 3777
5. *Harley P., Eller A., Guenther A., Monson R.K.* Observations and models of emissions of volatile terpenoid compounds from needles of ponderosa pine trees growing in situ: control by light, temperature and stomatal conductance // *Oecologia*. 2014. Vol. 176. P.35
6. *Кологривов В.С., Кузина Л.В., Землянова В.Е.* Первичные результаты изучения особенностей аэроионного статуса воздуха в условиях влияния хвойных и лиственных кустарников //

Современные условия взаимодействия науки и техники. Уфа:
Omega science, 2019. С. 15

***Zhavkina T.M., Kavelenova L.M.,
Melnikova E.A., Pistsova N.V.***

**TO THE ASSESSMENT OF AEROION EMISSIONS BY
CONIFEROUS SHRUBS: SOME FEATURES OF SPECIES
CHARACTERISTICS AND SEASONAL DYNAMICS**

Samara National Research University, Russia

Plants are being a source of aeroions in air that may affects human living conditions. For coniferous shrubs (clumps of junipers and yews in the collection of the Botanical Garden of Samara University) emitting volatile organic compounds, a field assessment of aeroion emissions was carried out during the vegetation period of 2022 (from April to November). The variation limits and average levels for aeroions concentration of and unipolarity coefficient values were established.

Желанкин Р.В.¹, Сычёва И.Н.², Волков Я.И.²
ВЫЖИВАЕМОСТЬ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ
МЕТАМОРФОЗА ЛИЧИНОК ОЗЕРНОЙ ЛЯГУШКИ
(*PELOPHYLAX RIDIBUNDUS*) В УСЛОВИЯХ
ПОНИЖЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

¹ Научно-исследовательский институт пушного звероводства
и кролиководства имени В.А. Афанасьева, Россия

² Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А.Тимирязева, Россия

zhelankin86@mail.ru

В ранакультуре – направлению аквакультуры по выращиванию товарных видов лягушек – появляется интерес к использованию в качестве пищевого и кормового продукта личинок лягушек – головастика. В связи с этим интерес представляет возможность выращивания амфибий без метаморфоза в водной среде.

Накопленные данные по изучению феномена роста головастика предполагают интерес к исследованиям и дальнейшему использованию этих качеств амфибий в аквакультуре.

Амфибии, а особенно их личинки, как известно, наносят урон товарному рыбоводству, что проявляется в высоком уровне потребления ими кислорода, других питательных ресурсов и выделения продуктов обмена, что может привести к заморам рыбы [4, с. 18]. Опыт бразильских аквафермеров и исследования полученных ими продуктов показывают, что личинки лягушки-быка (*Aquarana catesbeiana*) обладают крупными мышцами хвоста, которые успешно используются в пищу населением [8, с. 119]. Также из них изготавливаются консервы, которые в России также были запатентованы, но только из лягушачьих лапок [2, с. 171]. Известно, что у озёрной лягушки температурный оптимум развития (эмбрио- и онтогенеза) находится в пределах 16 - 20°C, при этом в случае недостатка освещённости личинки развиваются медленнее [6, с. 15]. В популяции травяных лягушек из Кировской области выявлено минимальное значение размеров метаморфов, при этом время личиночного развития не уменьшалось

[3, с. 104]. Одним из важных факторов замедления метаморфоза и как следствие, формирования увеличенных в размере головастика у рода *Pelophylax* является возможность зимовки и постоянно-водного образа жизни, обычно в глубоких водоемах [5, с. 181]. Кладки икры бурых лягушек рода *Rana*, оказавшись в ледяной воде, при температуре -3°C в течение 24 ч могут сохранить жизнеспособность, а при низких положительных температурах наблюдается всего 10–30% гибели в кладках [1, с. 1396]. Важную роль в регуляции ряда функций организма при холодовом стрессе играют эндогенные опиоидные пептиды, которые реализуют свое действие через опиатные рецепторы. Генетические факторы устойчивости амфибий к переохлаждению (в т. ч. криорезистентности) находятся на данный момент в процессе исследования. Интерес к их изучению, а также выяснению длительности содержания личиночных форм амфибий при пониженной температуре связан с возможностью их зимовки в условиях лягушачьих (ранакультурных) ферм.

Эксперимент на личинках озерной лягушки проводился именно с этой целью. 11 личинок, развивавшихся начиная со стадии икринки, были взяты для исследования на стадии 24–28 по Госнеру [7, с. 185]. Личинки были помещены в аквариум при температуре $12-16^{\circ}\text{C}$ с аэрацией и внутренним фильтром-помпой, освещаемый в дневное время, питание донным растительным и животным кормом происходило 1 раз в неделю. В первый месяц (сентябрь 2023 г.) при температуре 16°C четыре особи начали метаморфоз, и спустя 32–34 дня метаморфоз был завершен. Спустя 4 месяца передержки в субоптимальных температурах амфибии достигли стадии 37–38 по Госнеру: длина головастика составила в среднем $40,4 \pm 0,4$ мм (рис. 1а). Три из них имели задние конечности размером в среднем $4 \pm 0,9$ мм. Три особи погибли от истощения в течение эксперимента. Поскольку особи подвергались консервированию в формалине каждый месяц, полный метаморфоз к концу опыта прошла только одна особь.

Затем опыт был повторен с июля по октябрь 2024 г. (также около 4 месяцев) в летнем вольере, где содержались взрослые лягушки. Бассейн для содержания 20 личинок был отгорожен металлической сеткой во избежание каннибализма и находился под крышей вольера, куда доступ света был ограничен. Температура воды в бассейне в течение летне-осеннего периода колебалась от +12 до +21°C. Ввиду нерегулярного кормления (1 раз в неделю – растертыми листьями крапивы с глюконатом кальция) наблюдался высокий отход головастиков. Выжившие 4 личинки также достигли лишь стадии 37-38 по Госнеру, и достигли размеров $41,2 \pm 0,5$ мм (рис. 1б), в то время как амфибии той же популяции, содержавшиеся в аквариуме при температуре 23°C, давно прошли метаморфоз.

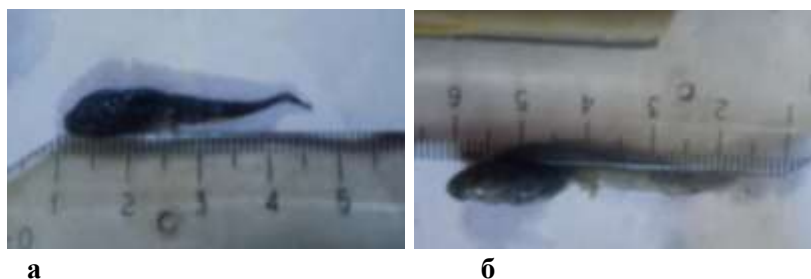


Рис. 1. Головастики по прошествии 4 мес.: а) из экспериментального аквариума; б) из бассейна в летнем вольере

Таким образом, была показана возможность длительной зимовки головастиков озерной лягушки в искусственных условиях с получением увеличенных в размере личиночных особей, что может быть использовано в аквакультуре России и сопредельных стран.

Литература.

1. Маркузе В.К. Озерная лягушка и ее значение в нерестово-выростных хозяйствах дельты Волги // Зоологический журнал, 1964. Т. 43, вып. 10. С. 16-19.
2. Muniz A., Monteiro A.B. Frog tail: a source of protein to feed the future // Thermo Fisher Scientific. 2017. V. 43. Pp. 112-123.

3. Клейн Е.Э., Желанкин Р.В. Консервированные продукты из мяса лягушки: зарубежный и российский опыт. // Материалы конференции «Церевитиновские чтения – 2023». С. 170 -173.
4. Ручин А.Б. Лобачев Е.А. Влияние монохроматического света на рост и развитие личинок озерной лягушки, *Rana ridibunda* // Современные наукоемкие технологии. 2005. № 8. С. 13-16.
5. Ляпков С.М. Географическая изменчивость длительности личиночного развития и размеров метаморфов травяных лягушек (*Rana temporaria*) // Современная герпетология. 2023. Т. 23, вып. 3/4. С. 102-107.
6. Мильто К.Д. К проблеме гигантских головастика // Вопросы герпетологии: Материалы IV Съезда Герпетологического общества им. А. М. Никольского при РАН 12-17 октября 2009. Санкт-Петербург, 2011. С. 176 – 187.
7. Берман Д. И., Булахова Н. А., Мещерякова Е. Н. Адаптивные стратегии бурых лягушек (*Amphibia*, *Anura*, *Rana*) в отношении зимних температур на севере Палеарктики. // Зоологический журнал, 2017. Т. 96, № 11. С. 1392–1403.
8. Gosner K.L. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification // *Herpetologica*. 1960. Vol. 16 (3). Pp. 183–190.

Zhelankin R.V. ¹, Sycheva I.N. ², Volkov Y.I. ²

SURVIVAL RATE AND DURATION OF METAMORPHOSIS LARVAE OF THE LAKE FROG (*PELOPHYLAX RIDIBUNDUS*) UNDER CONDITIONS OF REDUCED TEMPERATURE

*¹V.A. Afanasyev Research Institute of Fur Farming and Rabbit
Breeding, Russia*

*² Russian State Agrarian University – MSHA
named after K.A. Timiryazev, Russia*

In ranaculture there is an emerging interest in the use of frog larvae as a food and feed product. As a food and feed product of frog larvae – tadpoles. In connection with this trend the possibility of growing amphibians without metamorphosis in an aquatic environment is of interest. The accumulated data on the study of the phenomenon of tadpole growth suggests an interest in researching and further utilization of these amphibian traits in aquaculture.

Заика А. С.

СОСТОЯНИЕ *PICEA ABIES* И *PICEA PUNGENS* В УЛИЧНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ГОРОДА САМАРА

Самарский университет имени академика С.П. Королева, Россия

zaika_anna96@mail.ru

Для наиболее часто используемых в озеленении города Самара хвойных деревьев *Picea abies* (L.) Н. Karst. и *Picea pungens* Engelm. проведен анализ изменения состояния в модельных уличных посадках с 2001 по 2024 годы. Доля погибших деревьев за этот период составила 35% для *P. abies* и 23% для *P. pungens*. Максимальный возраст *P. abies* в модельных насаждениях города составляет 54 года, *P. pungens* – 50 лет. Произошла потеря декоративности деревьев и насаждений в целом. За 23 года качество насаждений уменьшилось на 0,7 у *P. abies* и составило 0,2 (сильно поврежденное состояние); на 0,4 у *P. pungens* и составило 0,5 (поврежденное состояние древостоя).

Растения остаются неотъемлемой частью улучшения городской среды для человека [1-4]. Одним из важных и осязаемых показателей остается способность деревьев снижать температуру и улучшать тепловой комфорт человека на значение в диапазоне от 0,2 до 2,27 °С. Трава и зеленые крыши показывают более низкую способность снижать температуру и ограничено регулировать среду до теплового комфорта [5].

Среди наиболее часто используемых в озеленении города Самара хвойных деревьев следует назвать *P. abies* (граница ареала проходит по соседней Ульяновской области) и *P. pungens* (интродуцент североамериканского происхождения), для которых прослеживается видовая специфичность по отношению к неблагоприятным условиям урбосреды [6]. По данным Ботанического сада Самарского университета, наиболее долговечные экземпляры, произрастающие на их территории, *P. pungens* f. *coerulea* Beissn. имеют возраст 134 года, *P. pungens* – 69 лет, *P. abies* – 78 лет.

Для жарких и засушливых условий Самарской области

важным является способность растений переносить высокие температуры летнего периода и дефицит влаги. Так, интродуцент из Северной Америки *P. pungens* по отношению к местным условиям характеризуется заметно меньшим уровнем экологического дискомфорта, чем *P. abies* [7-8]. Деревья *P. pungens* показывают более высокую жаростойкость по сравнению с *P. abies* и более быстрое и полное восстановление после воздействия высоких температур 45°C [9].

Исследование было выполнено для хвойных уличных деревьев двух видов: *Picea abies* и *P. pungens*, произрастающих на участках в разных районах города (рис. 1).



Рис.1. Расположение модельных участков насаждений на карте города Самара

Насаждения 1-3, 6-8 представляют собой рядовые посадки; 4-5 групповые посадки, расположенные в некотором отдалении от проезжей части и зданий; 1-2, 8 расположены в непосредственной близости зданий; 3, 6-8 расположены вдоль проезжей части с одной стороны и пешеходной дорожкой с другой.

В работе сравниваются результаты инвентаризации состояния насаждений в 2001 и 2024 годах. Количество деревьев

P. abies в 2001 году составило 37 шт., в 2024 году 24 шт.; *P. pungens* 66 шт. и 51 шт. соответственно. Соотношение видов 36% и 64% соответственно.

У каждого дерева визуально отмечали общее жизненное состояние в баллах по методике В.А. Алексеева [10], возраст определяли подсчетом мутовок. Индекс жизненного состояния древостоя определяли по формуле В.А. Алексеева.

Для оценки эстетичности насаждениям присваивали классы декоративности на основании жизненного состояния.

Обработка данных проводилась в Microsoft Excel.

Доля погибших деревьев в период с 2001 по 2024 год составила 35% для *P. abies* и 23% для *P. pungens*. Максимальный возраст *P. abies* в модельных насаждениях города составляет 54 года, *P. pungens* – 50 лет.

Для *P. abies* на всех модельных участках в 2024 году отмечены классы только сильно ослабленные, отмирающие, а также сухостой. На участках с посадками *P. pungens* также отмечено ухудшение общего жизненного состояния древостоя. На некоторых участках в 2024 году сохранились здоровые деревья, а именно для участков 4 и 5, представленные групповыми насаждениями в некотором отдалении от проезжей части и зданий; присутствует доля ослабленных экземпляров на этих же участках.

По индексу жизненного состояния в 2001 году оба вида имели одинаковые показатели качества 0,9. При обследовании этих же насаждений в 2024 году индекс качества насаждений показал разницу между видами в 2,5 раза. За 23 года качество насаждений уменьшилось на 0,7 у *P. abies* и составило 0,2 – соответствует сильно поврежденному состоянию; на 0,4 у *P. pungens* и составило 0,5 – соответствует поврежденному состоянию древостоя.

По расчетам эстетической оценки высокую декоративность показала большая доля деревьев *P. abies* в 2001 году на участках 1, 2, 6 (более 70% растений 1 класса), на участках 3, 8 доля деревьев 2 класса составила 50% и 42% соответственно.

Высокая степень декоративности в 2001 году была отмечена у *P. pungens*: более 65% деревьев были отнесены к 1 классу, остальные – к классу 2 класса, и лишь на участке 4 отмечено 5% 3 деревьев 3 класса. Со временем декоративность насаждений снизилась, в 2024 г. в них преобладают деревья 2 класса (43-65%), значительную часть в большинстве участков занимают деревья 3 класса (5-55%).

Для насаждений в целом в 2024 году отмечалась потеря декоративности, которая количественно выразилась в переходе с 1 на 2 и 3 классы декоративности. Полностью были утрачены хвойные растения на участке 2. Доля деревьев 3 класса декоративности теперь составляет 40-100% во всех насаждениях.

В работе подтверждаются данные о более высокой степени деградации насаждений для *P. abies* по сравнению с *P. pungens*. Уменьшается возраст жизнеспособности хвойного древесного компонента в условиях урбосреды. Отмечена более медленная скорость деградации на участках с групповыми посадками, меньшей антропогенной нагрузкой. Данная работа согласуется с результатами других работ по изучению хвойного древесного компонента г. Самара, в которых показана видовая специфичность для *P. abies* и *P. pungens* к условиям урбосреды лесостепи.

Литература

1. Breuste J., Pauleit S., Haase D., Sauerwein M. Urban ecosystems: function, management and development. Berlin: Heidelberg: Springer, 2021. - 339 p. DOI: 10.1007/978-3-662-63279-6.
2. Букварёва Е.Н., Замолотчиков Д.Г. Экосистемные услуги России: прототип национального доклада. Т.1. Услуги наземных экосистем. М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. - 148с.
3. Catalano C., Andreucci M. B., Guarino R., Bretzel F., Leone M., Pasta S. Urban services to ecosystems: green infrastructure benefits from the landscape to the urban scale. Cham: Springer, 2021. - 536 p.
4. Hall M. H. P., Balogh S. B. Understanding urban ecology: an

interdisciplinary systems approach. Cham: Springer, 2019. - 368 p.

5. *Geletič, J., Michal Belda, Martin Bureš, Pavel Krč et al.* Complex Micro-meteorological Effects of Urban Greenery in an Urban Canyon: A Case Study of Prague-Dejvice, Czech Republic // *Nature-based Solutions for Circular Management of Urban Water. Circular Economy and Sustainability.* Springer, Cham. 2024. Pp. 391-404

6. *Розно С.А., Кавеленова Л. М.* Итоги интродукции древесных растений в лесостепи Среднего Поволжья: монография. Самара: Издательство «Самарский университет», 2007. - 228 с.

7. *Кавеленова Л.М., Владимирская А.С.* К оценке жизненного состояния некоторых хвойных растений в насаждениях г. Самары. // Самарская Лука: Бюл. 2005. № 16. С. 186-191.

8. *Митрошенкова А.Е., Ильина В.Н.* Оценка состояния древостоя хвойных растений, используемых в озеленении города Самара (по данным исследований 2018 года) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2019. Т. 28, № 3. С. 136-143.

9. *Ouyang, F., Sun, M., Cui, X. et al.* *Picea pungens* exhibits greatest tolerance to short-time thermal stress compared to *Picea abies*, and *Picea omorika*. *New Forests.* 2024. Vol.55, 769–784.

10. *Алексеев В.А.* Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // *Лесоведение.* 1989. № 4 С. 51-57.

A. S. Zaika

**THE STATE OF *PICEA ABIES* AND *PICEA PUNGENS*
IN THE STREET PLANTINGS OF SAMARA**

Samara University, Samara, Russia

Coniferous trees, *Picea abies* (L.) H. Karst. and *Picea pungens* Engelm. which are commonly used in landscaping in Samara, were analyzed for changes in their condition in model street plantings between 2001 and 2024. During this period, the proportion of dead trees was 35% for *P. abies* and 23% for *P. pungens*. The maximum age of *P. abies* trees in the city's model plantings is 54 years and that of *P. pungens* is 50 years. There was a loss in the decorative effect of the plantings. In 23 years, the quality of the *P. abies* plantings decreased by 0.7 and amounted to a severely damaged state; for *P. pungens* it decreased by 0.4 and was in the damaged state.

Занина М.А.¹, Смирнова Е.Б.²
МЕСТООБИТАНИЕ И СОСТОЯНИЕ ПОПУЛЯЦИЙ
***VIOLA TANAITICA* GROSSET**
В СРЕДНЕМ ПРИХОПЁРЬЕ

¹*Балашовский институт (филиал) Саратовского
государственного университета имени Н.Г. Чернышевского,
Россия*

²*Государственный университет просвещения, Россия*
zanmarina@yandex.ru elenaprentam@mail.ru

Фиалка донская (*Viola tanaitica*) научно-познавательный, лекарственный и декоративный вид. Имеет узкую экологическую амплитуду – кальцефил. Охраняется в Саратовской области с категорией 3 – редкий вид. Изученная ценопопуляция стабильная во времени и пространстве (индекс восстановления – 158).

Фиалка донская (*Viola tanaitica*) – крайне редкий вид, тенденции численности которого неизвестны. Лесной эндемик Приволжской возвышенности. Обладает научно-познавательным, декоративным, ресурсным, лекарственным значениями [1,2]. *V. tanaitica* входит в Красные книги Ульяновской, Пензенской, Тульской областей. В Саратовской области охраняется с категорией 3 – редкий вид [2-4].

Исследования проводили с апреля по май 2023-2024 года в Романовском районе Саратовской области, в окрестностях села «Подгорное». Ценопопуляция расположена в урочище «Богатырка» – географические координаты – 51.650813, 42.752115, высота над уровнем моря 133 метра (рис. 1).

Район исследования находится в зоне разнотравно-ковыльных степей Окско-Донской низменной равнины. Геоботаническое описание растительных сообществ выполнено по общепринятым методам. Проективное покрытие видов определялось глазомерно. Для получения фитоценологических характеристик были заложены случайным образом 15 пробных площадей по 100 кв. м каждая. При определении онтогенетических состояний опирались на диагнозы и ключи О.П. Ведерниковой, О.Н. Лесниковой [5].



Рис. 1. Карта-схема расположения ценопопуляции фиалки донской

Особенности биологии: *V. tanaitica* – многолетнее, с разветвленным корневищем травянистое растение. Высота в ценопопуляциях $15,4 \pm 2,8$ см. Стебли – восходящие, цилиндрические, каждый с двумя ребрами, олиственные. Листья в основании глубоко-сердцевидные, остальные округлые в очертании, по поверхности – редкие короткие волоски. В основании побегов расположены темно-бурые чешуевидные листья. Цветки расположены в пазухах верхних листьев $10,3 \pm 1,3$ мм, на удлинённых побегах, бледно-фиолетовые, в зеве – белые. Плод – продолговато-яйцевидная коробочка с острыми очертаниями. Размножение семенное.

Экология вида: фенологический мониторинг показал, что вид в изученной ценопопуляции цветет с 15 апреля по 30 мая, плодоносит в июне. Созревшие семена разносятся муравьями. Местообитание – освещенный лиственный лес с примесью сосны семенного распространения на опушках и небольших полянах. Кальцефит.

Лимитирующие факторы: узкая экологическая амплитуда, сокращение площадей, занятых старовозрастными лесами, антропогенные пожары, чрезмерная рекреация, выпас скота, сбор на букеты и выкопка в целях пересадки на садовые и приусадебные участки.



Рис. 2. Общий вид растения в ценопопуляции

Ценопопуляция дискретная, занимает площадь более 1000 кв. м. Плотность особей невысокая (покрытие около 10%). Фитоценоз с участием *V. tanaitica* слагают такие травянистые растения, как *Melica nutans* L., *Poa nemoralis* L., *Stellaria holostea* L., *Asarum europaeum* L., *V. canina* L., *Ornithogalum fischerianum* Krasch., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Corydalis marschalliana* (Pall. ex Willd.) Pers., *C. solida* (L.) Clairv., *Convallaria majalis* L., *Ficaria verna* Huds.

В возрастном спектре ценопопуляции преобладали генеративные особи ($g_1 + g_2 + g_3$) – 54 %. Имматурных (im) – 14%, виргинильных (v) – 32 %. Индекс восстановления равен 158.

Таким образом, проведенные исследования показали, что состояние ценопопуляции фиалки донской относительно устойчиво. Рекомендации по сохранению вида в естественных условиях: мониторинг природных популяций, объявить урочище Богатырка памятником природы, продолжить поиск новых мест произрастания вида с последующей организацией заповедного режима, введение в культуру в качестве декоративного растения.

Литература

1. Бубенчиков Р.А., Кондратова Ю.А., Новиков О.О. [и др.]. Изучение травы фиалки донской (*Viola tanaitica* Grosset.) и травы

шалфея поникающего (*Salvia nutans* L.) в поиске отхаркивающих средств растительного происхождения // Актуальные проблемы медицины, 2011. Т. 13-2. №4 (99). С. 138-140.

2. Смирнова Е.Б., Занина М. А., Семенова Н. Ю. [и др.] Ресурсы и онтогенетическая структура ценопопуляций рода *Viola* (Violaceae, Magnoliopsida) в Правобережье Саратовской области // Поволжский экологический журнал. 2022. № 1. С. 109-119.

3. Занина М. А., Смирнова Е.Б., Семенова Н. Ю. [и др.]. Редкие растения флористических комплексов реки Ветлянка // Поволжский экологический журнал. 2022. № 2. С. 242-252.

4. Красная книга Саратовской области: грибы, лишайники, растения. Животные / Министерство природных ресурсов и экологии Саратовской области. – Саратов: Папирус, 2021. – С. 131-132.

5. Ведерникова О.П. Лесникова О.Н. Онтогенез фиалки душистой (*Viola odorata* L.) // Онтогенетический атлас растений. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2013. – Т. 7. – С. 221-226.

Zanina M.A.¹, Smirnova E.B.²

**HABITAT AND POPULATION STATUS OF VIOLA TANAITICA
GROSSET IN THE MIDDLE PRIKHOPERYE**

¹Balash Institute (branch) Saratov State University
named after N.G. Chernyshevsky, Russia

²State University of Enlightenment, Russia

Violet of the Don (*Viola tanaitica*) is a scientific, educational, medicinal and decorative species. It has a narrow ecological amplitude – calcifilus. It is protected in the Saratov region with category 3 – a rare species. The studied cenopopulation is stable in time and space (the recovery index is 158).

**Ильина В.Н.^{1,2}, Козловская О.В.², Аветисян Н.А.¹,
Псарева В.Д.¹, Атанова К.Ю.¹**

**К СТРУКТУРЕ И СОСТОЯНИЮ ПОПУЛЯЦИЙ
РЕДКИХ РАСТЕНИЙ СТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ
В УСЛОВИЯХ ВЫПАСА СКОТА
(САМАРСКАЯ ОБЛАСТЬ, РФ)**

¹*Самарский государственный социально-педагогический
университет, Россия*

²*Самарский государственный технический университет, Россия*

5iva@mail.ru

Проведено исследование природных популяций редких видов степей на территории Самарской области в условиях выпаса крупного рогатого скота. Определена онтогенетическая, пространственная и виталитетная структура ценопопуляций и их ответ на пастбищную нагрузку. Проведена оценка состояния популяций в условиях перевыпаса.

Самарская область (Россия) исторически являлась регионом с активным выпасом скота, начиная с достаточно древних исторических эпох, когда по территории Нижнего и Среднего Поволжья кочевали разные народы, занимавшиеся скотоводством. В последние 200-250 лет при росте оседлого населения и росте его численности пастбищное скотоводство также охватывало значительные территории. Однако рост доли пашни на черноземах привело к снижению территории пастбищ, однако рост поголовья скота все продолжался. В связи с этим нагрузка на степные и лугово-степные экосистемы увеличивался до 70-80-х годов 20 столетия. Многие природно-территориальные комплексы с середины 20 века имели признаки значительной трансформации и даже деградации.

Снижение нагрузки на пастбища на рубеже 20-21 веков в Самарской области привели к частичному восстановлению растительного и почвенного покрова на территориях, достаточно удаленных от населенных пунктов. Поголовье скота на свободном выгуле на некоторых участках

уменьшилось в разы, однако в части из них выпас сохранился. В Красную книгу Самарской области [6] включено значительное число видов растений, произрастающих в степях региона.

Изучение редких степных видов растений осуществляется в Самарской области более 20 лет, что позволило оценить динамические тенденции структуры их популяций в условиях с разной интенсивностью пастбищной нагрузки. Целью нашей работы является оценка состояния популяций редких видов растений степной зоны в условиях выпаса скота.

При выборе методов исследования растительного покрова и входящих в состав сообществ популяций мы обращали внимание на рекомендации разных авторов [1-5, 7].

Изучены ценоотические популяции следующих видов растений степей Самарской области:

Astragalus cornutus Pall. – в большинстве ценопопуляций встречается единично, обилие в сообществах незначительное, изучено 15 локусов в условиях пастбищной нагрузки, онтогенетический спектр неполночленный правосторонний, виталитет популяций низкий.

Astragalus zingeri Korsh. – обычно в сообществах встречается небольшими группами или единично, обилие в фитоценозах невысокое, изучено 26 локусов в условиях пастбищной нагрузки, онтогенетический спектр неполночленный бимодальный, виталитет особей и популяций средний.

Hedysarum grandiflorum Pall. – встречается группами, редко в малом числе особей или единично по типичным каменистым местообитаниям, бывает обильным в сообществах, редко – доминантам сообщества, изучено 820 локусов в условиях пастбищной нагрузки, онтогенетический спектр полночленный центрированный, редко – левосторонний, виталитетный уровень популяций средний.

Hedysarum razoumovianum Fisch. et Helm. – встречается группами по типичным каменистым местообитаниям, бывает

содоминантом сообществ, обследовано 348 локусов в условиях пасквальной нагрузки, онтогенетический спектр центрированный, редко правосторонний, виталитетный уровень средний.

Scabiosa isetensis L. – встречается единично или небольшими группами по типичным местообитаниям луговых степей, изучено 234 локуса в условиях пасквальной нагрузки, онтогенетический спектр неполночленный центрированный, виталитетный уровень средний.

Polygala hybrida DC. – встречается единично или группами по типичным местообитаниям луговых степей, изучено 42 локуса в условиях пасквальной нагрузки, онтогенетический спектр неполночленный центрированный, виталитетный уровень средний.

Alyssum lenense Adams – встречается единично или группами по типичным местообитаниям каменистых степей, в некоторых случаях создает аспект сообществ во время цветения, обследовано 45 локусов в условиях пасквальной нагрузки, онтогенетический спектр полночленный центрированный, виталитетный уровень средний.

Linum flavum L. – отмечен единично или небольшими группами по типичным местообитаниям каменистых степей, изучено 36 локусов в условиях пасквальной нагрузки, онтогенетический спектр неполночленный центрированный, виталитетный уровень высокий.

Linum uralense Juz. – произрастает единично или небольшими группами по типичным местообитаниям каменистых степей, редко создает аспект при достаточно высоком обилии в сообществах, изучено 42 локуса в условиях пасквальной нагрузки, онтогенетический спектр неполночленный центрированный, виталитетный уровень низкий или средний.

Jurinea ledebourii Bunge – встречается группами с разной численностью особей по типичным местообитаниям, выходит на позиции содоминанта сообществ, изучено

256 локусов в условиях пасквальной нагрузки, онтогенетический спектр популяций полночленный центрированный, виталитетный уровень средний.

Анализ данных о ценопопуляциях редких видов растений в степях Самарской области показал достаточно высокую чувствительность этих видов к пасквальной нагрузке. Стравливание и вытаптывание особей, уплотнение почвы или ее разрушение (возникновение особей на склонах) приводит к снижению банка семян, элиминации особей разных онтогенетических стадий, особенно проростков, нарушению пространственного узора популяций и снижению жизненного состояния особей и популяций в целом. Представители бобовых наименее устойчивы, так как являются излюбленным кормом для скота.

При незначительном выпасе достаточно хорошую устойчивость демонстрируют *Hedysarum grandiflorum*, *Hedysarum razoumovianum*, *Scabiosa isetensis*, *Jurinea ledebourii*. Такие виды как *Astragalus cornutus*, *Astragalus zingeri*, *Polygala hybrida*, *Alyssum lenense*, *Linum flavum*, *Linum uralense* обладают низкой устойчивостью к выпасу. При высокой пасквальной нагрузке все виды снижают численность, на онтогенетической структуре выпас отражается смещением долей доминирующих групп особей и старением популяций. Наиболее устойчивым из изученных видом в степных сообществах при пасквальной нагрузке является *Jurinea ledebourii*.

Литература

1. Животовский Л.А. О типизации ценопопуляций растений по онтогенетическим спектрам // Сиб. экол. журн. 2023. Т. 30, № 3. С. 227–237.
2. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. – Йошкар-Ола: РИИК “Ланар”, 1995. – 224 с.
3. Заугольнова Л.Б. Типы возрастных спектров нормальных ценопопуляций растений // Ценопопуляции растений (основные

понятия и структура) (ред. А.А. Уранов, Т.И. Серебрякова). М.: Наука, 1976. – С. 81–92.

4. Заугольнова Л.Б. Понятие оптимумов у растений // Журн. общ. биол. 1985. Т. 46. № 4. С. 441–451.

5. Злобин Ю.А., Скляр В.Г., Клименко А.А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. – Сумы: Ун-т. кн., 2013. – 439 с.

6. Красная книга Самарской области. Том I. Редкие виды растений и грибов / под редакцией С.А. Сенатора, С.В. Саксонова. – Самара, 2017. (Изд. 2-е, перераб. и дополн.). – 384 с.

7. Османова Г.О., Животовский Л.А. Онтогенетический спектр как индикатор состояния ценопопуляций растений // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 144-152.

*Ilyina V.N.^{1,2}, Kozlovskaya O.V.², Avetisyan N.A.¹,
Psareva V.D.¹, Atanova K.Yu.¹*

**TO THE STRUCTURE AND STATE OF RARE PLANTS
POPULATIONS OF STEPPE ECOSYSTEMS
IN CONDITIONS OF CATTLE GRAZING
(SAMARA REGION, RUSSIAN FEDERATION)**

¹Samara State University of Social Sciences and Education

²Samara State Technical University

A study of natural populations of rare steppe species in the Samara region under cattle grazing conditions was conducted. The ontogenetic, spatial and vitality structure of coenopopulations and their response to the pasqual load were determined. The state of populations under overgrazing conditions was assessed.

Калюжная О.Д.
ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ВЫЖИВАЕМОСТЬ ДАФНИЙ
ГЕРБИЦИДА ЗИНО (700 Г/КГ МЕТРИБУЗИНА)

Российский Университет Дружбы народов имени

Патриса Лумумбы, Россия

1142240104@pfur.ru

Целью работы являлось исследовать основные параметры токсичности гербицида Зино для *Daphnia magna* Straus в остром и хроническом опыте. Исследовались концентрации гербицида 0,0001; 0,0005; 0,0025; 0,01; 0,05; 0,25; 1,0; 5,0; 25,0 и 100,0 мг/л .

Пороговой концентрацией для дафний по показателю выживаемости является 0,00006 мг/л. Гербицид относится к 1 классу токсичности для водных организмов. Попадание Зино в водоём даже в малых концентрациях ведёт к уменьшению биомассы зоопланктона. Необходимы дальнейшие исследования воздействия метрибузина как на другие параметры токсичности для зоопланктона, так и на другие компоненты водных экосистем, для определения предельно допустимой концентрации вещества в водоёмах.

Гербициды используются для поражения сорных видов растений на сельскохозяйственных угодьях [1]. Гербициды не являются безопасными для окружающей среды [2]. Они загрязняют почву, водоёмы, считаются ключевыми факторами нарушения и деградации экосистем, особенно в районах интенсивного сельского хозяйства [3]. Основные пути попадания гербицидов в водоёмы – атмосферные осадки, поверхностный сток, а также грунтовые воды, возможно целенаправленное внесение гербицидов для удаления сорной растительности на водных объектах [4,5].

Гербициды ослабевают иммунную реакцию зоопланктона, влияют на их гены, репродукцию и нарушают работу ферментов [6,7,8].

Метрибузин относится к системным триазиновым гербицидам и является действующим веществом для многих используемых во всём мире гербицидов [9]. Воздействие

метрибузина на гидробионты недостаточно исследовано. В основном исследованы некоторые параметры воздействия на рыб: карпа (*Cyprinus carpio*), золотых рыбок (*Carassius auratus*), рыбок Данио (*Danio rerio*) и радужную форель (*Oncorhynchus mykiss*) [10-14]. Не изучено как острое, так и хроническое воздействие гербицида на зоопланктон. Исследования показывают токсичность метрибузина для рыб, тем не менее данное вещество достаточно токсично и для зоопланктона. В лаборатории были проведены исследования выживаемости дафний в остром и хроническом опыте, определены основные параметры токсичности.

Для эксперимента использован гербицид Зино (700 г/кг Метрибузина), применяемый для уничтожения однолетних двудольных и злаковых сорных растений. Применяется в концентрациях 0,5 – 2,1 кг/га. Используется при высадке рассады и до появления всходов томата и картофеля [15].

Зоопланктон является достаточно точным индикатором загрязнения водоёмов [16]. В лабораторных условиях оценено воздействие гербицида Зино на выживаемость зоопланктона в остром и хроническом опытах (рис. 1,2). Тест-объектами для лабораторных исследований были дафнии – *Daphnia magna* Straus. Дафнии размещались в сосудах 0,5 л. по 10 рачков. Температура воды на момент эксперимента – 22 °С. При остром опыте время воздействия гербицида – 48 часов. При хроническом – 30 суток. В острых опытах исследовались концентрации: 0,0001; 0,0005; 0,0025; 0,01; 0,05; 0,25; 1,0; 5,0; 25,0 и 100,0 мг/л; в хронических опытах - 0,000025; 0,0001; 0,0005; 0,0025; 0,01; 0,05; 0,25 и 1,0 мг/л. Питанием для дафний служила суспензия из водорослей (хлорелла) и гидролизных дрожжей. По окончании опытов проводился расчет параметров острой и хронической токсичности: ЛКо, ЛК16, ЛК50, ЛК84 и ЛК100, а также остр. и S_{хр.} и J_{сум.}

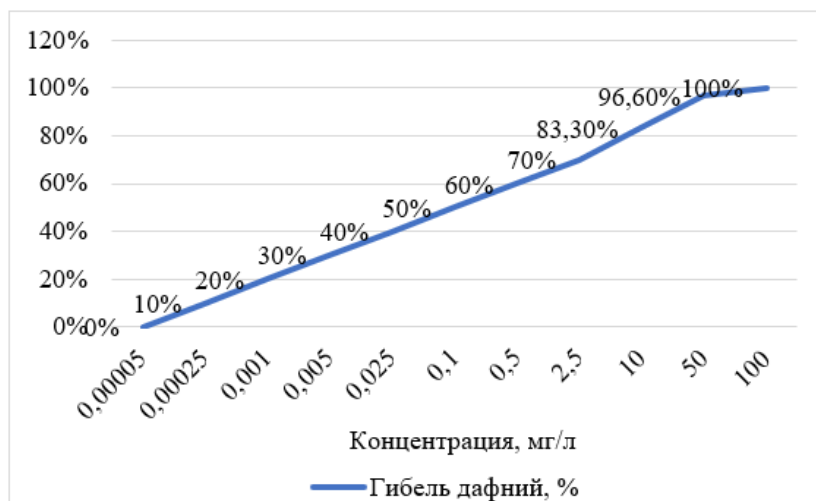


Рис. 1. Динамика гибели дафний при остром отравлении гербицидом Зино

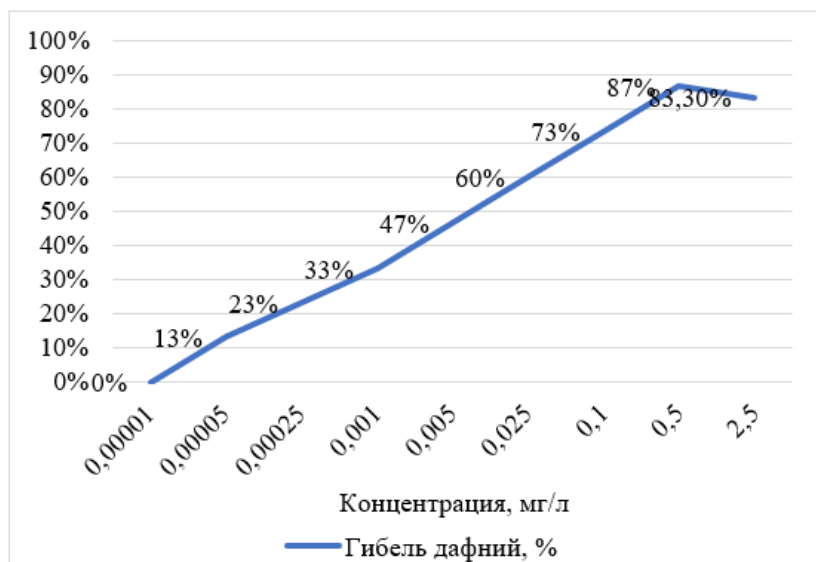


Рис. 2. Динамика гибели дафний при хроническом отравлении гербицидом Зино

Исследовалась выживаемость дафний (в соответствии

с ГОСТ 32536-2013 «Методы испытаний химической продукции, представляющей опасность для окружающей среды. Определение острой токсичности для дафний»).

Исходя из острого эксперимента, недействующей на дафний концентрацией являлась 0,00005 мг/л.

Исходя из хронического эксперимента, недействующей на дафний концентрацией являлась – 0,00001 мг/л.

В таблице 1 приведены рассчитанные исходя из острого и хронического отравления дафний основные параметры токсичности.

Таблица 1. Основные параметры токсичности гербицида Зино для *Daphnia magna Straus*

Параметры токсичности, мг/л при остром отравлении	Параметры токсичности, мг/л при хроническом отравлении
ЛК0= 0,00020	ЛК0 = 0,000015
ЛК16= 0,00080	ЛК16= 0,00006
ЛК50= 0,10000	ЛК50 = 0,00537
ЛК84= 10,08403	ЛК84 = 0,48499
ЛК100= 51	ЛК100= 0,57737
S = 508.8	S = 188,4
	Jcum=203,5

Анализируя полученные данные, установлено, что для дафний недействующей является концентрация 0,00001 мг/л., а пороговой - 0,00006 мг/л.

Таким образом, по показателю выживаемости пороговой концентрацией является 0,00006 мг/л., недействующей концентрацией является 0,000015 мг/л.

Гербицид Зино относится к 1 классу токсичности для водных организмов, согласно ГОСТ 32424-2013 «Классификация опасности химической продукции по воздействию на окружающую среду. Основные положения».

Гербициды могут попадать в водоемы через поверхностный сток с полей, инфильтрацию в грунтовые воды или при прямом применении для борьбы с водной

растительностью. Воздействие гербицидов на зоопланктон влечёт за собой высокую смертность данных организмов, что уменьшает кормовую базу для рыб и негативно воздействует на биоразнообразие водных экосистем .

Литература

1. Hu, Kun & Wang, Zhiyong & Coleman, Guy & Bender, Asher & Yao, Tingting & Zeng, Shan & Song, Dezhen & Schumann, Arnold & Walsh, Michael. Deep learning techniques for in-crop weed recognition in large-scale grain production systems: a review. //Precision Agriculture. 2023. Vol.25. Pp.1-29. DOI: 10.1007/s11119-023-10073-1.
2. Krinsky, Sheldon. Can Glyphosate-Based Herbicides Contribute to Sustainable Agriculture?. //Sustainability. 2021. Vol.13. P.2337. DOI: 10.3390/su13042337
3. Sălceanu, Calin & Paraschivu, Mirela & Cotuna, Otilia & Sărațeanu, Veronica & Prioteasa, Marilena & Flondor, Iuliana. GLOBAL PESTICIDE MARKET: SIZE, TRENDS, FORECASTS. // Annals of the University of Craiova - Agriculture Montanology Cadastre Series. 2023. Vol. 52. Pp.146-157. DOI: 10.52846/aamc.v52i2.1401.
4. Волгина Т.Н., Новиков В.Т., Резузова Д.В. Пути распространения пестицидов в объектах окружающей среды // Региональные проблемы. 2010. Т.13. №1. С.76-81
5. Покорни Я., Куликова Х. Влияние пестицидных препаратов на качество воды водоёмов // Гигиена и санитария. 1974. №1. С.89-91
6. Ghosh, T. S., Rana, S., Pal, P., & Mallick, B. Herbicidal impacts on freshwater zooplankton. // International Journal of Advanced Research Trends in Science. 2023. Vol. 2(1). Pp.36–41.
7. Newbold, C. Herbicides in aquatic systems. // Biol Conserv, 1975. Vol. 2. Pp.97-118.
8. C. Dounas, I. Davies, G. Triantafyllou, P. Koulouri, G. Petihakis, C. Arvanitidis, G. Surlatzis, A. Eleftheriou. Large-scale impacts of bottom trawling on shelf primary productivity //Cont. Shelf Res. 2007. Vol. 27 (17). Pp. 2198-2210
9. Fairchild, J.F., & Sappington, L.C. Fate and effects of the triazinone herbicide metribuzin in experimental pond mesocosms. //Archives of environmental contamination and toxicology. 2002.

Vol. 43(2). Pp.198–202.

10. Štěpánová, Stanislava & Doleželová, Petra & Plhalová, Lucie & Prokeš, Miroslav & Maršálek, Petr & Škorič, Miša & Svobodová, Zdeňka. The effects of metribuzin on early life stages of common carp (*Cyprinus carpio*). // *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 2012. №103. Pp. 152–158. DOI: 10.1016/j.pestbp.2012.04.013.

11. Husak, V.V., Mosiichuk, N.M., Maksymiv, I.V., Storey, J.M., Storey, K. B., & Lushchak, V. I. Oxidative stress responses in gills of goldfish, *Carassius auratus*, exposed to the metribuzin-containing herbicide Sencor. // *Environmental toxicology and pharmacology*. 2016. Vol. 45. Pp.163–169. DOI: 10.1016/j.etap.2016.05.028.

12. Maksymiv, I.V., Husak, V.V., Mosiichuk, N.M., Matviishyn, T.M., Sluchy, I.Y., Storey, J.M., Storey, K.B., & Lushchak, V.I. Hepatotoxicity of herbicide Sencor in goldfish may result from induction of mild oxidative stress. // *Pesticide biochemistry and physiology*. 2015. Vol. 122, Pp.67–75. DOI: 10.1016/j.pestbp.2014.12.020.

13. Plhalová, L., Stepanova, S., Praskova, E., Chromcova, L., Zelnickova, L., Divisova, L., Skoric, M., Pistekova, V., Bedanova, I., & Svobodova, Z. The effects of subchronic exposure to metribuzin on *Danio rerio*. // *TheScientificWorldJournal*. 2012, 728189. DOI: 10.1100/2012/728189.

14. Velisek, Josef & Svobodova, Z. & Piackova, Veronika & Novotny, Ladislav & Blahová, Jana & Zusková, Eliška & Maly, V. Effects of metribuzin on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). // *Veterinarni Medicina*. 2008. Vol. 53. Pp.324-332. DOI: 10.17221/1857-VETMED.

15. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов» Разрешённых к применению на территории Российской Федерации / Министерство сельского хозяйства России - 2024

16. Polla, Wanda & Regaldo, Luciana & Reno, Ulises & Popielarz, A. & Gervasio, Susana & Fernández, V. & Gagnetten, Ana María. Effect of a glyphosate formulation on freshwater plankton: A community combined metric approach. // *Journal of Environmental Biology*. 2022. Vol. 43. Pp.35-42. DOI: 10.22438/jeb/43/1/MRN-1471.

Kalyuzhnaya Olga
**THE EFFECT ON DAPHNIA SURVIVAL OF THE
HERBICIDE ZINO (700 G/KG OF METRIBUZIN)**

*Peoples Friendship University of Russia named after Patrice
Lumumba, Russia*

In this study, the main goal is to investigate the main toxicity parameters of the herbicide Zino for *Daphnia magna* Straus in acute and chronic experience. Herbicide concentrations were studied 0,0001; 0,0005; 0,0025; 0,01; 0,05; 0,25; 1,0; 5,0; 25,0 and 100.0 mg/l . The threshold concentration for daphnia in terms of survival is 0.00006 mg/l. The herbicide belongs to the 1st class of toxicity to aquatic organisms. The ingress of Zino into the reservoir, even in small concentrations, leads to a decrease in zooplankton biomass. Further studies of the effects of metribuzin on other parameters of toxicity for zooplankton, as well as on other components of aquatic ecosystems, are needed to determine the maximum permissible concentration of the substance in reservoirs.

Каплевский А.А.
**ДИНАМИКА ФИТОЦЕНОЗА ЕЛЬНИКА
ЗЕЛЕНЧУКОВОГО ПОСЛЕ ВСПЫШКИ
ЧИСЛЕННОСТИ КОРОЕДА-ТИПОГРАФА**

*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова,
Россия*

Dron_of_geobot@list.ru

Проведено сравнение динамики в течение 7 лет среднего числа видов на постоянных пробных площадях, заложенных в фитоценозе ельника зеленчукового после его гибели от короеда-типографа с сохранившимися после вспышки участками леса при проведении сплошной санитарной рубки сухостоя ели и сохранении сухостоя. Развитие вырубki идёт через травяную и кустарниковую стадию, со значительным повышением биоразнообразия, при сохранении погибшего древостоя сообщество остаётся близким к исходному лесу.

В XXI веке в европейской части России активно происходит изменение климата, увеличение числа засушливых жарких периодов весной и летом. Это ухудшает физиологическое состояние елей, растущих вне оптимальных условий увлажнения на суглинистых почвах, и они часто гибнут при массовых ветровалах, типичных для европейской таежной зоны [1]. Наличие на свежих ветровалах большого объёма ещё живой древесины вываленных деревьев, не способных к защите приводит к активному размножению фоновых лубоедов, в частности, короеда типографа. За счёт этого, его локальные очаги размножения превращаются в пандемические [2, 3]. Такое явление наблюдалось в европейской части России в 1999-2006 и 2010-2014 годах.

На территориях, где произошла гибель леса от вспышек численности короеда-типографа, применяются две технологии ведения лесного хозяйства: сплошная санитарная рубка сухостоя и его сохранение для естественного восстановления леса. Мы провели сравнение динамики фитоценоза при применении этих технологий.

На следующий год после гибели фитоценоза ельника зеленчукового в результате вспышки численности короеда-типографа в 2012 году, нами были заложены рядом три постоянные пробные площади по 800 м². Первая – на участке с неповрежденным древостоем ели (контроль), вторая – в ельнике зеленчуковом: с погибшим древостоем ели (короедник), третья - на сплошной санитарной вырубке сухостоя ели (вырубка). Каждая пробная площадь разбита на 8 площадок размером 10x10м². Для каждой площадки выявили полный видовой состав растений с указанием проективного покрытия каждого вида. Исследования проведены ежегодно с 2014 по 2020 год по единой методике.

Мониторинг растительности в течение 7 лет выявил главную особенность в динамике видового богатства после сплошной санитарной рубки (табл. 1). В 2014-2016 годах среднее число видов на площадках вырубки значительно увеличилось по сравнению с исходным лесом. После полного уничтожения древостоя, подроста, подлеска при значительных нарушениях травяно-кустарничкового яруса и почвы в результате трелевки стволов трактором, расчистки и сжигания порубочных остатков образовалось травяное сообщество. Можно говорить о классическом варианте вторичной сукцессии после вырубки леса [4].

Таблица 1. Динамика среднего числа видов на постоянных пробных площадях 10 на 10м в 2014-2020 году.

ППП	$\bar{x} \pm m_x$						
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Контроль	16,38 ±0,18	18,13 ±0,31	17,75 ±0,28	18,25 ±0,22	17,25 ±0,23	17,25 ±0,2	17,88 ±0,3
Короедник	16,5 ±0,38	21,38 ±0,44	18,63 ±0,44	20,38 ±0,29	20,13 ±0,3	19,01 ±0,35	19,75 ±0,24
Вырубка	14,38 ±0,46	35,0 ±0,94	34,75 ±0,82	28,5 ±0,88	20,5 ±0,7	19,38 ±0,73	19,38 ±0,53

Сравнение вырубki и контроля							
U*	24,0	0,00	0,00	7,5	20,5	25,0	22,5
p**	0,40	0,00	0,00	0,01	0,23	0,46	0,32
Сравнение короедника и контроля							
U*	0,49	0,12	0,25	0,09	0,02	0,207579	0,14
p**	25,5	17,5	19,0	16,0	10,5	20,0	18,0

* Значимость различий выборок числа видов на пробных площадях определяли с помощью Mann-Whitney U test.

** p - значимость различий, выделены значения менее 0,05 (95%)

Значимые различия короедника и контроля отмечены только в 2018 году, изменения числа видов были менее резкими и составляли, в среднем, 1-3 вида, в то время, как на вырубке появилось 10 более видов.

Через 4 года после вспышки численности короеда-типографа ценотический спектр исходного ельника (контроль) мало отличается от фитоценоза короедника (Рис. 1). А после проведения сплошной санитарной рубки новый фитоценоз принципиально отличается от исходного, на травяной стадии сукцессии число видов увеличилось за счет видов ценотических групп, не характерных для исходного ельника, луговых, сорно-луговых, болотных, лугово-болотных, сорно-болотных и сорно-водных. На их долю приходится 10% всех видов. Новые виды появились из почвенного запаса семян и из семян, занесенных ветром [5]. Фитоценоз этой травяной стадии сукцессии можно отнести к лесолуговому типу. Резко возросла доля сорных видов. Число лесных видов незначительно сократилось, но их доля уменьшилась.

В зависимости от технологии ведения лесного хозяйства, на территориях, где произошла вспышка численности короеда-типографа, можно выделить два направления развития фитоценоза. При сохранении погибшего древостоя или сразу формируется сообщество, близкое к исходному, но не тождественное ему. А при проведении сплошной

санитарной рубки образуется травяной фитоценоз, дальнейшее развитие которого пойдёт в направлении березняков и осинников, вероятность формирования елового или соснового леса не велика [6]. Но сама по себе травная стадия является важным этапом развития сообщества и на некоторое время значительно повышает его биоразнообразие [7]

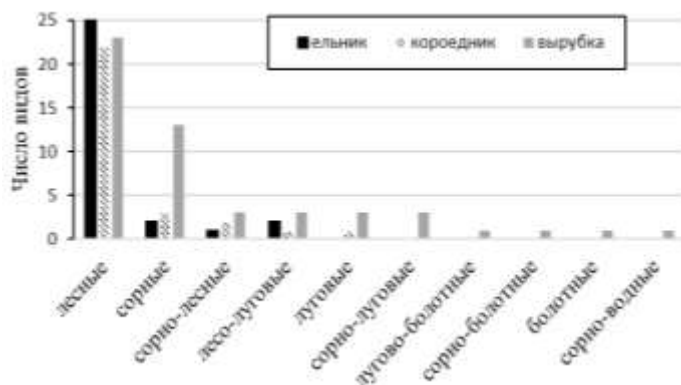


Рис.1. Спектры ценотических групп видов травяно-кустарничкового яруса и мохового покрова на постоянных пробных площадях в 2016 году.

Оба пути ведения лесного хозяйства на территориях, где погиб древостой, имеют свои плюсы и минусы. И сплошные санитарные рубки, и сохранение погибшего древостоя могут эффективно применяться для поддержания и сохранения биоразнообразия в лесах в зависимости от природных условий и сложившейся ситуации. Локальные вырубки способны повысить биоразнообразие фитоценоза, а сохранение погибшего древостоя позволяет сделать сообщество более стабильным.

Литература

1. Шихов А.Н., Чернокульский А.В., Калинин Н.А., Пьянков С.В. Ветровалы в лесной зоне России и условия их возникновения. Пермь, 2023. - 284 с.

2. *Маслов А.Д.* Короед-типограф и усыхание еловых лесов. М.: ВНИИЛМ, 2010. 138 с.
3. *Bark Beetle Management, Ecology, and Climate Change /Ed. by K.J.K. Gandhi, R.W. Hofstetter/ Elsevier, Academic Press. 2021.*
4. *Ulanova N.G.* The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review // *For. Ecol. and Management.* 2000. Vol. 135. № 1–3. Pp. 155–167.
5. *Уланова Н.Г., Чередниченко О.В.* Механизмы сукцессий растительности сплошных ветровалов южнотаежных ельников // *Изв. Самарского НЦ РАН.* 2012. Т. 14. № 1(5). С. 1399–1402.
6. *Уланова Н.Г.* Основные тренды динамика биоразнообразия после природных и антропогенных «катастроф» в ельниках европейской части России // *Вестн. Тверского гос. ун-та. Сер. биология и экология.* 2018. № 3. С. 317–335.
7. *Fornwalt P.J., Rhoades Ch. C., Hubbard R.M., et al* Short-term understory plant community responses to salvage logging in beetle-affected lodgepole pine forests // *For. Ecol. and Management.* 2018. Vol. 409. P. 84–93.

Andrey A. Kaplevsky

DYNAMICS OF SPRUCE FOREST PHYTOCENOSIS AFTER BARK BEETLE OUTBREAK

Lomonosov Moscow State University

The dynamics of the average number of species in permanent study plots established in the phytocenosis of green spruce forest after its death by the bark beetle was compared with the forest areas preserved after the outbreak, when the spruce deadwood was cut and the deadwood preserved. The development of the clear-cut forest proceeds through the herbaceous and shrub stage, with a significant increase in biodiversity, while the community remains close to the initial forest by preserving the dead stand.

Кашкаров Р.Д., Митропольская Ю.О.
ОПЫТ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА РЕДКИХ
ВИДОВ ТЕРИОФАУНЫ УЗБЕКИСТАНА В РАЗРЕЗЕ
АДМИНИСТРАТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Институт зоологии Академии наук Республики Узбекистан
roman.kashkarov@iba.uz

В публикации представлен первый опыт сравнительного анализа состояния популяций редких видов млекопитающих трех административных областей восточной части страны – Ташкентской, Сырдарьинской и Джизакской. В основе анализа – результаты проведенной в 2018-2024 гг. инвентаризации фауны позвоночных животных, и использование четырех стандартизированных показателей: современные видовые списки наземных позвоночных животных Узбекистана; фиксированный двухуровневый список основных типов экосистем; стандартный список основных угроз, приводящих к потере биоразнообразия; комплекс индикаторов для оценки значимости фаунистического разнообразия.

Стенобионтные виды животных являются хорошими индикаторами состояния местообитаний. Особенно показательны в этом отношении редкие виды млекопитающих - важные компоненты экосистем, достаточно консервативные в территориальном плане благодаря особенностям своей биологии [1]. В период с 2018 по 2024 гг., в рамках фундаментальных научных исследований лаборатории позвоночных животных Института зоологии Академии наук Республики Узбекистан, была проведена инвентаризация фауны позвоночных животных в сопредельных административных областях восточной части республики – Ташкентской, Сырдарьинской и Джизакской (рис. 1). В настоящей статье, впервые для Узбекистана, представлен опыт сравнительного анализа состояния популяций редких видов млекопитающих указанных областей по 4 ранее разработанным стандартным показателям [1]. Исследования демонстрируют значимость данного подхода для выявления наиболее острых природоохранных проблем

и определения путей их решения.

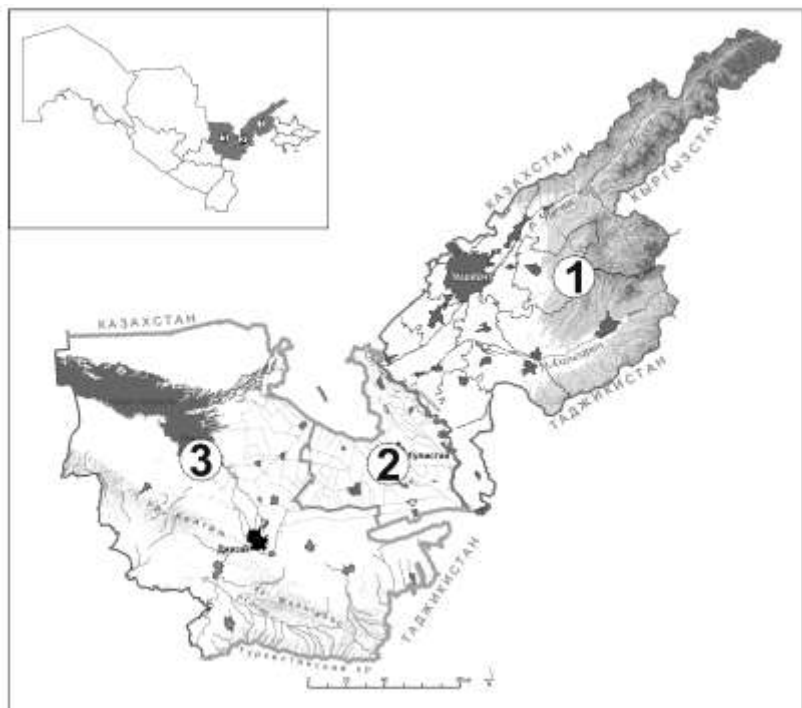


Рис. 1. Территория исследований - Ташкентская (1), Сырдарьинская (2) и Джизакская (3) области восточной части Узбекистана

Важным показателем, определяющим состояние фаун, является ландшафтная характеристика областей:

Площадь Ташкентской области – 15 250 км². Более 4 700 км² ее юго-западной части представлена в основном равнинными агроландшафтами в междуречье двух крупных рек – Чирчика и Ахангарана. Более 10 000 км² северо-восточной части области – отроги горной системы Западного Тянь-Шаня с обширными низкогорьями. На территории области выделено 16 основных типов местообитаний, в которых обитают 68 видов млекопитающих 6 отрядов и 21 семейства [1].

Современная площадь Сырдарьинской области – 4 280 км², ее полностью равнинная территория представлена естественными понижениями – Джетысайской и Сардобинской впадинами, небольшими озерами, в восточной части – речными террасами реки Сырдарьи, небольшими водоемами, отдельными массивами приречных песков и тугайного леса. Это наиболее освоенная из всех административных областей – ее агроландшафты составляют порядка 3 700 км². Здесь выделено 9 основных типов местообитаний, в которых зарегистрировано 38 видов млекопитающих 6 отрядов и 15 семейств [2].

Площадь Джизакской области составляет 21 210 км². Более 4 500 км² занимают предгорья и среднегорья западной части Туркестанского хребта и хребта Нуратау. Более 3 600 км² северной части области занимают водно-болотные угодья Айдар-Арнасайской системы озер, и около 2 100 км² – восточная часть пустыни Кызылкум. Порядка 6 000 км² области от северного подножия Туркестанского хребта до южного побережья Айдар-Арнасайской системы озер – типичные агроландшафты. Территория области включает 20 типов местообитаний, а фауна млекопитающих – 67 видов 6 отрядов и 19 семейств [3].

По результатам инвентаризации, современная фауна млекопитающих Ташкентской, Сырдарьинской и Джизакской областей достоверно включает 15 редких и находящихся под угрозой исчезновения видов, относящихся к 5 отрядам (табл.1).

10 видов млекопитающих, достоверно обитающих в Ташкентской области, занесены в национальную Красную книгу, 5 из них имеют статусы глобально угрожаемых. 1 вид – красный волк, является угрожаемым на глобальном уровне, но не включен в национальную Красную книгу, так как за последние 80 лет на территории страны отмечен не был, и современное обитание вида в области требует подтверждения. Также требует подтверждения обитание в области манула, включенного в национальную Красную книгу

и угрожаемого на глобальном уровне [1].

Таблица 1. Современный видовой редких видов млекопитающих на территории исследований

№	Название	Природоохранный статус		Обитание в областях		
		UzRDB	IUCN	Та	Сы	Дж
МАММАЛИА - МЛЕКОПИТАЮЩИЕ						
Отряд INSECTIVORA - НАСЕКОМОЯДНЫЕ						
Семейство ERINACEIDAE - ЕЖОВЫЕ						
1	<i>Hemiechinus hypomelas</i> - Длинноиглый еж	3(NT)		-	-	+
Отряд CHIROPTERA - РУКОКРЫЛЫЕ						
Семейство RHINOLOPHIDAE - ПОДКОВОНОСЫЕ						
2	<i>Rhinolophus hipposideros</i> - Малый подковонос	2(VU:D)		+	-	+
Семейство VESPERTILIONIDAE – ГЛАДКОНОСЫЕ						
3	<i>Otonycteris hemprichi</i> - Белобрюхий стрелоух	2(VU:R)		-	▼	+
Семейство MOLOSSIDAE - СКЛАДЧАТОГУБЫЕ						
4	<i>Tadarida teniotis</i> - Широкоухий складчатогуб	2(VU:R)		+	-	-
Отряд RODENTIA - ГРЫЗУНЫ						
Семейство SCIURIDAE – БЕЛИЧЬИ						
5	<i>Marmota menzbieri</i> – Сурок Мензбира	1(EN)	VU	+	-	-
Семейство ALLACTAGIDAE						
6	<i>Allactaga vinogradovi</i> Тушканчик Виноградова	2(VU:R)		-	-	+
Отряд CARNIVORA – ХИЩНЫЕ						
Семейство CANIDAE – ПСОВЫЕ						
7	<i>Vulpes corsac</i> - Корсак	2(VU:D)		+	+	+
8	<i>Cuon alpinus</i> – Красный волк	-	EN	+	-	-
Семейство MUSTELIDAE – КУНЫ						

9	<i>Mustela eversmanni</i> - Степной хорек	2(VU:D)		+	+	+
10	<i>Vormela peregusna</i> – Перевязка	2(VU:D)	VU	+	+	+
Семейство <i>URSIDAE</i> – МЕДВЕЖЬИ						
11	<i>Ursus arctos isabellinus</i> - Тяньшанский бурый медведь	2(VU:R)		+	-	+
Семейство <i>FELIDAE</i> – КОШАЧЬИ						
12	<i>Felis manul</i> - Манул	4(DD)	NT	+	-	-
13	<i>Caracal caracal</i> - Каракал	1(CR)		-	-	+
14	<i>Lynx lynx isabellinus</i> - Туркестанская рысь	2(VU:D)		+	-	+
15	<i>Panthera uncia</i> – Снежный барс	1(CR)	VU	+	-	+
Отряд <i>ARTIODACTYLA</i> – ПАРНОКОПЫТНЫЕ						
Семейство <i>BOVIDAE</i> – ПОЛОРОГИЕ						
16	<i>Gazella subgutturosa</i> - Джейран	2(VU:D)	VU	-	▼	+
17	<i>Ovis ammon severtzovi</i> - Баран Северцова	2(VU:D)	NT	-	-	+
18	<i>Ovis ammon karelini</i> - Тяньшанский горный баран	4(DD)	NT	+	-	-
Всего видов		15	9	10	3	12

Примечание: **UzRDB** – вид включен в Красную книгу Узбекистана [4]; **IUCN** – вид имеет статус глобально-угрожаемого [5]; **Та** – Ташкентская область; **Сы** – Сырдарьинская область; **Дж** – Джизакская область; +/- присутствие/отсутствие в области; ▼ - исчез из фауны.

В Сырдарьинской области в настоящее время зарегистрировано 3 вида млекопитающих, включенных в национальную Красную книгу [2]. Среди них только перевязка является угрожаемым на глобальном уровне. 2 вида – белобрюхий стрелоух и джейран – исчезли за последние 50 лет с территории области в связи с антропогенной трансформацией местообитаний.

В фауне Джизакской области 12 видов млекопитающих,

занесенных в национальную Красную книгу. 4 из них также являются угрожаемыми на глобальном уровне. Обитание еще одного редкого вида – каракала, требует уточнения [6].

Сравнительный анализ состояния фаун по 4 индикаторам и 10-балльной шкале [7] показал следующее.

Экосистемная репрезентативность Ташкентской области оценена в 7,2 балла, а Джизакской 9,1. Разница в 1,9 балла объясняется естественным отсутствием в Ташкентской области ландшафтов пустынь и останцовых низкогорий. Соответственно, индекс редких видов Ташкентской области (3,1) на 0,6 балла в ниже, чем в Джизакской (3,7). Общие показатели состояния фаун редких млекопитающих для Ташкентской и Джизакской областей составляют 3,8 и 4,2 балла соответственно.

Равнинный рельеф и высокий уровень хозяйственного освоения Сырдарьинской области закономерно определяют значительно более низкую экосистемную репрезентативность (4,1 балла) и, соответственно, малое количество и низкий индекс редких видов в ее фауне (0,9 балла). Итоговый средний показатель состояния фауны редких видов составляет 1,4 балла.

Важным показателем устойчивости фауны редких видов является уровень ее охраны. Для Ташкентской области этот показатель самый высокий – 3,1 балла, для Джизакской области – 2,3 балла. В Сырдарьинской области ОПТ I-IV категорий отсутствуют, что в совокупности с интенсивным сельскохозяйственным освоением крайне негативно отражается на состоянии фауны и ограничивает возможности для восстановления экосистем и мест обитаний.

Стандартный список типов местообитаний также позволяет проанализировать особенности территориального распределения редких и глобально угрожаемых видов млекопитающих в разрезе административных областей.

Из 10 обитающих на территории Ташкентской области редких и угрожаемых млекопитающих 8 исторически связаны

со средним и верхним поясами гор, где антропогенные воздействия проявляются значительно слабее. Это малый подковонос, широкоухий складчатогуб, сурок Мензбира, перевязка, тяньшанский бурый медведь, туркестанская рысь, снежный барс, тяньшанский горный баран. 2 вида - корсак и степной хорек являются равнинными обитателями. Для этих видов известны единичные современные встречи – только на неосвоенных участках адыров и залежных землях (неудобьях).

В отличие от Ташкентской, только 3 редких вида млекопитающих Джизакской области являются типичными обитателями среднегорий и высокогорий – тяньшанский бурый медведь, туркестанская рысь и снежный барс. 8 видов этой области – длинноиглый еж, белобрюхий стрелоух, тушканчик Виноградова, корсак, степной хорек, перевязка, каракал, джейран – типично равнинные, в основном пустынные обитатели, частично проникающие в нижний и средний пояса гор. В равнинной части Джизакской области они распространены достаточно широко, в основном на подгорных равнинах и адырах, благодаря наличию здесь обширных, непригодных для освоения территорий.

Более 85% площади Сырдарьинской области в настоящее время превращено в агроландшафты. Ее современная териофауна представлена только тремя редкими видами млекопитающих – корсаком, степным хорьком и перевязкой. Эти виды изредка встречаются на фрагментах сохранившихся природных территорий области – водно-болотных угодьях юго-восточной оконечности Чардаринского водохранилища, тугайных местообитаниях вдоль реки Сырдарья, неудобьях, прибрежных зарослях вокруг искусственно созданных водоемов, и даже в сельских населенных пунктах.

У обитателей всех трех областей – степного хорька и перевязки, наблюдается ряд отличий в использовании местообитаний. В Джизакской и Сырдарьинской областях оба эти вида, кроме пойменных участков и неудобий, также

отмечаются в сельских населенных пунктах. В Ташкентской же области степной хорек обитает только в естественных стациях и в неудобьях, а перевязка в равнинной части области исторически отсутствует. Здесь обитает высокогорная, вероятно эндемичная, форма этого вида, связанная с поселениями реликтового суслика и сурка Мензбира.

Таким образом, видовой состав и состояние редких и угрожаемых млекопитающих каждой административной области определяется ее естественными ландшафтными особенностями и историческим характером развития хозяйственной деятельности. Разнородность естественных ландшафтов является важным условием для сохранения фаун. Это нужно учитывать при планировании новых, а также при выборе приоритетных для развития существующих охраняемых природных территорий.

Литература

1. *Кашкаров Р.Д., Митропольская Ю.О., Грицына М.А., Тен А. Г., Абдураунов Т. В.* Фауна и система мониторинга позвоночных животных Ташкентской области: комплект информационно-методических материалов для природопользователей в IV частях. Ташкент: Изд. Фан, 2020. - 503 с.
2. *Кашкаров Р.Д., Митропольская Ю.О.* Хищные млекопитающие (Carnivora) равнинной части Центрального Узбекистана // Исследование живой природы Кыргызстана: Научный журнал Национальной академии наук Кыргызской Республики. 2024. №1-2. - С. 127-136
3. *Митропольская Ю.О.* Территориальный, видовой и природоохранный анализ фауны редких млекопитающих Джизакской области // Материалы III Республиканской научно-практической конференции «Зоологическая наука Узбекистана: современные проблемы и перспективы развития». – Ташкент, 2021. С. 278-782.
4. Красная книга Республики Узбекистана. Том 2. Животные. Ташкент: Изд. Chinor ENK, 2019. 378 с.
5. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2019-2.

[Электронный ресурс]. URL: [http:// www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

6. *Кашкарров Р.Д., Митропольская Ю.О.* Анализ современной фауны птиц и млекопитающих Сырдарьинской и Джизакской областей (Узбекистан) // Наземные позвоночные аридных и субаридных экосистем Арало–Каспийского региона. Материалы III Международной конференции, посвящённой памяти выдающегося орнитолога, натуралиста и путешественника Николая Алексеевича Зарудного. – Россия, Оренбург, 2023. – С. 78-87.

7. *Yuliya Mitropolskaya, Roman Kashkarov.* Complex of indicators as basis for assessment of significance of different territories of Uzbekistan for conservation of faunistic diversity of mammals: // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 555. Article № 04004.

Kashkarov R.D., Mitropolskaya Yu.O.
**EXPERIENCE OF COMPARATIVE ANALYSIS OF RARE
SPECIES OF THERIOFAUNA OF UZBEKISTAN
IN THE CONTEXT OF ADMINISTRATIVE REGIONS**

Institute of Zoology of Academy of science of Republic of Uzbekistan

The publication presents the first experience of comparative analysis of the status of populations of rare mammal species in three administrative regions of the eastern part of the country - Tashkent, Syrdarya and Jizzak. The analysis is based on the results of the vertebrate fauna inventory conducted in 2018-2024, and the use of 4 standardised parameters: modern species lists of terrestrial vertebrates of Uzbekistan; a fixed two-level list of the main types of ecosystems; a standard list of the main threats leading to biodiversity loss; a set of indicators to assess the significance of faunal diversity.

*Колунова Р.И., Польшина Г.В.,
Польшина О.Е., Вязникова А.Д.*

**НЕКОТОРЫЕ ИТОГИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОЦЕССА
ЗАРАСТАНИЯ ПЕСЧАНОГО МАССИВА САРЫКУМ**

Российский университет дружбы народов

им. Патриса Лумумбы

galinapolynova@mail.ru

Двухлетние геоботанические исследования растительности песчаного массива Сарыкум показали существование процесса зарастания у подножия и на юго-восточном склоне территории. Наличие зарастания подтвердил и анализ спутниковых снимков эколого-фитогеографического картографирования. Зарастание идет со скоростью 4,22 – 4,85 % за десятилетие.

Флора песчаного массива Сарыкум – уникального уголка природы Дагестана – на протяжении более ста лет является предметом изучения ученых [1]. Особый интерес к растительности крупнейшего эолового образования Евразийского континента определяется происходящим в последние несколько десятилетий процессом зарастания открытых песков, ведущим к кардинальному изменению экосистем территории и влияющим на численность псаммофильных видов животных. Начальные результаты наших исследований зарастания доложены на трех конференциях [2-4]

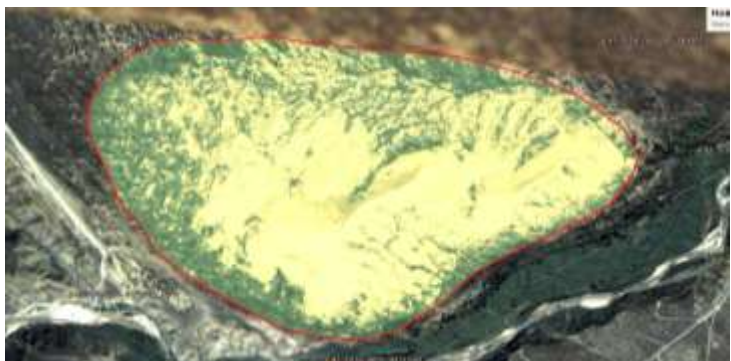
Основная цель данного этапа работы – оценить зарастание песчаного массива Сарыкум с помощью спутниковых снимков.

На первом этапе исследований, проведенного в начале мая 2023 и 2024 гг., было заложено и описано 19 геоботанических площадок размером 5×5 м у основания песчаного массива по профилю юго-восточного склона и 13 площадок на открытых песках гребня барханной гряды, и сделано описание видового состава растительности с оценкой обилия по методу Браун-Бланке [5]. Двухлетние наблюдения показали наличие процессов зарастания по профилю у подножия бархана [4].

Для подтверждения полученных данных использован картографический метод с применением геоинформационного эколого-фитогеографического картографирования [6], позволяющий при помощи системы ArcGIS проанализировать спутниковые снимки растительности песчаного массива Сарыкум. Поиск спутниковых архивных снимков осуществлялся с использованием платформы Google Earth [7]. В анализ включили материалы 2002, 2011 и 2021 гг.

Как показали наши геоботанические исследования, по профилю юго-восточного склона общий видовой состав растительности увеличился почти в 2 раза и на всех участках прошла смена доминантов [4]. При этом процессы зарастания не затронули открытые пески гребня барханной гряды. Такая разница связана с неоднородностью физико-географических условий. У подножия ветра ослаблены, пески гораздо менее подвижны и более увлажнены, что создает условия для разнообразия и обилия растительного покрова. Кроме того, именно у подножия песчаного массива отмечено увеличение видового разнообразия за счет внедрения сорных видов наряду с выпадением представителей коренных сообществ [8]. Напротив, в верхней части массива пески очень подвижны и иссушены ветрами, что определяет обеднение флоры.

Происходящий процесс зарастания песчаного массива Сарыкум подтверждают результаты анализа спутниковых снимков. На рис. 1 представлен ход зарастания с 2002 по 2021 гг. с периодом в 9 лет. Атрибутивные таблицы показывают, что площадь полигонов, занятых растительностью в 2002 г. составила 2,609 км², а площадь не заросших песков – 4,750 км². Те же показатели в 2011 г. составили 2,9198 км² и 4,4399 км², а в 2021 г. – 3,2768 км² и 4,08297 км².



a



b



c

Рис.1. Спутниковые снимки зарастания песчаного массива Сарыкума, август-сентябрь: а – 2002 г.; б – 2011 г.; с – 2021 г.

Если оценить процесс зарастания в процентах, то в 2002 г. заросшая площадь составила 35,45%, в 2011 – 39,67 %, в 2021 – 43,85 %.

а в 2021 – 44,52%. Таким образом зарастания идет достаточно интенсивно с приростом за каждые 9 – 10 лет на 4,22 – 4,85%.

Проведенный анализ спутниковых снимков подтвердил описанную нами на юго-восточном склоне положительную динамику зарастания песчаного массива Сарыкум на 4,22-4.85% каждые 9-10 лет. Поскольку при оценке зарастания не учитывалась годовичная флуктуация растительности, процент требует уточнения.

Литература

1. *Аджиева А.И.* Некоторые итоги изучения растительного покрова бархана Сарыкум (Дагестан) // Вестник Дагестанского университета, 2007. Вып. 4. С. 44 – 47.
2. *Полынова Г.В., Полынова О.Е., Иикина Р.Э., Вязникова А.Д.* Растительность подножия песчаного массива Сарыкум, Дагестан // Вестник евразийской науки. 2024. Т. 16. № 1. 8 с. URL: <https://esj.today/PDF/78NZVN124.pdf>
3. *Полынова Г.В., Полынова О.Е., Иикина Р.Э., Вязникова А.Д.* Сравнительная характеристика видового состава флоры основных фитоценозов песчаного массива Сарыкум // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник трудов XXV международной научно-практической конференции (Москва, 26–28 апреля 2024 г.) М.: РУДН. Т. 1. С. 176 – 179.
4. *Полынова Г.В., Полынова О.Е., Иикина Р.И., Вязникова А.Д.* Годичная флуктуация растительности подножия песчаного массива Сарыкум // Геоэкология: теория и практика: сборник научных трудов по материалам Всероссийской студенческой конференции с международным участием 22–23 ноября 2024 г. М.: РУДН, 2024. С. 249 – 254.
5. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Метод классификации растительности по БраунБланке в России // Журнал общей биологии, 2009. Т. 70, № 1. С. 66 – 77.
6. *Гайда В.В., Ротанова И.Н.* Эколого-фитогеографическое картографирование территории Алтайского края // Тематические карты и атласы: современные концепции научного содержания, новые технологии создания и использования: Материалы XI

Международной научной конференции по тематической картографии, 29 ноября – 2 декабря 2022 г., Иркутск. С. 77 – 80.

7. Афанасьев М.А., Калашикова Л.Г. Использование материалов космических съемок с целью картографирования в ГИС-пакете ArcGIS [Электронный ресурс] // Огарев-online. 2015. No24. доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/ispolzovanie-materialov-kosmicheskikh-semok-s-celyu-kartografirovaniya-v-gis-pakete-arccgis> (дата обращения 20.05.2024).

8. Ибрагимов С.М., Ибрагимова П.М. Экологические проблемы бархана Сарыкум // Материалы межрегиональной научно-практической конференции «Актуальные проблемы особо охраняемых природных территорий» и Республиканского конкурса краеведческих исследовательских работ «Актуальные проблемы особо охраняемых природных территорий» (Махачкала, 12–13 апреля 2018 г.) / Махачкала: RIZO-PRESS. 2018. С. 11–13.

R.I. Kolunova, G.V. Polynova, O.E. Polynova, A.D. Vyaznikova
COMPARISON OF THE FLORA OF THE MAIN
PHYTOCOENOSES ON THE SARYKUM SANDY MASSIF
Peoples Friendship University of Russia named after Patris Lumumba
(RUDN University)

Two-year geobotanical studies of the vegetation on the Sarykum sandy massif have shown the existence of an overgrowing process at the foot and on the south-eastern slope of the territory. The presence of overgrowing was also confirmed by the analysis of satellite images of ecological-phytogeographic mapping. Overgrowing occurs at a rate of 4.22 - 4.85% per decade.

Лебедовская М.В.
ОБРАСТАНИЕ СЕТНЫХ МАТЕРИАЛОВ
В ЧЕРНОМ МОРЕ

198 Научно-исследовательский центр Министерства Обороны
Российской Федерации, г. Севастополь, Россия
lebedovskaya.margarita@yandex.ru

Исследованы особенности формирования сообщества обрастания экспериментальных сетей из различных материалов в условиях бухты Казачья Черного моря. Мшанка *Cryptosula pallasiana* является доминирующим видом в сообществе обрастания возрастом четыре – восемь месяцев на глубине 2 м.

Сетные ограждения, применяемые в рыбоводстве и при содержании морских животных, могут испытывать динамические нагрузки под действием сил ветра, волн и течений, кроме того, прочность любого сооружения в морской воде изменяется под действием обрастания гидробионтами. Нагрузка на сетные материалы под действием воды, проходящей сквозь них, постепенно увеличивается при развитии сообщества обрастания. Скорость формирования сообщества обрастания искусственных субстратов и последовательность доминирования в сообществе отдельных видов, связаны как с гидрологическими, гидрохимическими условиями и биоценозом обрастателей, сформированным в конкретной акватории, так и свойствами субстрата [1, 2].

Целью нашей работы было выявить особенности формирования сообщества обрастания сетных материалов разных типов (из полиэтилена, полипропилена, полиамида, полистила) в условиях Черного моря. Исследования проводили в бухте Казачья Черного моря, расположенной на юго-западной оконечности Крымского полуострова.

Экспериментальный стенд представляет собой разборную конструкцию, состоящую из 36 экспериментальных ячеек, погруженных в воду на глубину 2 м. Каждая экспериментальная ячейка размером 300 х 300 мм состояла из пяти рам

с размещенными на них сетными материалами. В качестве сетных материалов использовались: дель узловая, изготовленная из плетеного полиэтиленового шнура диаметром 3 мм, с ячейей 50 x 50 мм; дель безузловая полипропиленовая, диаметр нити - 3 мм, размер ячейи – 40 x 40 мм; дель безузловая полиамидная (капроновая), диаметр нити - 3 мм, размер ячейи – 50 x 50 мм; дель узловая из полиамидного плетеного шнура диаметром 3 мм, размер ячейи – 50 x 50 мм; дель узловая из шнура крученого полистилового диаметром 3 мм, с ячейей – 50 x 50 мм.

Для проведения лабораторных исследований ежемесячно осуществляли подъем трех ячеек. Видовой состав и численность обрастателей определяли на живом материале под микроскопом МБС-10. Биомассу обрастания для каждого экспериментального образца вычисляли по разнице веса рамы с экспериментальным образцом, зафиксированного после экспонирования в морской воде и веса рамы с образцом до экспонирования в морской воде и пересчитывали на 1 м² поверхности сетных материалов, предварительно экспериментальные ячейки высушивали при комнатной температуре до постоянной массы. Всего обследовано 120 экспериментальных ячеек, экспонировавшихся в море с мая 2024 г. по январь 2025 г.

Для определения величины нагрузки, создаваемой потоком воды на сети, подвергшиеся обрастанию гидробионтами, использовали формулу 1, для расчета коэффициента сопротивления для узловой ячейи – формулу 2, для безузловой сети – формулу 3 [3, 4]:

$$F_c = 4,9 \rho \cdot v^2 \cdot A \cdot C_d, \quad (1)$$

где F_c – сила течения, действующая на сеть, Н;

C_d – коэффициент сопротивления ячейи;

ρ – плотность воды, кг/м³;

v – скорость течения, м/с;

A – площадь проекции сети, равная $2 ad$, м²;

a – номинальный размер ячеей, м;

d – диаметр нити, м.

Коэффициент сопротивления (C_d) для узловой ячейеи:

$$C_d = 1 + 3,77(d / a) + 9,37 (d / a)^2, \quad (2)$$

где a – номинальный размер ячейеи, м;

d – диаметр нити, м.

Коэффициент сопротивления (C_d) для безузловой ячейеи:

$$C_d = 1 + 2,73(d / a) + 3,12 (d / a)^2, \quad (3)$$

В течение восьми месяцев наблюдений в сообществе обрастания сетных материалов было зарегистрировано 20 видов макрообрастателей, относящихся к 7-ми крупным таксонам: гидроидные полипы – 1, усоногие раки – 1, мшанки – 2, полихеты – 1, двустворчатые моллюски – 1, оболочники – 2, макрофиты: зеленые водоросли (*Chlorophyta*) – 3, красные водоросли (*Rhodophyta*) – 6 и бурые водоросли (*Ochrophyta*) – 3. Количество видов обрастателей на сетных материалах разного типа отличалось друг о друга. Наибольшее количество видов обрастателей было зарегистрировано в летний период, через шесть месяцев экспонирования в морской воде: на сетных материалах из полиамида безузловое – 14, полиамида узлового – 13, наименьшее количество видов в этот период было отмечено на сетном материале из полиэтилена – 7 видов. Биомасса обрастания постепенно увеличивалась в зависимости от срока экспонирования в морской воде сетных материалов. Максимальные значения биомассы обрастания были зафиксированы через восемь месяцев экспонирования в морской воде на рамах с сетными материалами из полиамида безузловое и узлового (955,6 и 977,8 г/м²), минимальное значение – на раме из полистила(833,3 г/м²).

Отмечено, что значительное развитие колониальных асцидий *Botryllus schlosseri*, *Diplosoma listerianum*, мшанки *Cryptosula pallasiana* и гидроида *Obelia longissima* привело

к утолщению диаметра нитей сетных материалов до 10-12 мм. При сильных ветрах, направление которых совпадает с направлением потока, максимальная скорость течения в бухте Казачья может достигать 2,5 узлов (1,286 м/с) [5], плотность воды в поверхностном слое в Черном море составляет в среднем $1,013 \text{ г/см}^3$ (1013 кг/м^3) [6]. Коэффициенты сопротивления (C_d) различных сетных материалов до и после восьмимесячного пребывания в морской воде, рассчитанные по формулам (2) и (3) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Коэффициенты сопротивления (C_d) различных сетных материалов до и после пребывания в морской воде

Материал	Номинальный размер ячеи (a), м	Необросшая сеть		Обросшая сеть	
		диаметр нити, м	C_d	диаметр нити, м	C_d
Полиэтилен	0,05	0,003	1,26	0,0107	2,24
Полипропилен	0,04	0,003	1,22	0,0122	2,12
Полиамид безуз.	0,05	0,003	1,18	0,0104	1,70
Полиамид узл.	0,05	0,003	1,26	0,0115	2,36
Полистил	0,05	0,003	1,26	0,0102	2,16

Сила действия течения (F_c) скоростью 2,5 узла, оказывающего нагрузку на сетный материал из полиэтилена, полиамида узлового и полистила, вычисленная по формуле (1), составляет 3,1 Н для необросшего материала, а для материалов, находящихся в морской воде в течение восьми месяцев: 19,7; 22,3 и 18,1 Н, соответственно. Сила действия такого же течения на необросшие сетные безузловые материалы из полипропилена составляет 2,4 Н, полиамида безузлового - 2,9 Н, а для этих же материалов, подвергшегося обрастанию гидробионтами в течение восьми месяцев: 17,0 и 14,5 Н, соответственно.

Таким образом, через 8 месяцев экспонирования в морской воде сила действия течения скоростью 2,5 узла, оказываю-

щего нагрузку на обросший гидробионтами сетный материал, увеличивается по сравнению с не обросшим сетным материалом в 5 – 7 раз.

Литература

1. Раилкин А.И. Процессы колонизации и защита от биообрастания. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 1998. – 271 с.
2. Лебедовская М.В. Мшанки в сообществе обрастания искусственных субстратов в Черном море // Вестник РУДН, Москва, 2023 г. № 4. С. 313-322.
3. Уитон Ф. Техническое обеспечение аквакультуры. М.: Агропромиздат, 1985. – 328 с.
4. Милн П.Х. Морские хозяйства в прибрежных водах. М.: Пищевая промышленность, 1979. – 291 с.
5. Океанографічний атлас Чорного та Азовського морів. К: ДУ «Держгідрографія», 2009. – 356 с.
6. Национальный атлас России Т. 2. <https://nationalatlas.ru> (дата обращения 15.01.2025)

Lebedovskaya Margarita V. **THE FOULING COMMUNITIES ON NETS** **IN BLACK SEA**

*198 Research Center of Ministry of Defence of the Russian Federation,
Sevastopol*

The peculiarities of the formation of the fouling community on the experimental nets of different materials in the Kazachya Bay (Black Sea) were studied. The bryozoan *Cryptosula pallasiana* is the dominant species in the fouling community at four to eight months old at a depth of two meters.

Лукъянов Е.А., Жавкина Т.М., Андреева И.А
ОСОБЕННОСТИ ПЛОДОВ И СЕМЯН РАСТЕНИЙ
РОДА VITIS ИЗ КОЛЛЕКЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО
САДА САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва, Россия*
egor.luck@mail.ru

Родовой комплекс *Vitis* в коллекции Ботанического сада Самарского университета представлен 9 таксонами. Это долговечные, устойчивые экземпляры возрастом от 40 лет и более, регулярно формирующие плоды. Масса плодов составляет от 0,4 г (*Vitis acerifolia*) до 1,4 г (*V. vinifera* 'Alfa') с различными соотношениями доли семян и мякоти. Рентгенографическая оценка качества показала что изучаемые представители *Vitis* образуют от 80% и более хорошо выполненных семян

Род *Vitis* L., в состав которого входит от 68 до 80 видов, содержит 2 подрода – *Muscadinia* (3 вида) и *Euvitis* (все остальные виды и сорта) [1; 2, с.317; 3, с. 20; 4, с.83]. Род *Vitis* широко распространен в двух центрах разнообразия в северном полушарии: Восточная Азия (25-30 видов) и Северная Америка (30-40 видов). Несмотря на дизъюнкцию между континентами, его представители имеют общий генофонд без генетических барьеров, а межвидовые гибриды полностью фертильны. В культуре *V. vinifera* ssp. *vinifera* распространился за пределы первоначальной родины – Закавказья, где он был одомашнен 6000-8000 лет назад. Его прародитель *V. vinifera* ssp. *sylvestris*, ранее произраставший от Пиренейского полуострова, северной Африки и Средиземноморского региона до Балканского полуострова, Центральной Азии и Закавказья до гор Копетдага, в настоящее время существует в небольших изолированных популяциях в своем родном ареале [4, с.83]. Виды *Vitis* имеют огромное значение как источники биологически активных веществ, дикорастущие плодовые, ценнейший ресурс для создания селекционерами новых сортов винограда [5, с.61].

Экземпляры, относящиеся к видам рода *Vitis* L. в коллекции лиановых растений Ботанического сада Самарского университета, представлены 9 таксонами и особями возраста более 40 лет (таблица 1). Они располагаются в насаждениях экспериментального участка в открытом грунте на грядах (опорах). Зимнее укрытие не используется. По мере необходимости проводится полив растений. Растения в условиях лесостепи Среднего Поволжья показали долговечность и устойчивость, поражения их болезнями и вредителями не отмечено. Они регулярно плодоносят (могут страдать от весенних заморозков).

Таблица 1. Виды рода *Vitis* в коллекции Ботанического сада Самарского университета

№	Виды и сорта рода <i>Vitis</i>	Источник материала	Год посадки	Макс. возраст
1	<i>Vitis acerifolia</i> Raf.	ДБС	1973	52
2	<i>V. amurensis</i> Rupr.	БС ДВО РАН	1952, 1970, 1973	52
3	<i>V. cinerea</i> Engelm.	ДБС	1973; 1985	52
4	<i>V. coignetiae</i> Pulliat ex Planch.	БС ДВО РАН, 1970; ЦРБС, Киев 1985	1970; 1985	40
5	<i>V. labruska</i> L.	ДБС	1970	55
6	<i>V. riparia</i> Michx.	ДБС	1952 – 1954, 1973-1974	52
7	<i>V. vinifera</i> 'Alfa'	ДБС	1970	55
8	<i>V. vinifera</i> 'Bujutur'	ДБС	1965	60
9	<i>V. vulpina</i> L.	ДБС	1970	55

Плоды видов рода *Vitis*, сформированные нашими растениями, существенно различаются по массе, которая также может меняться по годам: от 0,4 г (*Vitis acerifolia*, 2022 г.) до 1,4 г (*V. vinifera* 'Alfa', 2022 г.). Для изучаемых видов характерны свои пропорции в распределении доли массы между семенами и мякотью ягод (рис. 1).

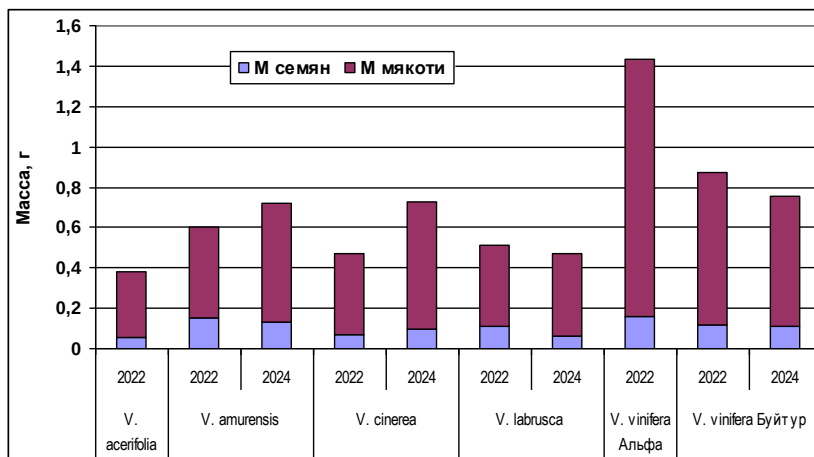


Рис. 1. Показатели массы плодов представителей рода *Vitis*

Для семян, формируемых растениями в культуре и в природных сообществах, специалистами Ботанического сада проводится рентгенографическая оценка качества [6, с.132]. Скрининг качества семян изучаемых представителей *Vitis* был выполнен нами для образцов 2022 и 2024 гг. (рис. 2).

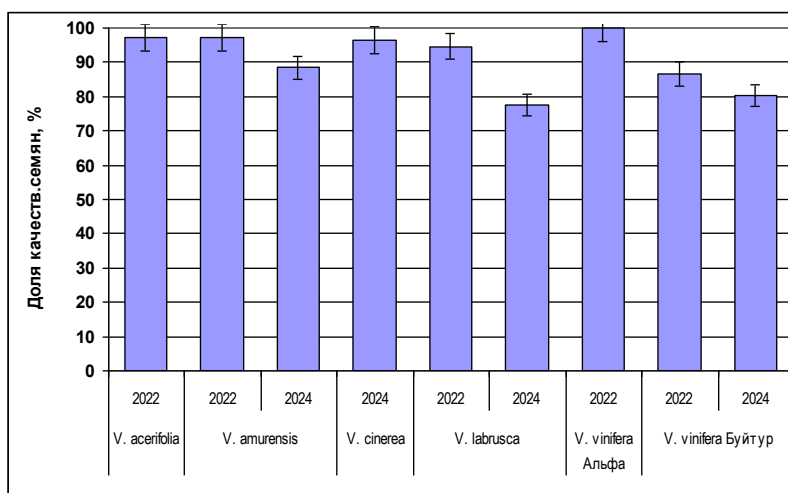


Рис. 2. Результаты рентгенографической оценки качества семян различных *Vitis*

Доля неполноценных (с недоразвитием внутреннего содержимого) семян у изучаемых растений крайне мала, в целом растения образуют от 80% и более хорошо выполненных семян, которые пригодны для посева, сохранения как материала в банке семян, а также рассылке по делектусам.

Литература

1. Vitaceae – The Plant List [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Vitaceae/> (дата обращения: 19.03.2025).
2. *M. Aradhya, B. H. Prins, A. M. Koehmstedt, J.E. Preece.* Genetic diversity, structure, and patterns of differentiation in the genus *Vitis* [Text]. Springer-Verlag (outside the USA), 2012. - 317 p.
3. *Wan Y., Schwaninger H.R. e.all.* A phylogenetic analysis of the grape genus (*Vitis* L.) reveals broad reticulation and concurrent diversification during neogene and quaternary climate change. // BMC Evolutionary Biology. 2013. Vol.13.(1) P. 141.
4. *Гусиев Э.К., Исригова Т.А., Салманов М.М.* Происхождение, распространение и таксономия дикорастущего винограда // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2020. № 65(5). С. 83.
5. *P.E. Rajasekharan, V.R. Rao.* Fruit and Nut Crops, Handbooks of Crop Diversity: Conservation and Use of Plant Genetic Resources [Text]. Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2024. 61 p.
6. *Янков Н.В., Рогулева Н.О., Кавеленова Л.М.* Рентгенографический скрининг в оценке качества семян видов природной флоры и интродуцентов / Российская ботаника в меняющемся мире. СПб.: Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 2023. – С. 132

Luk'yanov E.A., Zhavkina T.M., Andreeva I.A
**SOME FEATURES OF GENUS VITIS PLANTS FRUITS AND
SEEDS FROM COLLECTION OF THE BOTANICAL GARDEN
OF SAMARA UNIVERSITY**
Samara National Research University

The generic complex *Vitis* in the collection of the Botanical Garden of Samara University is represented by 9 taxa. These are stable specimens aged 40 years or more, regularly forming fruits. The weight of fruits ranges from 0.4 g (*Vitis acerifolia*) to 1.4 g (*V. vinifera* 'Alfa') with different ratios of seeds and pulp proportion. X-ray seeds quality assessment showed that studied *Vitis* plants form 80% or more well-formed seeds

Макаровский А.И.
Научный руководитель Поддубная Н.Я.
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВИДОВОГО
РАЗНООБРАЗИЯ НАЗЕМНЫХ
ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ (HETEROPTERA)
В УРБАНИЗИРОВАННЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ
ЗОНАХ ГОРОДА ЧЕРЕПОВЦА**

Череповецкий государственный университет

aimakarovskii@chsu.ru

Материал собран в 2023–2024 гг. в селитебных и промышленных зонах Череповца. Выявлено 25 видов наземных полужесткокрылых, что на 91,64% ниже среднего показателя по другим областям (299 видов). Снижение разнообразия, видимо, соответствует высокому уровню загрязнения воздуха и бедному состоянию растительности города Череповца.

Отряд Полужесткокрылые (Heteroptera) включает представителей достаточно крупных размеров, хорошо идентифицируемых и проявляющих определенные реакции на уровень загрязнения среды [1]. Значительный интерес в настоящее время вызывают исследования насекомых в трансформированных ценозах городов, особенно крупных промышленных центров [2]. Показатели структуры комплексов Heteroptera (численность, общее число видов, число редких и очень редких видов полужесткокрылых) снижаются при увеличении как уровня загрязнения атмосферного воздуха, так и частоты кошения травостоя [1].

Насекомые – одна из наименее изученных групп животных на территории Вологодской области. В то же время это один из крупнейших таксонов в составе региональной фауны. Слабая изученность насекомых связана с трудностями их сбора и определения, обитанием в разных средах жизни, а также часто с малыми размерами и скрытным образом жизни [3].

Материал был собран в 2023–2024 г. в селитебных (Макаринская роща и биотоп на стыке Рыбинской

и Ленинградской улиц) и промышленных зонах (СЗЗ, ПАО “Северсталь”, в частности, база отдыха Торово) города Череповца (Рис. 1). Чтобы выявить видовой состав полужесткокрылых был применен метод кошения сачком [4].



Рис. 1. Карта-схема с указанием районов, где проводился сбор полужесткокрылых (отмечено черным)

Для определения наземных видов клопов использовали определители полужесткокрылых европейской части СССР [5] и определитель насекомых европейской части СССР [6].

По данным А.Н. Кириченко для Новгородской области известно 259 видов полужесткокрылых, для Нижегородской области – 307 видов, для Псковской области – 248 видов, для Московской области – 296 видов и для Ленинградской области – 383 вида. В среднем – 299 видов.

Важно отметить, что эти данные включают не только наземные виды, но и водные, а также наводные виды полужесткокрылых. Однако большее разнообразие имеют именно наземные особи.

По результатам работы удалось выявить 25 видов наземных полужесткокрылых, что на 91,64% ниже, чем в других областях по данным Кириченко. Скорее всего, это соответствует высокому уровню загрязнения воздуха

и бедному состоянию растительности города Череповца.

Литература

1. *Неверова О.А., Еремеева Н.И.* Опыт использования биоиндикаторов в оценке загрязнения окружающей среды // экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 2006. №80. С. 1-88
2. *Золотарёв Д.А.* Хортобионтные полужесткокрылые (Insecta: Hemiptera=Heteroptera) антропогенно трансформированных территорий: на примере г. Кемерово: дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2005. – 145 с.
3. *Белова Ю.Н., Долганова М.Н., Колесова Н.С., Шабунев А.А., Филоненко И.В.* Разнообразие насекомых Вологодской области. Вологда: Вологодский государственный педагогический университет, 2008. – 120 с.
4. *Определитель насекомых Европейской части СССР / под ред. С.П. Тарбинского, Н. Н. Плавильщикова; [сост. А.И. Аргиропуло, К.В. Арнольди, Г.Я. Бей-Биенко и др.] – М.; Л.: Сельхозгиз, 1948. – 1127 с.*
5. *Кириченко А.Н.* Настоящие полужесткокрылые европейской части СССР (Hemiptera): Определитель и библиография. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1951. – 423 с.
6. *Кержнер И.М.* Определитель насекомых Европейской части СССР: в 5 т. М.; Л.: Наука, 1964. Т. 1. – 936 с.

Makarovsky A.I.,

Scientific adviser Poddubnaya N.Ya.

COMPARATIVE ANALYSIS OF SPECIES DIVERSITY OF TERRESTRIAL HETEROPTERA IN URBAN AND INDUSTRIAL AREAS OF THE CITY OF CHEREPOVETS

Cherepovets State University

The material was collected in 2023–2024 in residential and industrial zones. 25 species of terrestrial Hemiptera were identified, which is 91.64% lower than the average for other regions (299 species). The decrease in diversity most likely corresponds to the high level of air pollution and the poor state of vegetation in the city of Cherepovets.

Михайлов Ю.Е.¹, Григорьев А.А.², Бузунова А.А.¹
ХАЛЬЦИД-СЕМЕЕД *MEGASTIGMUS BIPUNCTATUS* –
ОСНОВНОЙ ИСТОЧНИК БИОПОВРЕЖДЕНИЙ
ШИШКОЯГОД МОЖЖЕВЕЛЬНИКА СИБИРСКОГО
В ГОРАХ ЮЖНОГО УРАЛА

¹Уральский федеральный университет, Россия

²Институт экологии растений и животных УрО РАН, Россия
yum_66@mail.ru

Изучен видовой состав беспозвоночных, повреждающих шишкоягоды можжевельника. На можжевельнике сибирском в горах Южного Урала (Челябинская область и Республика Башкортостан) впервые отмечен хальцид-семеед *Megastigmus bipunctatus* Swederus. Этот вид отсутствует в отечественных определителях повреждений деревьев и кустарников, но существенно влияет на семенную продуктивность можжевельника сибирского.

В последние десятилетия изменение климата приводит к активному продвижению верхней границы древесно-кустарниковой растительности в горах. На Урале помимо еловых редколесий выше в горы продвигается и можжевельник сибирский (*Juniperus sibirica* Burgsd.), один из самых распространенных и долгоживущих кустарниковых видов. Можжевельник занимает обширные площади над верхним пределом лесов, и на ряде вершин Урала с середины XX в. отмечается его интенсивная экспансия в горные тундры [1]. Хотя процесс расширения ареалов кустарников на север и в горы активно изучается, пока нет общего понимания факторов, движущих и сдерживающих его [2]. В горах одним из отрицательных факторов считается слабое возобновление, частично связанное с повреждением плодов насекомыми и клещами [3]. Шишкоягоды можжевельника развиваются более двух лет, а у растений с такими долгоживущими семенами вредители-карпофаги могут влиять на динамику популяции независимо от того, ограничивается ли воспроизводство обилием семян [4]. Кроме того, у можжевельников

птицы не только распространяют семена, но и стимулируют их последующее прорастание. Но птицы отказываются от плодов с биоповреждениями, и хуже склевывают их с растений с высоким уровнем повреждений [5].

Исследования членистоногих, повреждающих плоды и семена горных можжевельников, проводились только за рубежом [3, 4, 6]. Нами во время маршрутных обследований горных районов Урала были обнаружены следы повреждений на плодах можжевельника сибирского, однако определить их видовую принадлежность удалось не сразу, т.к. в России видовой состав вредителей до сих пор был известен только для декоративных и южных видов [7, 8].

Сбор шишкоягод производился вручную с растений, на которых они имелись в достаточном количестве, особенно при наличии видимых признаков повреждения (отверстий). В одной точке нужно было снять не менее 100 (обычно 200 и более) шишкоягод случайным образом из разных частей куртины. Первый сбор был проведен в сентябре 2020 г., затем в июле или августе в 2022-2024 гг. В 2022 г. шишкоягоды были собраны в середине августа на г. Большой Нургуш. Из них в садке вылетел единственный экземпляр имаго. В 2023 г. на вершинах Дальний Таганай и Круглица имаго семеедов отмечались на шишкоягодах 7-9 июля, и их выход продолжался позже в садках. В 2024 г. на г. Большой Шелом (хр. Зигальга) шишкоягоды были собраны 13 июля, а вылет из них семеедов в садках происходил 16-18 июля.

По характерным признакам все вылетевшие насекомые были определены как хальциды-семееды (Hymenoptera, Chalcidoidea). Они отмечались среди вредителей шишкоягод можжевельников в горах Калифорнии, Испании и Кипра (табл. 1). В некоторых районах США хальциды *Eurytoma juniperina* уничтожают 25% семян западного можжевельника (*Juniperus occidentalis*) [4]. В высокогорьях Сьерра Невады шишкоягоды можжевельника повреждает в основном вид *Megastigmus bipunctatus* Swederus [6]. Кроме семеедов

отмечались бабочки-плодожорки, щитовки, галловые клещи и другие вредители (табл. 1).

Таблица 1. Видовой состав вредителей шишкоягод можжевельника [3,4,6,7,8]

Регион	США (горы Калифор- нии)	Кипр (гора Троодос)	Испания (горы Сьерра Невада)	Россия (Кавказ)
Вид растения / сист. группа беспозвоночных	<i>Juniperus occidentalis</i>	<i>J. foetidissima</i>	<i>J. communis</i>	<i>J. excelsa</i> ; <i>J. foetidis- sima</i> , <i>J. oxycedrus</i>
Плодожорки (Lepidoptera: Tortricidae)	<i>Henricus infernalis</i>	<i>Pammene blockiana</i> , <i>P. mariana</i> , <i>P. juniperana</i>	<i>Pammene juniperana</i>	<i>Pammene mariana</i>
Плодовые моли (Lepidoptera: Yponomeutidae)	<i>Argyresthia alternatella</i> , <i>A. quadri- strigella</i>	<i>Argyrestia aurulentella</i>	--	<i>Argyresthia praecocella</i>
Роскошные моли (Lepidoptera: Cosmopterigidae)	<i>Periploca atrata</i> , <i>P. juniperi</i> , <i>P. serrulata</i>	--	--	--
Галловые клещи (Acari: Eriophyidae)	<i>Trisetacus quadricetus</i>	? <i>T. quadri- setus</i>	<i>T. quadri- setus</i>	<i>T. quadri- setus</i>
Хальциды- сеееды (Hymenoptera: Chalcidoidea)	<i>Eurytoma juniperina</i> (Euryto- midae)	<i>Megastigmus</i> sp. (Torymidae)	<i>Megasti- gmus bipuncta- tus</i>	
Щитовки (Homoptera, Diaspididae)	--	--	<i>Carulaspis juniperi</i>	<i>Carulaspis visci</i>

Однако именно повреждения семян личинками хальцидов-сееедеов можно определить по характерному отверстию после выхода имаго [6]. Такие отверстия были впервые

обнаружены нами на плодах можжевельника сибирского с массива Ирмель, а позже и на других хребтах Южного Урала. В северной части Урала таких повреждений не было.

Отечественные определители повреждений можжевельника [7,8] не позволяют идентифицировать такие симптомы. Но характерные отверстия на плодах и наличие выборок имаго хальцидов позволили установить по современному определителю [9], что можжевельник сибирский в горах Южного Урала повреждает можжевельниковый семяед (*Megastigmus bipunctatus*). Этот вид специализируется на семенах горных можжевельников, большинство находок было на обыкновенном (*J. communis*) и казацком (*J. sabina*), а в Альпах и Атласских горах также на ладанном (*J. thurifera*). Можжевельниковый семяед широко распространен в зарубежной Европе и европейской России, от Кольского п-ова до Респ. Коми, также известен из Марокко, Закавказья, Казахстана и Узбекистана. На Урале вид ранее не отмечался, восточная граница его ареала не ясна [9].

Из отечественных ученых только М.М. Долгин [10] отмечал сильную поврежденность шишкоягод можжевельника обыкновенного семяедем *Megastigmus bipunctatus* в Троицко-Печерском и Удорском районах Коми. Причем в Респ. Коми встречаются два вида можжевельника, обыкновенный – чаще всего под пологом хвойных лесов в виде кустов яйцевидной формы, и сибирский – в виде куртин прямостоячих кустов и стлаников на верхней границе леса в горах Северного и Приполярного Урала [11]. Как и большинство специалистов, мы рассматриваем можжевельник сибирский как самостоятельный арктоальпийский вид. От можжевельника обыкновенного он отличается на уровне жизненной формы и по целому ряду морфологических и цитологических признаков [11].

В период лета имаго в июле – начале августа на можжевельнике присутствуют 3 стадии плодоношения: 1) однолетние опыленные, 2) двухлетние оплодотворенные и

3) трехлетние зрелые шишкягоды, цвет которых постепенно меняется на сизо-голубой. Имаго семяеда выходят из шишкягод 3-й стадии, и самки откладывают яйца в шишкягоды 2-й стадии, пока оболочка семян не затвердела [6,10]. Самка откладывает по одному яйцу в семя, личинка выедает его полностью, окукливается, и на следующее лето имаго вылетает через округлое отверстие [6]. С учетом этого оценку поврежденности шишкягод по вылетным отверстиям нужно проводить не ранее середины июля, выдержав их в садке не менее недели, чтобы убедиться, что выход имаго закончен. Выборки, взятые в августе или сентябре, выдерживать в садке перед подсчетом не нужно.

Литература

1. Григорьев А.А., Ерохина О.В., Соковнина С.Ю. и др. Продвижение древесно-кустарниковой растительности в горы и изменение состава тундровых сообществ (хр. Зигальга, Южный Урал) // Журнал СФУ. Биология. 2018. № 3. С. 218–236.
2. Myers-Smith I.H., Forbes B.C., Wilmsking M. et al. Shrub expansion in tundra ecosystems: dynamics, impacts and research priorities // Environmental Research Letters. 2011. V. 6. P. 045509.
3. Moraiti C.A., Kadis C., Papayiannis L.C., Stavrinides M.C. Insects and mites feeding on berries of *Juniperus foetidissima* Willd. on the Mediterranean island of Cyprus // Phytoparasitica. 2019. V.47(1). P.1-7.
4. Dimitri L.A., Longland W.S., Tonkel K.C., Rector B.G., Kirchoff V.S. Impacts of granivorous and frugivorous arthropods on pre-dispersal seed production of western juniper (*Juniperus occidentalis*) // Arthropod-Plant Interactions. 2018. V.12(3). P.465-476.
5. Manzur M.I., Courtney S.P. Influence of Insect Damage in Fruits of Hawthorn on Bird Foraging and Seed Dispersal // Oikos. 1984. 43(3). P. 265–270.
6. Garcia D. Interaction between juniper *Juniperus communis* L. and its fruit pest insects: Pest abundance, fruit characteristics and seed viability // Acta Oecologica. 1998. V. 19 (6). P. 517-525
7. Трейвас Л.Ю. Болезни и вредители хвойных растений.

М.: Фитон, 2014. – 144 с.

8. Галасьева Т. Вредители можжевельника // Живой лес. Интернет-журнал. 2007-2022. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://givoyles.ru/articles/poroda-nomera/mozhzhevelnik/>

9. Roques A., Skrzypczynska M. Seed-infesting chalcids of the genus *Megastigmus* Dalman, 1820 (Hymenoptera: Torymidae) native and introduced to the West Palearctic region: taxonomy, host specificity and distribution // Journal of Natural History. 2003. V. 37. P. 127–238.

10. Долгин М.М. Биология можжевельного семееда *Megastigmus bipunctatus* Swed. (Hymenoptera: Torymidae) в Коми // Энтомологическое обозрение. 1993. Т. 72. Вып. 3. С. 543-548.

11. Герлинг Н.В., Пылина Я.И., Шадрин Д.М. Определение систематического положения видов р. *Juniperus*, произрастающих на Северо-Востоке Европейской части России // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2018. № 2(34). С.26-32.

Yuri Mikhailov¹, Andrey Grigoriev², Anastasiya Buzunova¹
SEED-INFESTING CHALCID (*MEGASTIGMUS*
***BIPUNCTATUS* SWED.) – THE MAIN CAUSE**
OF DAMAGE OF THE FRUITS OF SIBERIAN JUNIPER
IN THE MOUNTAINS OF SOUTHERN URALS

¹ Ural Federal University, Russia

² Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Russia

The species composition of invertebrates feeding on juniper berries was examined. The seed-infesting chalcid *Megastigmus bipunctatus* Swederus was first recorded on Siberian juniper in the mountains of Southern Urals (Chelyabinsk region and Republic of Bashkortostan). This species is absent in the determination keys to damage symptoms of trees and shrubs of Russia, but significantly influences seed production of Siberian juniper.

Надточий Е.Я., Павлов П.В.
Научный руководитель: Железная Е.Л.
МАРШРУТНЫЙ УЧЁТ ЗИМУЮЩИХ ПТИЦ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СМОЛЬНЫЙ»

Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы, Россия
1132231727@pfur.ru

В статье дана оценка встречаемости и обилия видов птиц в Национальном парке "Смольный". Проведено сравнение с распространением этих же видов по данным других источников.

С каждым годом увеличивается воздействие на окружающую среду. Антропогенное давление может приводить к разрушению и перестройке экосистем, поэтому важен мониторинг их состояния. Один из показателей состояния экосистем — видовое разнообразие животных, в том числе птиц. В задачи данного исследования входило: 1) провести учёт зимующих птиц в Национальном парке «Смольный» по трём маршрутам; 2) определить встреченные виды птиц, посчитать количество особей и рассчитать плотность птиц; 3) сравнить с данными из других источников.

Исследование проводилось в Национальном парке "Смольный" (Республика Мордовия) 3-5 января 2025 года. Всего было проведено 3 маршрута. Длина первого маршрута — 7,2 км, длительность — 3 часа, второго — 8,2 км, продолжительность — 5 часов третьего — 8,9 км, длительность — 6 часов. Для обнаружения и идентификации птиц использовались бинокли. Плотность птиц рассчитывалась по формуле (1):

$$\frac{N1*40+N2*10+N3*3+N4}{L}, \quad (1)$$

где 40, 10, 3 — коэффициенты, увеличивающие полосу учёта до 1 км. N1, N2, N3, N4 — число особей обнаруженных на соответственно расстояниях 1 — 0-25 м, 2 — 26-100 м, 3 — 101-300 м, 4 — 301-1000м. L — длина маршрута [1]. Для птиц,

встреченных в полёте, заменяется на время прохождения маршрута в часах, умноженное на среднюю скорость полёта птиц – 30 [1].

Площадь национального парка составляет 36385 га. ООПТ находится на пересечении подзоны лесостепей и подзон широколиственных и смешанных лесов. Рельеф умеренно расчленённый, на севере значительная овражная сеть. Территория НП изрезана долинами рек Кадыша, Колдоба, Ашня, Язовка и их притоками. Вышеперечисленные реки впадают в р. Алатырь. Преобладают серые лесные и дерново-подзолистые почвы. Широко распространены разные виды сосняков, встречаются также дубравы, березовые леса, липняки. Также по долине р. Алатырь располагаются луга [2].

В таблице 1 представлены данные о средней плотности (особей на км²) различных видов птиц в Национальном парке «Смольный» за два периода: за 2025 год – рассчитана на основе данных, полученных нами в январе 2025 года, и за 1999-2012 годы – на основе литературных данных [3].

Таблица 1. Результаты маршрутного учета птиц в НП «Смольный» в 2025 г

Виды птиц	Маршрут			Средняя плотность 2025 год	Средняя плотность 1999- 2012*
	1	2	3		
Буроголовая гаичка (<i>Poecile montanus</i>)	4,18	113,41	69,66	62,42	34,0
Лазоревка (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	12,55	4,88	4,49	7,31	1,9
Большая синица (<i>Parus major</i>)	2,79	0	0	0,93	45,7
Канюк мохноногий (<i>Buteo lagopus</i>)	0,11	1,22	0	0,44	-
Длиннохвостая синица (<i>Aegithalos caudatus</i>)	44,63	0	278,65	107,76	26,5

Жёлтоголовый королёк (<i>Regulus regulus</i>)	8,37	17,44	78,65	34,82	11,36
Обыкновен-ный поползень (<i>Sitta europaea</i>)	11,16	6,1	0	5,75	3,6
Щегол (<i>Carduelis carduelis</i>)	2,78	0	0,06	0,95	1,2
Черноголо-вая гаичка (<i>Parus palustris</i>)	2,79	0	0	0,93	21,8
Обыкновен-ная пищуха (<i>Certhia familiaris</i>)	0	9,76	4,49	4,75	6,1
Ворон (<i>Corvus corax</i>)	0	0,37	5,11	1,83	0,395
Большой пёстрый дятел (<i>Dendrocopos major</i>)	0	6,1	7,87	4,66	31,3
Снегирь (<i>Pyrrhula pyrrhula</i>)	0	0,75	0	0,25	0,34
Сойка (<i>Garrulus glandarius</i>)	0	0	0,11	0,04	1,65

* средние многолетние значения плотности видов за указанный период, полученные из [3].

Нами было обнаружено 14 видов птиц. Из них один вид (обыкновенная пищуха) занесён в Красную книгу Мордовии [4], но в 2025 году этот таксон включили в «Список видов, рекомендованных к исключению из списка редких и исчезающих видов животных Республики Мордовия» (по данным сайта Министерства природных ресурсов и экологии РФ). Черноголовая гаичка не занесена в Красную книгу Мордовии, но внесена в «Перечень видов, рекомендованных к включению в список редких и исчезающих видов животных Республики Мордовия».

Результаты учетов показали значительные изменения в численности некоторых видов птиц по сравнению

с периодом 1999–2012 гг. Наиболее заметно увеличилась численность буроголовой гаички, длиннохвостой синицы и желтоголового короляка. Наблюдается увеличение численности лазоревки, обыкновенного поползня и ворона [3].

В то же время численность большой синицы, черноголовой гаички и большого пёстрого дятла значительно сократилась. По нашим наблюдениям отмечено сокращение численности обыкновенной пищухи, щегла и сойки.

Вполне возможно, что наблюдаемые различия в плотности некоторых видов птиц, в частности желтоголового короляка, буроголовой гаички, обыкновенного поползня, обыкновенной пищухи и длиннохвостой синицы, обусловлены кратковременным эффектом, связанным с регистрацией нескольких смешанных зимних стай синиц во время учетов в 2025 году. Этот фактор мог привести к завышенной оценке плотности этих видов, поскольку используемая методика учета не учитывает групповое распределение птиц в стаях. Кроме того, меньшая протяжённость маршрутов, пройденных в 2025 году, могла повысить вероятность регистрации таких стай, что повлияло на итоговые результаты [3].

Сокращение численности большой синицы, черноголовой гаички и большого пёстрого дятла может свидетельствовать об изменении условий среды обитания в Национальном парке «Смольный». Необходимы дальнейшие исследования для выявления факторов, влияющих на популяции этих видов, включая изменения в структуре и составе лесных насаждений, кормовой базе и уровне хищничества [3].

Проведенное исследование позволило оценить состояние орнитофауны Национального парка «Смольный» в зимний период 2025 года и выявить изменения в численности ряда видов птиц по сравнению с данными за 1999–2012 годы. Полученные результаты указывают на возможные изменения в экологических условиях на территории парка, требующие дальнейшего изучения.

Полученные данные подчёркивают важность мониторинга

состояния орнитофауны для оценки экологического состояния охраняемых территорий и разработки мер по сохранению биоразнообразия.

Авторы выражают огромную благодарность за помощь в методике и проведении учетов Гришуткину Г.Ф. (ФГБУ «Заповедная Мордовия») и Т.В.Коноваловой.

Литература

1. Боголюбов А.С. Изучение численности птиц различными методами. М.: Экосистема, 2002. – 150 с.
2. Гришуткин Г.Ф., Лапшин А.С., Спиридонов С.Н. Сравнительная характеристика орнитофауны Национального парка «Смольный» и Мордовского государственного заповедника // Научные труды Национального парка «Смольный». Вып. 1. Саранск: Смольный, 2008. – 256 с.
3. Гришуткин Г.Ф., Лапшин А.С., Спиридонов С.Н., Артаев О.Н., Ручин., Кузнецов В.А., Андрейчев А.В. Позвоночные животные Национального парка «Смольный» / Сер. Флора и фауна Национальных парков Том Выпуск 9. Москва, 2013. – 55 с.
4. Красная книга Республики Мордовия. Т. 2: Животные. Т. 2 / [сост. В.И. Астрадамов]. ОГУП Обл. тип. Печатный двор, 2005 - 335 с.

Nadtochiy E.Y., Pavlov P.V.

Scientific supervisor: Zheleznaya E.L.

ROUTE ACCOUNTING OF WINTERING BIRDS OF SMOLNY NATIONAL PARK

*Peoples friendship university of Russia named after Patrice Lumumba
(RUDN University), Russia*

The article provides an assessment of the occurrence and abundance of bird species in Smolny National Park. A comparison is made with the distribution of the same species according to other sources.

Назаров Н.Г., Шарифуллин А.Г.
ВЛИЯНИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОБЫКНОВЕННОГО БОБРА НА СОСТОЯНИЕ
БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ РЕКИ МОРКВАШКА
(РЕСПУБЛИКА ТАТАРСТАН)

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Россия
nail-naz@yandex.ru

Выявлены особенности видового состава и структуры сообщества зообентоса малой реки Морквашка в условиях воздействия жизнедеятельности обыкновенного (евразийского) бобра. Установлено влияние фактора строительства бобровых прудов на снижение качества воды и биоразнообразия бентофауны в реке Морквашка. Все виды двусторчатых моллюсков и ракообразных, а также представители отрядов Ephemeroptera, Trichoptera и Hemiptera были обнаружены только на русловых участках. Зообентос всех исследованных станций характеризуется крайне низкими значениями численности и биомассы. Биомасса зообентоса русловых участков в 2 раза превышает биомассу из бобровых прудов. Наибольшее сходство сообществ зообентоса характерно для станций, находящихся на бобровых прудах.

Обыкновенный или евразийский бобр (*Castor fiber* L.) первоначально был распространен на территории всей Евразии. Однако наиболее значительная часть популяций этого вида была уничтожена в течение XIX века в результате антропогенной деятельности [1,2]. Характерным примером такой деятельности является резкое сокращение лесных площадей в Центральной части Волжско-Камского края в XIX веке. Это обстоятельство привело к изменению гидрологического режима малых рек и вместе с масштабным промысловым отловом к уничтожению бобра, который ранее являлся обычным для данного региона [3]. К началу XX века в Поволжье, как и во всей Восточной Европе, евразийский бобр находился на грани полного исчезновения. Последующие многочисленные мероприятия по реинтродукции помогли восстановить популяцию бобра на значительной

части его прежнего ареала. В настоящее время во многих европейских странах существуют реинтродуцированные популяции этого грызуна [4, 5].

Влияние жизнедеятельности бобра на зооценозы малых рек в Республике Татарстан исследовано недостаточно, что послужило основанием для проведения наших исследований, касающихся изучения структуры зообентоса, оценки биоразнообразия и органического загрязнения в условиях зарегулирования реки Морквашка.

Исследования проводились летом-осенью 2024 г. в долине р. Морквашка, правого притока р. Волги. Выбор этой реки обусловлен тем, что она является типичной в геоморфологическом отношении для всей лесостепной зоны Среднего Поволжья Восточно-Европейской равнины. Общая длина реки Морквашка – 7,4 км (вместе с сухой долиной в верховьях – 7,8 км). Водозабор для частных домохозяйств привел к значительному снижению стока воды, особенно в период летне-осенней межени. Немаловажную роль в сокращении стока играет высокое испарение с бобровых прудов. Долина реки Морквашка относительно симметрична. Склоны сложены породами верхней перми, сверху перекрытые толщей делювиально-солифлюкционных суглинков. В долине реки морфологически выражена небольшими фрагментами низкая и высокая поймы, более крупными фрагментами – первая надпойменная терраса [6]. Коренная растительность представлена липово-дубовыми лесами с примесью клена, бука, вяза (60% общей площади водосбора) [7]. Бассейн реки сильно изменен человеком, что выражается в строительстве города (Иннополис) и дачных домов. В настоящее время пойма реки в результате активной деятельности бобров сильно зарастает.

В пределах изученного участка река Морквашка представляет собой лесную реку шириной 1–2 м и глубинами от 0,4 до 2 м. Температура воды в реке на момент исследования составляла 18–20°C. Большую часть русла

занимают песчано-гравийно-галечные грунты (плесовые участки), в прибрежье – со слабым заилением. На перекатах, где скорость течения достигает 0,8 м/с, а глубины на стрежне не превышают 0,4 м, возрастает доля крупных фракций (галечник) за счет уменьшения более мелких песчано-гравийных фракций. В данной работе использованы количественные пробы зообентоса с 6 станций на реке Морквашка (рис.1). Пробы с 3-х станций были отобраны на русловых участках реки (станции №1а-3а), расположенных на плесах, пробы станций №1-3 – на запруженных бобрами участках. Глубины на бобровых прудах изменяются в пределах 0,6–2 м. Течение слабое, грунты представлены серыми илами с примесью грубого растительного детрита. Пробы №1 и №1а отбирались в верховье реки, пробы №2 и №2а в среднем течении, а пробы №3 и №3а отбирали в нижнем течении, на участке реки ближе к устью.

Пробоотбор в каждой точке проводили в трех повторностях с использованием бентосной сети с площади 1 м². Каждую пробу фиксировали 4% раствором формалина. Определение видов проводилось при помощи специальных определителей беспозвоночных животных [8].

Для анализа гидробиологических данных использовали следующие меры разнообразия: индекс Маргалефа, индекс Шеннона (бит/экз.) и его статистическая ошибка, индекс выровненности Пиелу (E), индекс доминирования Симпсона, рассчитанный по показателям численности (C_N) и биомассы видов (C_B), а также показатель устойчивости сообществ (A) [9].

Устойчивость сообществ зообентоса (A) определяли через индекс Шеннона (H) уравнением [10]:

$$A = 0,045 \cdot e^{0,51H} \quad (1)$$

На основе данных о видовом составе зообентоценозов провели биоиндикационный анализ качества воды реки Морквашка на русловых участках и бобровых прудах.

Для оценки уровня загрязнения воды использовали биотический индекс Вудивисса [11].

Для определения сходства сообществ зообентоса обследованных биотопов провели иерархический кластерный анализ в программе PAST на основе коэффициента Брея-Кертиса, способ кластеризации – метод «ближайшего соседа» [12].

В ходе таксономического определения гидробиологических проб всего обнаружено 27 видов зообентоса. Сообщество донных беспозвоночных реки Морквашка представлено только моллюсками и членистоногими. В видовом отношении наиболее представлен класс Insecta – 16 видов. Класс Gastropoda насчитывает 9 видов, по одному виду обнаружено в классах Bivalvia и Crustacea. Виды двустворчатых моллюсков и ракообразных, а также представители отрядов Ephemeroptera, Trichoptera и Hemiptera были обнаружены только на участках с естественным руслом.

Значения биотического индекса Вудивисса на исследованных станциях варьируют от 1 до 8. Согласно иерархическому кластерному анализу на основе сходства зообентоса исследованных проб исследуемые станции реки объединены в 3 кластера: I – станция №1, II – станции №2 и №3, III – станции №1а, №2а и №3а.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что строительная деятельность евразийского бобра оказывает влияние на биологическое разнообразие сообществ донных организмов, приводя к снижению количества видов и биомассы зообентоса в местах образования бобровых прудов на малых реках.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-77-10087 (<https://rscf.ru/project/22-77-10087/>).

Литература

1. Nolet B., Rosell F. Comeback of the beaver *Castor fiber*: an overview of old and new conservation problems. // Biological Conservation. 1998. Vol. 83. Pp. 165–173.

2. Baker B.W., Hill E.P. Beaver *Castor canadensis*. // Feldhamer G.A., Thompson B.C., Chapman J.A. (eds) Wild mammals of North America: biology, management, and conservation. The John Hopkins University Press, Baltimore, 2003. Pp. 288–310.
3. Попов В.А. Млекопитающие Волжско-Камского края. Казань, 1960. – 470 с.
4. Halley D.J., Rosell F. (2003) Population and distribution of European beavers (*Castor fiber*). Lutra, 2003. Vol. 46. Pp.91–101.
5. Gorshkov Y.A., Gorshkov D.Y., Easter-Pilcher A.L., Pilcher B.K. First results of beaver (*Castor fiber*) reintroduction in Volga-Kama National Nature Zapovednik (Russia) // Folia Zool. 2002. Vol. 51. Pp. 67-74.
6. Бутаков Г.П. От Казани до устья Свияги. // Средняя Волга: геоморфологический путеводитель. /А.П. Дедков, ред. Казань: изд-во Казанского университета, 1991. С. 41–48.
7. Ермолаев О.П., Игонин М.Е., Бубнов А.Ю., Павлова С.В. Ландшафты Республики Татарстан. Региональный ландшафтно-экологический анализ / под ред. О.П. Ермолаева. Казань: Слово, 2007. С. 60–80.
8. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России / под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. Т. 2: Зообентос. М.; СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. - 457 с.
9. Селезнев Д.Г., Силина А.Е. Описание программы статистической обработки данных и расчетов биотических индексов для гидробиологических мониторинговых исследований // Гидробиол. исслед. водоёмов Среднерусской лесостепи. Воронеж, 2002. Т. 1. С. 229—235.
10. Алимов А.Ф. Элементы теории функционирования водных экосистем. СПб.: Наука, 2000. – 147 с.
11. Woodiwiss F.S. Comparative study of biological ecological water quality assessment methods, Summary report. Commission of the European communities. Severn Trent Water Authority, UK, 1978. p 45.

12. Ким Дж., Клекка У.Р., Мьюлер К.У. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. М.: Финансы и статистика, 1989. – 312 с.

Nazarov N.G., Sharifullin A.G.

**EFFECTS OF EURASIAN BEAVER ACTIVITY ON THE
BENTHIC COMMUNITIES OF A MORKVASHKA RIVER
(REPUBLIC OF TATARSTAN)**

Kazan Federal University

The features of the species composition and structure of the zoobenthos community of the Morkvashka river under the influence of the vital activity of the Eurasian beaver are revealed. The influence of the beaver pond construction factor on the reduction of water quality and benthic fauna biodiversity in the Morkvashka river has been established. All species of bivalves and crustaceans, as well as representatives of the orders Ephemeroptera, Trichoptera and Hemiptera, were found only in riverbed areas. The zoobenthos of all the investigated stations is characterized by extremely low abundance and biomass values. The biomass of zoobenthos in riverbed areas is 2 times higher than that of beaver ponds. The greatest similarity of zoobenthos communities is typical for stations located on beaver ponds.

Наумова А.Е¹, Федосов А.О²
МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЖГОДОВОЙ
СОХРАНЯЕМОСТИ ОБЫКНОВЕННОЙ
СЛЕПУШОНКИ (*ELLOBIUS TALPINUS*)
В САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Россия

²Независимый исследователь, Россия

[¹newtty@yandex.ru](mailto:newtty@yandex.ru)

[²ozzvombat@gmail.com](mailto:ozzvombat@gmail.com)

Работа посвящена изучению сохраняемости подземной полевки (*Ellobius talpinus*) в Саратовской области. В работе использовались неинвазивные методики определения возраста и фиксации животных. Результаты моделирования позволили выявить влияние половозрастной категории на сохраняемость животных.

Наибольшей сохраняемостью обладают самцы старше года, наименьшей – самки-сеголетки.

Динамика популяции является одним из главных направлений в вопросе исследования любого вида. В природе подобные исследования, зачастую, осложнены тем, что у исследователей нет постоянного доступа ко всем особям популяции. Особенно проблематичны подобные исследования в отношении подземных млекопитающих.

В данной работе мы стремились не только оценить сохраняемость разных когорт слепушонок на модельном участке, но и определить, какие факторы на это влияют. Обыкновенная слепушонка (*Ellobius talpinus*) – представитель семейства Arvicolina, ведущий полностью подземный образ жизни. Ареал слепушонки фрагментирован и включает в себя значительную часть аридных зон Палеоарктики от юга Украины до севера Китая и юго-востока Монголии [1].

Исследование проводилось в Краснокутском районе Саратовской области, близ села Дьяковка (50.71°N, 46.71°E). Материал для данной работы собирался с 2021 по 2024 год, в течении 11 серий отловов, проводимых несколько раз в год, с мая по конец сентября, для данной работы были

использованы результаты летних и осенних сессий отловов.

Отловы производились при помощи спиральных живоловок [2], которые помещали внутрь жилых нор с признаками недавней активности. Для каждого пойманного животного фиксировали координаты и время поимки, пол, вес, состояние шкурки, состояние семенников и репродуктивный статус в случае беременных или кормящих самок. При первом отлове зверя метили ампутацией фаланги. Начиная с мая 2022 года к вышеописанным процедурам добавили рентгенографию для прижизненной оценки возраста животных при помощи портативного рентгеновского аппарата (Rexstar LCD, Korea) и визиографа (EzSensor 1.5, Vatech) [3]. С 2023 года каждого пойманного зверя чипировали (1,25×7 mm StarSecurity Technologies Co., Shanghai, China). Начиная с августа 2023 года для упрощения процедуры фиксации применялся сканнер чипов для крупного рогатого скота Partner PR-450S, а с апреля 2024 самодельное автономное устройство сканирования RFID чипов.

Анализ данных проводился с помощью модели Джолли-Себера в программе MARK 10.1 [4,5]. Для оценки сохраняемости и вероятности повторного вылова была построена глобальная модель вида $\phi(\text{age}+\text{sex}+\text{time})p(\cdot)$ и ее производные, где сохраняемость считали зависимой от пола, возраста (сеголетки, взрослые) и года отлова. В исследовании отсутствовали животные, которые были вновь зарегистрированы после года отсутствия, поэтому вероятность повторной регистрации была установлена в 100%.

Оценка коэффициента инфляции дисперсии была проведена с помощью процедуры Bootstrap based goodness-of-fit test [4]. Полученное значение ($\hat{c}=1,126$) показало наличие небольшой сверхдисперсии и было использовано для корректировки ранжирования моделей.

Модели ранжировались с помощью информационного критерия Акаике, скорректированного для малых выборок и сверхдисперсии (QAICc). В связи с отсутствием подавля-

юще поддерживаемой модели, оценка сохраняемости была произведена путём усреднения моделей, суммарный вес которых составлял 95% [6].

Таблица 1. Результаты ранжирования моделей влияния пола, возраста и временного периода на сохраняемость обыкновенной слепушонки в Саратовской области.

Название модели	df	$\Delta QAIC_c$	Вес модели
{Phi(Age+Sex)P(1)}	3	0	0,46
{Phi(Age+Sex+Age&Sex) P(1)}	4	1,9	0,17
{Phi(Age) P(1)}	2	2,6	0,12
{Phi(Age+Sex+Time) P(1)}	5	2,8	0,11
{Phi(Sex) P(1)}	2	3,5	0,07
{Phi(Age+Sex+Time+Age&Sex) P(1)}	6	4,8	0,04



Рис. 1. Результаты сохраняемости различных когорт обыкновенной слепушонки в Саратовской области

Результаты показывают, что пол и возраст оказывают влияние на сохраняемость: самые высокие показатели сохраняемости у самцов второго возраста, самые низкие – у самок-сеголеток.

Среди второй возрастной категории худшую сохраняемость показывают самки, что может быть косвенно связано

с репродуктивной активностью, которая на нашем участке присутствует только у самок второй возрастной категории. Полученные результаты могут косвенно свидетельствовать о натальной дисперсии преимущественно сеголеток, которая более выражена у самок. Этот вывод частично противоречит литературным данным по Челябинской области, полученным Н.Г. Евдокимовым [7]. В своей монографии он пишет, что наибольшую часть расселяющихся зверьков представляют особи второй возрастной группы (эта группа включена в нашу категорию второго возраста), всего же в миграционной активности участвуют животные первых трех лет жизни. Однако среди животных-мигрантов первых двух лет жизни преобладают самки, что согласуется с полученными нами результатами.

Авторы выражают благодарность Сморкачевой А.В., Никоновой В.Р., Дымской М.М., Бергалиеву А.М., Грибановой М.Д. и Шитикову Д.А. за помощь в сборе и обработке материала.

Исследование было выполнено при поддержке гранта Российского Научного Фонда (проект № 23-24-00142).

Литература

1. *Krystufek B., Shenbrot G.* Voles and Lemmings (Arvicolinae) of the Palaearctic Region. Maribor: University of Maribor, University Press, 2022. - 449 p.
2. *Голов Б.А.* Ловушка-живоловка на слепушонку // Бюллетень МОИП. Отд. биол. 1954. Т. 59. №5. С. 95-96.
3. *Nikonova, V.R., Naumova, A.E., Bergaliev, A.M. et al.* Dental radiography as a low-invasive field technique to estimate age in small rodents, with the mole voles (*Ellobius*) as an example. // *Eur J Wildl Res.* 2024. Vol. 70. P.46.
4. *White G.C., Burnham K.P.* Program MARK: survival estimation from populations of marked animals // *Bird Study.* 1999. Vol. 46. P. 120–139.
5. *Jolly G.M.* Explicit estimates from capture-recapture data with both death and immigration-stochastic model. // *Biometrika.* 1965.

Vol. 52, p. 225.

6. Burnham K.P., Anderson D.R. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information Theoretic Approach. Springer, New York. 2002.

7. Евдокимов Н.Г. Популяционная экология обыкновенной слепушонки. Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2001. - 144 с

Naumova A.E.¹, Fedosov A.O.²

**MODELING INTERANNUAL SURVIVORSHIP
OF THE MOLE VOLE (*ELLOBIUS TALPINUS*)
IN THE SARATOV REGION**

¹ *St. Petersburg State University, Russia*

² *Independent Researcher, Russia*

The study focuses on investigating the survivorship of the mole vole (*Ellobius talpinus*) in the Saratov region. Non-invasive methods were utilized for age determination and animal monitoring. Modeling results demonstrated the significant influence of sex-age categories on survivorship, with males over one year of age exhibiting the highest survival rates, while yearling females displayed the lowest.

*Петрищев В.С., Агасьева И.С.,
Петрищева М.В., Настасий А.С.*

**БИОРАЗНООБРАЗИЕ ЧЛЕНИСТОНОГИХ ЦЕНОЗА
СОИ КРАСНОДАРСКОГО И СТАВРОПОЛЬСКОГО
КРАЕВ**

*Федеральный научный центр биологической защиты растений,
Россия*

viktor.sergeevich_1998@mail.ru

В работе представлены результаты исследования видового состава членистоногих в ценозе сои на территории Краснодарского и Ставропольского краёв. Всего было выявлено 212 видов насекомых, включая 100 видов фитофагов, 110 видов энтомофагов и два вида клещей.

Соя – одна из наиболее экономически значимых бобовых культур, требующая широкомасштабного применения традиционных химических средств защиты растений. Следствием использования стандартных пестицидов являются значительные изменения в составе и структуре комплекса фитофагов, что нередко приводит к переходу второстепенных видов вредителей в экономически значимые. Численность вредителей на посевах сои может эффективно подавляться за счет полезной деятельности насекомых-энтомофагов.

Большинство сельхозпроизводителей многих стран продолжают применять традиционные методы защиты сои с преимущественным использованием химических инсектицидов [1]. Кроме того, как показывает анализ зарубежной и отечественной литературы, биологическая защита сои ориентирована преимущественно на использование различных микробиологических препаратов, преимущественно бактериальных, как в отдельности, так и в сочетании с химическими препаратами. [2-6]. Только незначительная часть исследований рассматривает использование естественных трофических связей членистоногих ценоза сои [7].

В Краснодарском и Ставропольском краях на посевах сои выявлено 210 видов насекомых и 2 вида клещей (*Tetranychus urticae* Koch. и *Tetranychus atlanticus* McGregor), в том числе 100 видов фитофагов (или 48,3% общей фауны), повреждающих сою, и 110 видов энтомофагов (или 51,7% общей фауны). Эти насекомые распределены в 9 отрядов, 51 семейство.

Среди представителей Полужесткокрылых особо отмечаются фитофаги: свекловичный (*Polymerus cognatus* Fieber), полевой (*Lygus pratensis* L.), люцерновый (*Adelphocoris lineolatus* Goeze), ягодный (*Dolycoris baccarum* L.), коричнево-мраморный клоп (*Halyomorpha halys* Stål), и незара зеленая (*Nezara viridula* L.).

Фауна совок (Noctuidae) сои была представлена пятью видами: хлопковая - *Helicoverpa armigera* Hbn., шалфейная - *Chloridea peltigera* Schiff., люцерновая - *Heliotis virescens* Htn., совка-гамма - *Autographa gamma* L., озимая - *Agrotis segetum* Schiff. Наибольшую опасность представляла хлопковая совка: во второй половине августа и сентябре в каждой феромонной ловушке ежедневно отмечалось 1-4 экз. хлопковой совки. Остальные виды были отмечены единичными особями.

Важное значение также представляла *Etiella zinckenella* Tr. (Pyralidae).

Среди 110 видов энтомофагов ценоза сои существенное значение в регуляции численности доминантных вредителей имели представители отрядов Hymenoptera, Coleoptera, Neuroptera, Diptera, Hemiptera.

Комплекс паразитов чешукрылых вредителей сои был представлен 43 видами следующих семейств из отряда перепончатокрылых: Ichneumonidae (9 видов), Braconidae (14 видов), Pteromalidae (1 вид), Encyrtidae (1 вид), Eupelmidae (2 вида), Eulophidae (13 видов), Elasmidae (1 вид) и Trichogrammatidae (2 вида).

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного

Литература

1. *Заостровных В.И., Дубовицкая Л.К.* Вредные организмы сои и система фитосанитарной оптимизации её посевов. Новосибирск: Издательство Максачук Н.Л., 2003. - 528 с.
2. *Hunt L., Bonetto C., Marrochi N., Scalise A., Fanelli S., et al.* Species at Risk (SPEAR) index indicates effects of insecticides on stream invertebrate communities in soy production regions of the Argentine Pampas // *Sci Total Environ.* 2017. No. 580. Pp. 699-709.
3. *Федорова С.Н.* Вредная энтомофауна соевого агроценоза в Орловской области // *Зернобобовые и крупяные культуры.* 2013. № 4(8). С. 58-63.
4. *Moscardi F.* Assessment of the application of baculoviruses for control of Lepidoptera // *Annu Rev Entomol.* 1999. No 44. Pp. 257-289.
5. *Pastucha A.* Wplyw zaprawiania nasion chitozanem na adrowinoce I plonowanie soi (Glycine max (L.) Merrill) // *Biul. Inst. Hod. I aklim. Rosl.* 2001. P. 287–295.
6. *Коваленко Т.К., Лукашенко А.В.* Фитосанитарное состояние посевов сои в Приморском крае // *Международный научно-исследовательский журнал.* 2020. № 8-1(98). С. 208-211.
7. *Коваленко Т.К., Гришечкина С.Д., Кочева Н.С.* Защита растений сои от фитофагов в условиях Приморского края // *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки.* 2023. Т. 53. № 11. С. 46-52.

V.S. Petrishchev, I.S. Agasyeva, M.V.

Petrishcheva, A.S. Nastasy

BIODIVERSITY OF ARTHROPODS OF THE CENOSIS OF SOCHI, KRASNODAR AND STAVROPOL TERRITORIES

Federal Research Center of Biological Plant Protection, Russia

The paper presents the results of a study of the species composition of arthropods in the soybean cenosis in the Krasnodar and Stavropol territories. A total of 212 species of insects were identified, including 100 species of phytophages, 110 species of entomophages and two species of ticks.

***Рахимов И.И., Басыйров А.М.,
Аринина А.В., Сурнина Т.А.***
**ЗООГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ
И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ
ОРНИТОФАУНЫ г. КАЗАНИ**

Казанский федеральный университет, Россия
rakhim56@mail.ru

Орнитофауна Республики Татарстан состоит как из представителей таежных хвойных лесов, так и из птиц, характерных для степи. Это зоогеографическая особенность региональной фауны в целом. Характер региональной орнитофауны является определяющим при формировании фауны птиц города Казани, расположенной так же на стыке лесной и лесостепной зоны.

Республика Татарстан расположена в восточной части Восточно-Европейской равнины у слияния рек Волга и Кама. Регион находится на стыке двух природных зон – лесной и лесостепной. Согласно ботанико-географическому районированию по территории РТ проходят зональные границы подтаежных широколиственно-еловых лесов, широколиственных лесов и луговых степей [1]. Это обуславливает разнообразие видов птиц, обитающих в регионе. Встречаются как типичные лесные птицы, так и представители степного ландшафта. Зонально-географические особенности осложняются наличием таких интразональных объектов, как крупные реки и водохранилища, обеспечивая богатство разнообразия в том числе и околородного экологического комплекса. Характерной особенностью фауны птиц региона является и то, что по территории проходят северные и южные границы ареалов многих видов. Орнитофауна региона, в которой представлены различные типы фаун по происхождению, по составу является достаточно сложной и выступает качественно другим, в каждой ландшафтно-географической области особым набором видов, занимающих соответствующие экологические ниши.

Зоогеографические особенности региона играют важную роль в формировании видового разнообразия современной орнитофауны. Их анализ служит ключом к пониманию процессов, предшествовавших становлению орнитоценозов и преобладанию тех или иных экологических комплексов птиц в рамках различных ландшафтно-географических районов республики. Зональные особенности, находясь под воздействием многообразия в различной степени измененных хозяйственной деятельностью человека биотопов в пределах городов [2], будут выступать ключевыми факторами становления и устойчивого, стабильного развития популяций освоивших города птиц.

Цель проведенного исследования – изучение зоогеографических особенностей современного состояния орнитоценоза г. Казани. Зоогеографические особенности Татарстана определяются заселяющими типами фауны и фаунистическими группами птиц. Существуют различные подходы к делению Палеарктики по типам фаун и фаунистическим группам птиц. При анализе типов фаун РТ мы придерживались общепринятой схемы деления орнитофауны Палеарктики на типы по Б.К. Штегману [3].

Большинство видов орнитофауны РТ относится к европейскому типу фауны – 92 (29%), что является закономерным согласно географического расположения региона (табл. 1). Следующая по численности группа состоит из транспалеарктов – 77, т.е. широко распространенных в Палеарктике видов с широкой экологической валентностью. Сибирский тип фауны представлен 51 видами, что вполне кажется логичным ввиду того, что на севере республики проходит южная граница зоны тайги. Арктическая фауна представлена 40 видами – главным образом за счет водных видов. Представленность монгольского – 24 вида и средиземноморского – 17 видов типов фаун объясняется наличием в южных районах республики остепненных территорий. Минимально представлены виды китайского типа фауны – 5,

что вполне объяснимо географической отдаленностью региона. Отсутствие на нашей территории тибетского типа фауны справедливо ввиду отсутствия высокогорных областей. В группу видов с неясным типом происхождения нами отнесены 11 видов.

Таблица 1. Типы фаун птиц РТ по происхождению.

Тип фауны по Штегману	Кол-во видов	Доля, %
Арктический	40	13
Сибирский	51	16
Европейский	92	29
Средиземноморский	17	5
Монгольский	24	8
Китайский	5	2
Транспалеаркты	77	24
Не ясно происхожде	11	3
Итого	317	100

Проведенный анализ типов происхождения орнитофауны РТ подтверждает факт о том, что видовой состав птиц формируется в основном из видов местной фауны [4,5].

РТ находится на стыке двух природных зон – лесной и лесостепной. Именно поэтому мы можем встречать здесь таких типично лесных птиц, как глухарь *Tetrao urogallus*, рябчик *Tetrastes bonasia*, трехпалый дятел *Picoides tridactylus* и др. В то же время обитают представители степей как перепел *Coturnix coturnix*, луговой чекан *Saxicola rubetra*. Стоит отметить и птиц, характерных для широколиственных лесов, пришедших к нам из запада, как клинтух *Columba oenas*, сойка *Garrulus glandarius*. В то же время имеются виды, проникнувшие в наш регион с востока: глухая кукушка *Cuculus saturatus*, дубровник *Emberiza aureola* и др. [6].

Из 317 видов орнитофауны РТ, 186 (59%) встречается на территории г. Казани. В городе представлены 16 отрядов из 19 региональных – отсутствуют только Гагариобразные,

Пеликанообразные и Фламингообразные.

По типу происхождения фауны виды относятся к 7 группам и еще одну группу составляют птицы с неясным происхождением (табл. 2).

Таблица 2. Фауногенетический тип и характер пребывания орнитофауны г. Казани.

Тип фауны	Гнездящиеся	Залетные	Пролетные	Зимующие	Всего	Доля, %
Арктический	1	3	5	4	13	7
Сибирский	9	5	4	5	23	12
Европейский	49	15	2	-	66	35
Средиземноморский	3	-	-	-	3	2
Монгольский	4	2	1	-	7	4
Китайский	2	1	-	-	3	2
Транспалеаркты	43	17	6	-	66	35
Не ясно	3	2	-	-	5	3
Итого	114	45	18	9	186	100

Как видно из таблицы, два типа являются доминирующими – европейский -35% ввиду географического положения региона и транспалеаркты – 35%, являющиеся широко распространенными во всей Палеарктике. Сибирский тип представлен 12%, к арктическому типу относится 7%. Оставшиеся 4 типа представлены небольшим количеством видов и в сумме составляют 13%. Таким образом, основу видового разнообразия орнитофауны города составляет орнитофауна Татарстана – 59% от региональной орнитофауны, сформированное зоогеографическими особенностями региона на стыке двух географических зон. В соответствии

с зонально-географическими особенностями орнитофауна Республики Татарстан представлена 317 видами. Орнитофауна г. Казани представлен 186 видами, что составляет 59% региональной орнитофауны.

Литература

1. Растительность европейской части СССР / под ред. С.А. Грибановой и др. – Ленинград: Наука, 1980. - 429 с.
2. Ландшафты Республики Татарстан: региональный ландшафтно-экологический анализ (под ред. О. П. Ермолаева). – Казань : Слово, 2007. - 411 с
3. *Штегман Б.К.* Основы орнитогеографического деления Палеарктики // Фауна СССР. Птицы. 1938. Т.1. - 156 с.
4. *Клауснитцер Б.* Экология городской фауны. Москва: Мир, 1990. – 246 с.
5. *Рахимов И.И.* Птицы города Казани. Казань: Олитех, 2021. – 212 с.
6. *Рахимов И.И.* Авифауна Среднего Поволжья в условиях антропогенной трансформации естественных природных ландшафтов. – Казань: Новое знание, 2002. - 272 с.

***Rakhimov I.I., Basyrov A.M.,
Arinina A.V., Surnina T.A.***

ZOOGEOGRAPHICAL FEATURES AND CONDITIONS FOR FORMATION OF ORNITHOPHAUNA OF KAZAN

Kazan Federal University, Russia

The avifauna of the Republic of Tatarstan consists of both representatives of taiga coniferous forests and birds characteristic of the steppe. This is a zoogeographic feature of the regional fauna as a whole. The nature of the regional avifauna is decisive in the formation of the bird fauna of the city of Kazan, which is also located at the junction of the forest and forest-steppe zones.

**Рифай Низар Нассер¹, Попова Д.В.²,
Научные руководители: Польшова Г.В., Беме И.Р.
ВОКАЛИЗАЦИЯ БОРОДАТОЙ НЕЯСЫТИ**

¹*Российский Университет дружбы народов имени Патриса
Лумубы, Россия*

²*Московский Государственный Университет имени
М.В. Ломоносова, Россия
rifainizar@yandex.ru*

В работе даётся сокращённый обзор вокальной деятельности бородатой неясыти (*Strix nebulosa*) с учётом анатомии её сирикса, особенностей онтогенеза голосовых сигналов и влияния экологических факторов. Описывается упрощённое строение голосового аппарата сов по сравнению с певчими птицами, а также этапы развития вокализации у птенцов, типичных для птенцовых видов. Рассматриваются функции звуковых сигналов в территориальном поведении, размножении и коммуникации внутри семьи и их приспособленность к условиям ночного леса

Вокальная коммуникация помогает в жизни птиц, позволяя им эффективно обмениваться информацией, поддерживать социальные связи и адаптироваться к условиям среды. Бородатая неясыть (*Strix nebulosa*), известная также как большая серая сова, выделяется среди сов выраженной ночной активностью, крупными размерами и своеобразным голосовым аппаратом. Актуальность её изучения обусловлена сочетанием хищного образа жизни, специализированной анатомии сирикса и разнообразия звуковых сигналов, связанных с размножением и территориальным поведением. Цель данного обзора – обобщить сведения о строении сирикса бородатой неясыти, её характерных вокальных сигналах, динамике развития голосового поведения и биологических аспектах, влияющих на вокализацию.

Сирикс – основной орган звукообразования у птиц, расположенный на месте раздвоения трахеи. В отличие от млекопитающих, у которых голос формируется в гортани, у птиц вибрации возникают в костно-хрящевых кольцах

сиринкса с натянутыми тимпанальными мембранами. У сов, включая бородатую неясыть, сиринкс отличается упрощённой структурой по сравнению с певчими воробьиными: имеется лишь одна пара внутренних мышц, управляющих голосовой щелью [1]. Тем не менее, у бородатой неясыти сиринкс крупный, с утолщёнными хрящами, позволяющими создавать низкие, громкие крики. Половой диморфизм проявляется в том, что самцы «ухают» заметно ниже, чем самки. Упрощённая мускулатура компенсируется мощностью выдоха и резонансом воздушных мешков, обеспечивая характерное длительное «уханье» [2].

Основная вокализация бородатой неясыти – серия низких, протяжных «*hoo... hoo...*», особенно активных в брачный период. Эти крики имеют двойное назначение: удержание собственной территории и привлечение полового партнёра [3]. Помимо уханья, сова издаёт агрессивные или предупреждающие звуки (шипение, клёкот), тихие «семейные» сигналы и клювные щёлканья. Благодаря простой, но мощной конструкции сиринкса, вокализация у бородатой неясыти обладает устойчивой тональностью, хорошо распространяется в ночном лесу и служит эффективным коммуникативным инструментом на расстоянии [4].

Развитие голосовых реакций птенцов бородатой неясыти проходит несколько стадий, отражая общую стратегию птенцовых птиц. Совы вылупляются беспомощными, покрытыми только пухом, со слабо развитыми органами чувств. Сначала они издают тихий писк, сигнализируя о голоде и призывая родителя к кормлению, не привлекая при этом хищников [5]. Через 1–2 недели птенцы начинают более активно и разнообразно «разговаривать»: появляется стрекотание и чириканье при выпрашивании пищи. К моменту, когда молодые совы покидают гнездо и рассаживаются по соседним веткам (3–4 недели), формируется громкий требовательный крик, слышимый на значительном расстоянии и позволяющий родителям быстро

найти нуждающегося в кормлении птенца.

По мере созревания (около 2–3 месяцев) молодые совы утрачивают необходимость в постоянных призывах и реже кричат. К году-полтора они начинают осваивать типичное «уханье», характерное для взрослых особей и используемое во время брачного сезона [6].

Среди птенцовых птиц такая последовательность – от слабого писка к сильному крику – является нормой, так как их птенцы долгое время остаются зависимыми от родителей. Для сравнения, у выводковых видов, рождающихся зрячими и опушёнными, ранние вокализации в первую очередь служат поддержанию контакта с родителями при самостоятельном передвижении. Тип развития (птенцовый или выводковый) напрямую влияет на скорость включения громких сигналов в репертуар и обуславливает разные схемы онтогенеза вокального поведения [7].

Бородатая неясыть населяет обширные хвойные и смешанные леса северных регионов Евразии и Северной Америки, предпочитая участки с полянками и вырубками, где охотится на грызунов. Основу питания составляют полёвки и мышевидные, на которых сова охотится ночью, используя острое зрение, идеальный слух и бесшумный полёт. Активность днём минимальна: в светлое время суток она отдыхает, маскируясь в лиственном или хвойном окружении [8].

В брачный период с конца зимы самец начинает громко ухать, обозначая границы своей территории и зовя самку. Пара формируется после взаимных переключек, самец иногда приносит самке добычу как часть ритуала ухаживания. Бородатая неясыть обычно использует готовые дупла или пустующие гнёзда крупных хищных птиц, откладывая 3–5 яиц; самка насиживает, а самец кормит её. По вылуплении птенцы требуют частого питания, и их голодные крики становятся доминирующими звуками в весенне-летний период, тогда как громкое уханье родителей снижается, чтобы не привлекать ненужное внимание к гнезду [9].

Вокализация играет ключевую роль и в пространственной организации: бородатые неясыти – оседлые совы, охраняющие постоянные участки леса. Территориальное уханье даёт понять соседям о присутствии владельца, избегая прямых конфликтов. Низкочастотная структура звука лучше распространяется через деревья, позволяя совам перекликаться в густом и тёмном лесу на больших дистанциях. В тихую безветренную ночь уханье можно услышать за километры.

В период, когда нет необходимости защищать участок или искать партнёра, неясыть преимущественно молчит, концентрируясь на поиске добычи. Общение внутри семьи проходит на короткой дистанции тихими звуками, что сокращает риск обнаружения [10].

Таким образом, вокализация бородатой неясыти отражает сочетание анатомии и биологических потребностей: упрощённый сиринокс с ограниченным набором мышц генерирует мощные низкочастотные крики, эффективно передаваемые в ночном лесу. У данного вида вокальные проявления играют центральную роль в размножении, поддержании территориальных границ и семейной координации. Онтогенез голосового поведения наглядно показывает переход от тихого писка беспомощных птенцов к характерному взрослому «уханью» по мере достижения половой зрелости.

Сравнение птенцового типа развития у бородатой неясыти с выводковыми видами подчёркивает различия в формировании акустических сигналов. В целом, ночной образ жизни, приспособленность к густому лесу и особое устройство сиринокса делают голосовую коммуникацию ведущим фактором адаптации этого вида.

Литература

1. Миккола Х. Совы. Виды мира / Х. Миккола; пер. с англ. – Москва: АСТ, 2013. – С. 112–115.
2. Костин Ю.В. Птицы лесов. Москва: Лесная промышленность, 1977. - С. 85–89.

3. *Портенко Л.А.* Птицы СССР. Часть II. Москва: Наука, 1973. – С. 220–225.
4. *Флинт В.Е., Бёме Р.Л., Костин Ю.В., Кузнецов А.А.* Птицы СССР. Полевой определитель. Москва: Просвещение, 1989. – С. 310–315.
5. *Гладков Н.А.* Отряд совообразные (Strigiformes) // Жизнь животных. Том 5. Птицы / под ред. Г.П. Дементьева, Н.А. Гладкова. Москва: Просвещение, 1970. – С. 44–75.
6. *Майерс П.* Бородатая неясыть (*Strix nebulosa*) / Энциклопедия жизни. 2011.
7. *Bull E.L., Duncan J.R.* Great Gray Owl (*Strix nebulosa*) // The Birds of North America Online / ed. A. Poole. – Ithaca: Cornell Lab of Ornithology, 1993.
8. *Hayward G.D., Verner J.* (Eds.). Flammulated, Boreal, and Great Gray Owls in the United States: A Technical Conservation Assessment Fort Collins: USDA Forest Service, 1994. – С. 159–175.
9. *Mikkola H.* Owls of Europe London: T & AD Poyser, 1983. – С.200–210.
10. *Nero R.W.* The Great Gray Owl: Phantom of the Northern Forest Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1980. – С. 95–105.

Rifai Nizar Nasser, Popova Darya Vladimirovna
VOCALIZATION OF THE GREAT GRAY OWL

*Peoples Friendship niversity of Russia named after Patrice Lumumba
 (RUDN University), Russia*

Lomonosov Moscow State University, Russia

This paper provides a concise review of the vocal activity of the great gray owl (*Strix nebulosa*), considering the anatomy of its syrinx, the ontogeny of its vocal signals, and the influence of ecological factors. The simplified structure of the owl's vocal apparatus is described in comparison with songbirds, along with the developmental stages of vocalization in chicks, characteristic of altricial species. The functions of vocal signals in territorial behavior, reproduction, and family communication are examined. Special emphasis is placed on the adaptation of low-frequency "hooting" to the conditions of the nocturnal forest.

**Рифай Низар Нассер¹, Попова Д.В.²,
Научные руководители: Польшова Г.В., Беме И.Р.**
ВОКАЛИЗАЦИЯ ОБЫКНОВЕННОЙ НЕЯСЫТИ

¹*Российский Университет дружбы народов
имени Патрисы Лумумбы, Россия*

²*Московский Государственный Университет
имени М.В. Ломоносова, Россия*
rifainizar@yandex.ru

В работе обобщены сведения о строении сиринкса (голосового органа) у обыкновенной неясыти (*Strix aluco*), описаны особенности её вокализации и пути развития голосового поведения от эмбриональной стадии до взрослого состояния. Рассматриваются типы развития птенцов у птиц (выводковые и птенцовые) и влияние степени зрелости при вылуплении на формирование акустических сигналов. Отмечается роль врождённых и средовых факторов в становлении голосового репертуара, а также его функциональное назначение – от кормовых криков до территориальных уханий и контактных сигналов.

Вокальные коммуникации играют ключевую роль в жизни птиц, обеспечивая обмен информацией между особями. У ночных хищников, таких как обыкновенная неясыть (*Strix aluco*), звуковые сигналы особенно важны ввиду тёмного времени охоты. Изучение совиной вокализации помогает понять территориальное поведение и репродуктивное взаимодействие: несмотря на то, что у сов вокальные сигналы считаются преимущественно врождёнными и менее вариабельными, их развитие остаётся недоисследованным. Обыкновенная неясыть, широко распространённая в Евразии, обладает комплексным репертуаром, включающим знаменитое «уханье»; будучи видом с птенцовым (алтрициальным) типом развития, она позволяет проследить стадии формирования голосовых сигналов при длительной родительской опеке. Сравнение с выводковыми (прекосоциальными) видами даёт возможность выявить роль

степени зрелости птенцов в онтогенезе вокализации.

Сирикс у сов (расположенный в месте разделения трахеи на бронхи) содержит вибрирующие перепонки, вызываемые потоком воздуха из лёгких. У непевчих птиц (включая сов) сирикс устроен проще, чем у воробьиных, но позволяет производить характерные сигналы — уханья, крики, шипения. У обыкновенной неясыти отсутствуют специализированные «барабаны» в сириксе, однако усилению звука способствует горловой мешок, который раздувается и резонирует при уханье [1].

Несмотря на простую мышечную структуру (только одна пара сиригеальных мышц), неясыть способна к низким, громким уханьям, распространение которых в лесу облегчается их частотным диапазоном (примерно 300-800 Гц у самцов). Масса и размеры птицы напрямую влияют на частоту основного тона. Голоса самцов и самок различаются: самцы дают длинные «ху-ху-хууу», а самки чаще издают короткий «ке-вик» более высокого тона и могут включаться в дуэт с партнёром. Индивидуальные особенности хорошо различимы при спектрографическом анализе: по сочетанию тембра, частоты и длительности уханий совы узнают друг друга и сохраняют «голосовой почерк» годами [2].

Птенцы сначала пищат в яйце, подавая слабые сигналы за сутки до вылупления. Сразу после рождения они издают высокочастотные пiski, требуя пищу, а к месяцу переходят к пронзительным крикам, привлекающим родителей на расстоянии.

По достижении самостоятельности (2–3 месяца) ювенильные крики ослабевают и постепенно сменяются взрослым «уханьем», когда птица становится территориально и репродуктивно активной. Таким образом, онтогенетический путь вокализации — от пищевых воплей до низкого уханья — показывает сочетание врождённых механизмов и постепенного морфологического созревания голосового аппарата [3].

Птиц традиционно делят на выводковые (прекосiальные)

и птенцовые (алтрициальные) виды в зависимости от степени развития птенцов при вылуплении. Выводковые (например, гусеобразные, курообразные) с первых часов жизни могут двигаться и частично кормиться самостоятельно, обладая более богатой первичной вокализацией [4].

Птенцовые (большинство воробьиных, голубей, хищных птиц) рождаются беспомощными, рефлекторно пищат и полностью зависят от родителей. Между этими крайностями есть промежуточные формы (например, совы рассматриваются как полу-птенцовые), что отражается в продолжительности гнездового периода и характере родительской опеки. У обыкновенной неясыти, чей гнездовой период длится примерно 30 дней, вокальное поведение птенцов постепенно усложняется: от тихих рефлекторных позывов до громкого визга в возрасте 3-4 недель [5].

После выхода из гнезда «ветрушки» (молодые совы) громко кричат, рассеявшись по ветвям, привлекая родителей. К концу лета ювенильная вокализация ослабевает, а с осени у молодых самцов проявляется характерное уханье.

В онтогенезе птенцовых видов вокализация сначала служит для связи с родителями (попрошайничество, сигнализирующий голод или дискомфорт). У выводковых птиц уже эмбрионы могут обмениваться позывками для синхронизации вылупления, тогда как у сов эта способность развивается в меньшей степени, но всё же отмечена. В птенцовом периоде вокализация усложняется: появляются оборонительные сигналы, позывные для контакта [6].

У хищных птиц (сов и дневных) репертуар относительно ограничен, но достаточен для территориального взаимодействия, поиска партнёра и обеспечения кормовых отношений. От момента вылупления до «ломки голоса» у молодых птиц преобладают высокочастотные крики, которые снижаются по тону по мере роста. Полное становление взрослого типа вокализации у неясыти происходит примерно за год, синхронно с половым созреванием [7]. Помимо врождённой

основы, развитость голоса зависит от условий среды. Кормовая обеспеченность увеличивает или уменьшает интенсивность попрошайничьих криков, наличие соседей — стимулирует более частую территориальную вокализацию.

У сов нет необходимости в обучении песне, как у многих воробьиных, но социальный контекст всё же влияет на степень и контекст использования врождённых сигналов [8].

Таким образом, вокализация обыкновенной неясыти отражает взаимодействие генетически заданного механизма и влияний внешней среды. Простое устройство сиринкса сов обуславливает сравнительно малый, но функционально адаптированный набор сигналов — от громкого уханья, играющего ключевую роль в территориальных и брачных коммуникациях, до пищевых криков птенцов.

Тип развития (птенцовый) определяет длительность зависимости от родителей и связанную эволюцию голосовых сигналов, которые формируются в нескольких этапах — от эмбрионального питания до взрослого уханья. Изучение вокального поведения неясыти даёт более широкое понимание механизмов акустической коммуникации в группе хищных птиц и подчёркивает значимость как врождённых факторов, так и социальной среды.

Литература

1. *Марченко А.А., Бёме И.Р.* Вокальный онтогенез у неворобьиных птиц // Зоологический журнал. 2021. Т. 100, №12. С. 1359–1370.
2. *Бёме И.Р.* Формирование вокализации воробьиных птиц (Passeriformes) в онтогенезе: современное состояние проблемы // Журнал общей биологии. 2006. Т. 67, № 4. С. 268–279.
3. *Ковтун М.Ф., Шатковская О.В.* Возникновение модели птенцового развития у птиц: к проблеме эволюции онтогенеза // Вестник зоологии. 2011. Т. 45, № 2. С. 161–171.
4. *Марченко А.А., Бёме И.Р., Сарычев Е.И.* Онтогенез вокального поведения дневных хищных птиц на примере балобана (*Falco*

cherrug) и ястреба-тетеревятника (*Accipiter gentilis*) // Зоологический журнал. 2018. Т. 97, № 6. С. 712–722.

5. *Galeotti P., Pavan G.* Individual recognition of male Tawny Owls (*Strix aluco*) using spectrograms of their territorial calls // *Ethology, Ecology & Evolution*. 1991. V. 3, № 2. P. 113–126.

6. *Appleby B.M., Redpath S.M.*, 1997. Indicators of male quality in the hoots of Tawny Owls (*Strix aluco*) // *Journal of Raptor Research*. V. 31, № 1. P. 65–70.

7. *Klenova A.V., Volodin I.A., Volodina E.V., Postelnykh K.A.*, 2010. Voice breaking in adolescent red-crowned cranes (*Grus japonensis*) // *Behaviour*. V. 147. P. 505–525.

8. *Galeotti P.*, *Strix aluco* Tawny Owl // *BWP Update: The Journal of Birds of the Western Palearctic*. 2001. V 3, № 1. P. 43–77.

Rifai Nizar Nasser¹, Popova Darya Vladimirovna²

VOCALIZATION OF THE TAWNY OWL

*Peoples Friendship niversity of Russia named after Patrice Lumumba
(RUDN University), Russia*

Lomonosov Moscow State University, Russia

This paper summarizes information on the structure of the syrinx (vocal organ) in the tawny owl (*Strix aluco*), describing its vocalization features and the development of vocal behavior from the embryonic stage to adulthood. The study examines different chick development types in birds (precocial and altricial) and the impact of hatching maturity on the formation of acoustic signals. The role of innate and environmental factors in shaping the vocal repertoire is highlighted, as well as its functional significance—from food begging calls to territorial hoots and contact signals.

Соболев Н.А.^{1,2}, Кузусева А.С.²

ОБНОВЛЕНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ О МЕСТАХ ПРОИЗРАСТАНИЯ КАСАТИКА БЕЗЛИСТНОГО

¹ *Институт географии Российской академии наук, Россия*

² *Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина,
Россия*

sobolev_nikolas@igras.ru

В докладе приводится характеристика обновлённой базы данных описаний геоботанических площадок с присутствием касатика безлистного (*Iris aphylla* L.). Расширен географический охват базы данных. Включение в неё сведений о жизненных формах видов, отмеченных в местах произрастания касатика безлистного, позволяет определять населяемый им тип растительности в разных частях ареала.

Касатик безлистный (*Iris aphylla* L.) – вид растений, занесённый в Красную книгу Российской Федерации [1]. В Рязанском государственном университете имени С.А. Есенина целенаправленное изучение касатика безлистного началось в 2014 г. под руководством зав. лабораторией по изучению и охране биоразнообразия, д. б. н., проф. М. В. Казаковой. В 2014–2016 гг. в ходе серии выездов и экспедиций составлено 95 геоботанических описаний в местах произрастания касатика безлистного в Центре Русской равнины. Показано наличие групп видов, как правило или обычно произрастающих совместно с касатиком безлистным и при этом относящихся к диагностическим видам синтаксонов, характерных для лесостепной зоны [2]. В дальнейшем авторы настоящего сообщения составили ещё 23 описания мест произрастания касатика безлистного. Оригинальные описания мы объединили с описаниями, опубликованными в научной литературе, в базу данных о местах произрастания касатика безлистного [3].

В настоящее время база данных, с учётом опубликованных материалов [4-6], содержит данные 425 описаний

местонахождений касатика безлистного со ссылкой на источники информации, включая 24391 запись о местах произрастания растений 687 видов и 34 надвидовых таксонов. В прежней версии базы данных фигурировали описания, сделанные в Белгородской, Курской, Липецкой, Московской, Оренбургской, Орловской, Пензенской, Рязанской, Тамбовской областях и Республике Мордовии. К ним добавлены описания из Брянской области и Ставропольского края и дополнительные описания из Орловской области. Таким образом, база данных охватывает всю широтную амплитуду лесостепной зоны и Северный Кавказ. Описания, внесённые в базу данных, выполнены в период с 1998 по 2024 гг.

Описание каждого местонахождения содержит следующие сведения: дата описания, отдельно год, месяц и день описания, что позволяет анализировать распределение данных по вегетационному периоду; географическое местоположение площадки, координаты местонахождения и их погрешность; при необходимости – краткая характеристика особенностей местообитания (рельеф, почвы, тип землепользования, пожары).

Отдельный блок характеризует собственно геоботаническую площадку: уклон местности и экспозиция склона, проективное покрытие, общее и по ярусам, высота травостоя, кустарников и деревьев.

Запись о каждом виде, выявленном на той или иной площадке, содержит следующие наиболее важные сведения: научное наименование вида согласно классификации, применяемой при изучении флоры соответствующего региона России со ссылкой на источники номенклатуры [7, 8], а также наименование, применяемое в GBIF в качестве универсального для всего мира; обилие – покрытие вида по шкале Браун-Бланке [9]; автор(ы) описания и определения экземпляров вида на площадке и специалист, заносивший запись о виде в базу данных; жизненная форма вида, охарактеризованная по системе И.Г. Серебрякова [10]

согласно актуальным региональным сводкам [11, 12].

Сведения о координатах местоположения каждой площадки позволяют проводить метаанализ данных применительно к различным географическим единицам, например к системе биомов [13]. Предметом такого метаанализа может быть распределение микроклиматических условий произрастания касатика безлистного и сопряжённых с ним видов растений, выявляемое методом фитоиндикации [14], а также изучение растительного покрова на основе сравнения описаний в базе данных с определениями типов растительности, данными Е.М. Лавренко по преобладающим жизненным формам растений [15].

Выражаем благодарность д.б.н., проф. М.В. Казаковой за многолетнее руководство, к.б.н. Е.А. Авериновой и к.б.н. Е.А. Белоновской за консультации по работе с геоботаническими описаниями, к.б.н. Н.В. Ивановой за помощь по интеграции базы данных в Глобальную информационную систему по биоразнообразию (GBIF). Работа выполнена в рамках плана научных исследований Лаборатории геохимии ландшафтов Института естественных наук ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный университет имени С.А. Есенина» и темы № FMWS–2024–0007 Государственного задания ФГБУН «Институт географии Российской академии наук».

Литература

1. Варлыгина Т.И., Казакова М.В. Касатик безлистный // Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации [и др.] ; ответственный редактор: доктор биол. наук Д. В. Гельтман. 2-е офиц. изд. Москва : ВНИИ "Экология", 2024. С. 332.
2. Казакова М.В., Соболев Н.А., Кугушева А.С. Флористическая свита *Iris aphylla* L. в восточноевропейской части его ареала // Флора и охрана генофонда. Материалы Всероссийской научной конференции, посвящённой 80-летию со дня рождения В.С. Новикова (1940–2016). Москва, 2–6 ноября 2020 г. / Отв. ред. Чуб В.В. М: Издательский дом «Типография МГУ», 2020. С. 223–230.

3. Sobolev N.A., Kazakova M.V., Kugusheva A.S., Averinova E. A., Ageeva A.M., Belonovskaya E.A., Borisova L.E., Dorofeeva P.A., Fandeeva O.I., Filatova T.D., Kalmykova O. G., Kiseleva L.L., Kol'tsov D.B., Nedosekina T.V., Pis'markina E.V., Poluyanov A.V., Prigoryanu O.M., Sokolov A.S., Titova S.V., Tsarevskaya N.G., Zolotukhin N.I., Zolotukhina I.B., Bobylev M.A., Gudina A.N., Kondrashova A. A., Kosiakov K.I. Description of vegetation plots with *Iris aphylla* L. in European Russia. Version 1.6. Institute of Geography, Russian Academy of Sciences. Samplingevent dataset. 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.15468/hw7dhs> (дата обращения 31.03.2025).
4. Аверинова Е.А., Булохов А.Д. Кальцефитные опушечные сообщества памятника природы Марковские Горы (Брянская область) // Вестник Брянского государственного университета. 2010. №4: Точные и естественные науки. С.68-73.
5. Ковыли и ковыльные степи Белгородской; Курской; Орловской областей: кадастр сведений; вопросы охраны / Н. И. Золотухин, А. В. Полуянов, Л. Л. Киселёва, И. Б. Золотухина, О. М. Пригоряну, О. В. Рыжков, Т. Д. Филатова, П. А. Дорофеева, О. И. Фандеева, О. П. Власова, Н. В. Вышегородских. Курск; 2015. – 487 с.
6. Лысенко Т. М., Щукина К. В., Нешатаева В. Ю., Шильников Д. С., Дутова З. В. Новые высшие синтаксоны степной растительности Северного Кавказа // Разнообразие растительного мира. 2021. № 2 (9). С. 59–75.
7. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 11-е изд. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2014. – 635 с.
8. Черепанов С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья-95, 1995. 992 с.
9. Braun-Blanquet J. Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. 3rd Edition. Berlin: Springer-Verlag, 1964. – 631 p.
10. Серебряков И. Г. Экологическая морфология растений. Жизненные формы покрытосеменных и хвойных. М.: Высшая школа, 1962. – 377 с.

11. Казакова М. В. Флора Рязанской области. Рязань: Русское слово, 2004. 388 с.
12. Жмылёв П.Ю., Алексеев Ю.Е., Морозова О.В. Биоморфологическое разнообразие растений Московской области: монография. Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2017. – 325 с.
13. Биомы России. Карта 1:7 500 000 / Гл. ред. проф. Г. Н. Огуреева. М.: РГО; Географический факультет МГУ, 2015.
14. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. – 196 с.
15. Растительность Европейской части СССР / С. А. Грибова, Т. И. Исаченко, Е. М. Лавренко. Л.: Наука, 1980. – 429 с.

Sobolev N.A.^{1,2}, Kugusheva A.S.²
UPDATE OT THE DATA BASE ON HABITATS
OF THE STOOL IRIS

¹*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Russia*

²*Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Russia*

The report provides a description of the updated database of relevés with the presence of the Stool Iris (*Iris aphylla*), also known as Leafless Iris and Table Iris. The geographic coverage of the database has been expanded. Information on the biomorphs of species occurring in the habitats of the Stool Iris has been added, which makes it possible to determine the vegetation type, which it inhabits in different parts of its range.

Сорокина Д.С.

Научный руководитель: доцент Поддубная Н.Я.

**ПИТАНИЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ЛЕСНОГО КОТА
(*PRIONAILURUS BENGALENSIS EUPTILURA* (ELLIOTT,
1871)) НА ВОСТОЧНОЙ ГРАНИЦЕ АРЕАЛА**

Череповецкий государственный университет, Череповец, Россия
sorokinadasha2002@ya.ru

Изучение пищевых привычек дальневосточного лесного кота (ДВК) является важным для сохранения данного подвида и его среды обитания. Анализ 83 образцов содержимого экскрементов и пищеварительных трактов ДВК показал, что большую часть рациона составляют млекопитающие (встречаемость 89,2%) и беспозвоночные (36,1%). Мелкие грызуны – наиболее часто поедаемый компонент рациона ДЛК (встречаемость 65,1%). Ранговый ряд встречаемости остатков: млекопитающие (89,2%) > мелкие млекопитающие (75,9%) > мышевидные грызуны (65,1%) > насекомые (33,7%) > птицы (26,5 %) > рептилии (4,8%) > зайцы (3,6%) > моллюски и амфибии (по 2,4%) > рыбы (1,2%).

В настоящее время ДВК занесен в Красные Книги Приморского и Хабаровского краев, Международную Красную книгу IUCN (статус LC, пониженная уязвимость) и CITES II список. Питание ДВК на восточной границе ареала недостаточно изучено. При этом знание экологии животных и в первую очередь экологии питания необходимо для сохранения редких видов животных и их среды обитания. Поэтому были проведены специальные исследования.

Материал собран с 2018 по 2024 гг. в Лазовском и Ольгинском районах Приморского края и представляет собой экскременты и содержимое пищеварительного тракта погибших лесных котов ($n = 83$). Образцы хранились в морозильной камере, затем были промыты на серии почвенных сит и бязевой салфетке (это позволило разделить остатки на разно-размерные частицы и не потерять очень мелкие остатки, например, промежуточные зубы землероек) и рассортированы на фракции: кости, шерсть, перья, остатки

беспозвоночных животных, растений и остатки, не определенные ближе. Таксономическую идентификацию выполняли путём сравнения с эталонами, хранящимися в зоологической коллекции кафедры биологии Череповецкого государственного университета, и использования справочной литературы.

В образцах были обнаружены остатки представителей семи укрупненных групп животных (моллюски, насекомые, рыбы, рептилии, амфибии, птицы и млекопитающие), а также растений. Большую часть рациона составляли млекопитающие (встречаемость 89,2%) и беспозвоночные (36,1%). Из млекопитающих лесные коты поедали представителей 13 видов: кутору (*Neomys fodiens*), белозубок (*Crocidura sp.*), азиатского барсука (*Meles leucurus*), зайца (*Lepus sp.*), обыкновенную белку (*Sciurus vulgaris*), дальневосточную полёвку (*Microtus fortis*), красно-серую (*Myodes rufocanus*) и красную (*Myodes rutilus*) полёвок, серую крысу (*Rattus norvegicus*), восточноазиатскую (*Apodemus peninsulae*) и полевую (*Ap. agrarius*) мышей, мышь-малютку (*Micromys minutus*), сибирскую косулю (*Capreolus pygargus*). Отмечена также высокая встречаемость птиц – 26,5%. Мелкие грызуны (Muridae) оказались наиболее часто поедаемым компонентом рациона лесных котов (встречаемость 65,1%). Встречаемость остатков рептилий составила 4,8%, амфибий – 2,4%, рыб – 1,2%. Из беспозвоночных наиболее часто поедались различные насекомые (33,7%), встречаемость моллюсков составила 2,4%.

Сведения из публикаций по теме питания материкового подвида ДВК показывают, что хищник может быть пластичен в выборе пищи. И его рацион питания составляют различные таксоны, главным образом все виды позвоночных и беспозвоночных животных, которых он способен добыть [1,2]. По сравнению с результатами исследования И.В. Середкина и О.А. Бурковского [3] в Приморском крае наши данные демонстрируют высокую роль в питании ДВК

насекомых (33,7%), рептилий (4,8%), амфибий (2,4%) и моллюсков (2,4%). В центре и на юге ареала леопардовой кошки – в Китае, Северном Лаосе и Бангладеш установлено, что основу питания леопардового кота составляли мышевидные грызуны [4,5,6] и в целом набор кормов меньше, чем на восточной границе ареала вида.

Таким образом, мышевидные грызуны являются важным и, видимо, основным компонентом рациона леопардовой кошки и ее подвида ДВК, но на востоке ареала кормовой спектр в целом шире за счет разнообразных беспозвоночных. Учитывая генетические особенности этого подвида непальской кошки, следует продолжать исследование его питания [7,8].

Выражаем благодарность с.н.с. Лазовского заповедника канд.биол.наук Г.П. Салькиной и в.н.с., доценту кафедры Биологии Череповецкого государственного университета, канд. биол. наук, доценту Н.Я. Поддубной за предоставленный для анализа полевой материал и научное сопровождение в выполнении работы.

Литература

1. Shehzad, W. Carnivore diet analysis based on nextgeneration sequencing: application to the leopard cat (*Prionailurus bengalensis*) in Pakistan. *Molecular Ecology*, 2012.
2. Lorica R. and Heaney L. Survival of a native mammalian carnivore, the leopard cat *Prionailurus bengalensis* Kerr, 1792 (Carnivora: Felidae), in an agricultural landscape on an oceanic Philippine island. *Journal of Threatened*, 2013.
3. Seryodkin I.V., Burkovskiy O.A. Food habit analysis of the Amur Leopard Cat *Prionailurus bengalensis euptilurus* in the Russian Far East // *Biology Bulletin*, 2019. V. 46. P. 648–653.
4. Xiong M., Wang D., Bu H., Shao X., Zhang D., Li S., Wang R., Yao M. Molecular dietary analysis of two sympatric felids in the Mountains of Southwest China biodiversity hotspot and conservation implications. // *Scientific Reports*, 2017. V.7 (1). P.41909
5. Diet, prey selection, and activity of Asian golden cats and leopard

cats in northern Laos / Kamler J., Inthapanya X., Rasphone A., Bousa A., Vongkhamheng C., Johnson A., Macdonald D. // Journal of Mammalogy, 2020. V. 101. P. 1-12.

6. Khan H., Monirul M. Food habit of the Leopard Cat *Prionailurus bengalensis* (Kerr, 1792) in the Sundarbans East Wildlife Sanctuary, Bangladesh // Zoos' Print Journal, 2004. V. 19. P. 1475-1476.

7. Юдин В. Г. Дальневосточный лесной кот. Федеральное гос. бюджетное учреждение науки Биолого-почвенный ин-т ДВО РАН. Владивосток: Дальнаука, 2015. – 442 с.

8. Hassanin A., Veron G., Ropiquet A., Jansen van Vuuren B., Lécuyer A., Goodman S.M., Haider J., Nguyen T.T. Evolutionary history of Carnivora (Mammalia, Laurasiatheria) inferred from mitochondrial genomes // PLoS One, 2021. V. 16(2). e0240770

Sorokina D.S.

**THE FOOD SPECTRUM OF THE AMUR FOREST CAT
(*PRIONAILURUS BENGALENSIS EUPTILURA* (ELLIOT, 1871))
AT THE EASTERN BOUNDARY OF THE RANGE**

Cherepovets State University

Studying the dietary habits of the Amur forest cat (AFC) is essential for the conservation of this species and its environment. Analysis of 83 samples of AFC excrements and digestive tracts showed that the diet consists mainly of mammals (89.2% occurrence) and invertebrates (36.1%). Small rodents are the most frequently consumed component of the AFC diet (65.1% occurrence). The rank order of occurrence of remains: mammals (89.2%) > small mammals (75.9%) > mouse-like rodents (65.1%) > insects (33.7%) > birds (26.5%) > reptiles (4.8%) > hares (3.6%) > mollusks and amphibians (2.4% each) > fish (1.2%).

**Фомин А. Д.¹, Котлов И. П.², Готванский А. В.³,
Крещик А. И.³, Андропова Р. С.³, Никитина И. А.³,
Яценникова А. А.², Рожнов В. В.²**

**ФАКТОР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ ЁМКОСТЬ УГОДИЙ
ДЛЯ ТИГРА НА МОДЕЛЬНОЙ ТЕРРИТОРИИ
В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ: МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРИГОДНОСТИ МЕСТООБИТАНИЙ ДЛЯ
КОПЫТНЫХ В ГИС**

¹*Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А.Тимирязева, Россия*

²*Институт проблем экологии и эволюции имени
А.Н. Северцова РАН, Россия*

³*ФГБУ «Заповедное Приамурье», национальный парк «Ануйский»,
Россия*

artem-do-do-fomin@inbox.ru

Рассматривается один из аспектов, влияющих на численность тигров и возникновение конфликтов «тигр-человек»: актуальное состояние местообитаний, их пригодность и экологическая ёмкость для копытных (основы кормовой базы тигра). Работа проведена на локальном участке Хабаровского края.

Моделирование выполнено в среде MaxEnt на основе наборов данных ДЗЗ для площади 153 137,25 км², включающей территорию НП «Ануйский». За основу взяты данные с фотоловушек за 2021-2024 гг. Из пяти обитающих в исследуемом экорегионе видов копытных наиболее подробно рассмотрены два – изюбрь (*Cervus canadensis*) и сибирская косуля (*Capreolus pygargus*). Эти виды, зарегистрированные наибольшее число раз – одни из приоритетных объектов питания тигра в современный временной период.

В работе рассмотрен важный аспект, влияющий на численность тигров и возникновение конфликтов «тигр-человек»: актуальное состояние местообитаний, их пригодность и экологическая ёмкость для видов копытных, являющихся основой кормовой базы тигра. Работа проведена на локальном участке Хабаровского края. Моделирование выполнено с использованием алгоритма Random Forest на

основе наборов данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗЗ) для площади 153 137,25 км², включающей территорию НП «Аньюйский». Парк расположен в Нанайс-ком районе Хабаровского края России, на правом берегу реки Амур, в нижнем течении реки Анюй, на участке горной системы Сихотэ-Алинь, практически не затронутой деятельностью человека. в зоне умеренно холодного климата (рис. 1).

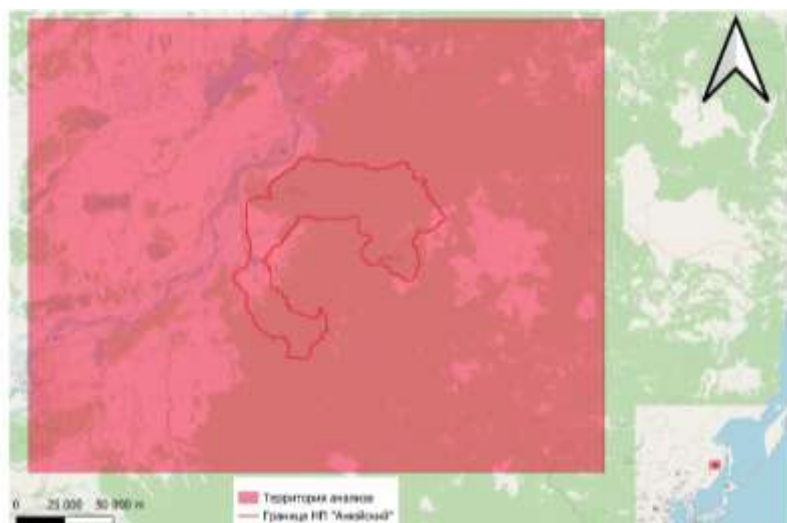


Рис. 1. Район работ

Растительность в районе работ представлена широколиственными и смешанными лесами, а также тёмнохвойной тайгой. В основу работы легли данные с фотоловушек за 2021-2024 гг., собранные специалистами Аньюйского НП в результате работ, направленных на мониторинг биоразнообразия парка и распространения тигра. Из пяти обитающих в исследуемом экорегионе видов копытных (изюбрь (*Cervus canadensis*), сибирская косуля (*Capreolus pygargus*), американский лось (*Alces americanus*), кабан (*Sus scrofa*) и кабарга (*Moschus moschiferus*) на текущий момент проанализирован основной вид кормовой базы тигра изюбрь. Этот вид – один из приоритетных объектов питания тигра

в современный период на фоне низкой численности кабана после эпидемии АЧС [1].

В последние несколько лет на территории Хабаровского края регистрируются конфликты «тигр-человек» [1, 2, 3]. Это может быть связано с рядом аспектов, среди которых рост численности популяции тигра, фрагментация его местообитаний и недостаточность кормовой базы. В соответствии с пунктом программы изучения тигра на Дальнем Востоке, которая ведется ИПЭЭ РАН с 2008 года («Программа изучения амурского тигра на российском Дальнем Востоке», при поддержке Русского географического общества) нами была проведена первичная оценка состояния, пригодности и экологической ёмкости местообитаний на модельном участке Хабаровского края.

Для проведения такой оценки использовали натурные данные, собранные за последние четыре года, дистанционным инструментальным способом сотрудниками национального парка «Ануйский» с помощью фотоловушек, установленных на территории ООПТ [3]. Была проанализирована территория Ануйского НП (4 293,7 км²) и окружающая её местность, общей площадью 153 137,25 км² (рис.1). В анализ вошли участки вблизи города Хабаровска, районов Нанайского, Амурского, Хабаровского, Ванинского, Советско-Гаванского и Района им. Лазо Хабаровского края, а также Тернейского района Приморского края. Для работы были отобраны 13 наборов растровых данных ДЗЗ из каталога Google Earth Engine. Среди них спутниковые снимки и цифровые модели рельефа, отражающие факторы среды, способные оказывать существенное влияние на наличие, распределение и обилие копытных на исследуемой территории. К ним относятся физико-географические характеристики ландшафтного покрова, структура растительности, водный баланс земной поверхности, плотность и глубина снежного покрова, антропогенная модификация суши. Фотоловушки были распределены по территории

национального парка неравномерно, при этом не все из них работали одновременно, что потребовало проведения дополнительных вычислений. Было проведено сравнение периодов работы всех фотоловушек, а также посезонное (зима, ранняя весна (март), весна (апрель-май), лето, осень), распределение числа фиксаций ими факта присутствия животных в сводной таблице. Сезоны были выделены в соответствии с экологическими особенностями изюбря в питании в разное время года [4, с. 168]. Значения выставлялись в соответствии с числом дней в сезоне (в каждом из 4 проанализированных годов), когда на фотоловушке фиксировался факт присутствия вида: от «0» до «11», самое большое значение. Ячейка оставалась незаполненной, если устройство в данный сезон не работало.

На фотоловушках было зафиксировано все пять видов копытных, обитающих в данном экорегионе. Всего в анализ вошли данные с 37 фотоловушек, на которых было отмечено присутствие изюбря. Число фиксаций присутствия этого вида на фотоловушках – одно из самых больших среди всех копытных, и сравнимо с таковым только для сибирской косули, что подтверждает актуальность сегодня именно этих видов, в качестве приоритетных объектов питания для тигра здесь. Число же появлений в объективах фотоловушек других видов изменяется следующим образом в порядке убывания: кабарга, кабан, лось.

Для получения сведений о вероятности успеха регистрации изюбря проведено моделирование распределения вида в пространстве путем совмещения координат фотоловушек, частоты встреч вида на них и данных дистанционного зондирования Земли из космоса. Моделирование выполнено двумя способами: 1) регрессионный анализ числа фиксаций и 2) классификация трех групп встречаемости. Выполнен также корреляционный анализ взаимосвязей регистрации вида с факторами среды и построение графиков рассеяния.

Анализ, проведенный с привлечением информации

о факторах среды ($n=27$), показал положительную корреляцию присутствия изюбря с 15 факторами и отрицательную – с 12. При этом достоверная корреляция наблюдается только с МТРІ (рис. 2) – мультимасштабным ландшафтным индикатором положения точки в рельефе, который отличает грядовые формы рельефа от долинных [5]. Коэффициент корреляции составил $-0,456573$. Таким образом, изюбри здесь достоверно отдают предпочтение долинным формам рельефа относительно грядовых.

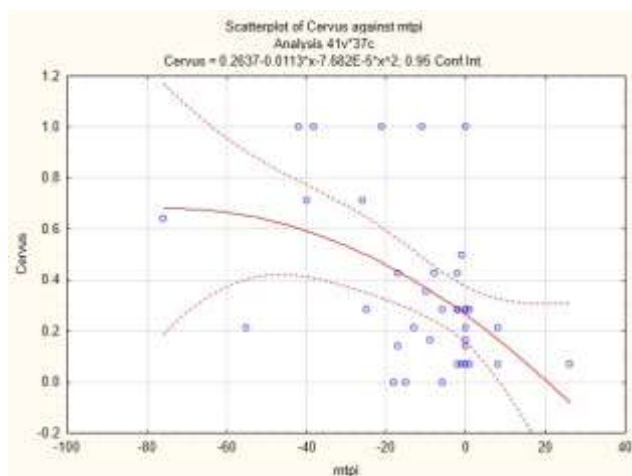


Рис. 2. Отрицательная корреляция между многомасштабным индексом топографического положения (МТРІ) и присутствием изюбря (*Cervus canadensis*)

Регрессионное моделирование показало, что наиболее благоприятные местообитания (рис. 3) для изюбря демонстрируют достоверную взаимосвязь с показателем многомасштабного индекса топографического положения. В соответствии с результатами анализа, наиболее пригодные местообитания изюбря связаны с долинами рек, что в целом характерно для данного вида [6, с. 56-57].

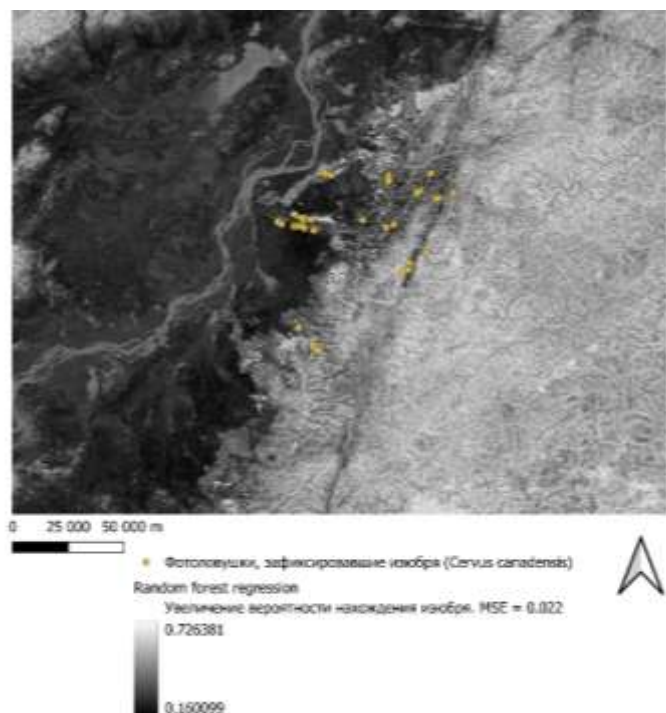


Рис. 2. Регрессионное моделирование

Из проанализированного участка площадь наиболее пригодных для изюбря местообитаний (вероятность нахождения $> 0,7$) составляет 1 823,625 кв км., располагаются они на ЮВ от р. Амур, и характеризуются высокой степенью связанности, что обеспечивает пластичность и адаптивность популяции изюбря.

Проделанная работа представляет собой первый этап в процессе формирования модели распределения и распространения копытных на территории Хабаровского края, обеспечивая тем самым основу для анализа местообитаний тигра. Приуроченность изюбря (как самого обильного вида копытных) к долинам рек позволяет на начальном этапе сделать предположение о соответствующем размещении тигра на территории анализа. Вопрос требует проведения

дальнейших исследований по данному, а также всем другим обозначенным здесь видам копытных для определения их роли как биотических факторов, влияющих на количественные характеристики популяций тигра и его пространственное распределение.

. Литература

1. Ермолин А.Б., Дунищенко Ю.М. О среде обитания Амурского тигра (*Panthera tigris altaica*) в Хабаровском крае и «Экологической» ёмкости территории // Актуальные проблемы биогеографии дальневосточного региона России: материалы Всероссийского симпозиума с международным участием, посвященного 300-летию Российской академии наук и 155-летию академика В.Л. Комарова (1869–1945), г. Хабаровск, 7–11 октября 2024 г. С. 30-38.
2. Ермолин А.Б. О некоторых наблюдениях в ходе мониторинга состояния популяции амурского тигра на северной границе ареала (Хабаровский край) в зимний сезон 2022-2023 гг. // Материалы Международной научно-практической конференции "Охрана и рациональное использование животных и растительных ресурсов", приуроченной к 120-летию со дня рождения профессора В.Н. Скалона, 24-28 мая 2023 года, Иркутск, Россия. С. 74-79.
3. Андропова Р.С., Никитина И.А., Готванский А.В. Определяющие динамику численности и население амурских тигров факторы в национальном парке «Анжуйский» (Хабаровский край, Россия) // Материалы международной научно-практической конференции, приуроченной к 120-летию со дня рождения профессора В. Н. Скалона, в рамках XII международной научно-практической конференции «Климат, Экология, Сельское хозяйство Евразии». Молодежный, 2023. С. 4-10.
4. Цындыжапова С.Д., Разломий Н.Г. Особенности питания и территориального размещения изюбра (*Cervus elaphus xanthopygus* Milne - Edwards, 1860) в угодьях Чугуевской РООиР (Приморский край) // Международный научно-исследовательский журнал. № 2 (104). Часть 1. 2021. С.166-170.

5. Earth Engine Data Catalog [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/CSP_ERGo_1_0_Global_SRTM_mTPI?hl=ru (дата обращения: 06.04.2025)
6. К.Г. Абрамов. Копытные звери Дальнего Востока и охота на них // Приморское книжное издательство. Владивосток. 1963

**Fomin A. D.¹, Kotlov I.P.², Gotvansky A.V.³,
Kreschik A.I.³, Andronova R.S.³, Nikitina I.A.³,
Yachmennikova A.A.², Rozhnov V.V.²**

**FACTOR DETERMINING THE CAPACITY OF TIGER
TERRITORIES IN THE MODEL TERRITORY IN
Khabarovsk Krai: Modeling Habitat Suitability
for Ungulates in GIS**

¹Russian State Agrarian University - K.A. Timiryazev MSHA, Russia

²A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian
Academy of Sciences, Russia

³FGBU "Zapovednoe Priamurie", National Park "Anyuysky".

One of the aspects affecting the number of tigers and the emergence of tiger-human conflicts is considered: the current state of habitats, their suitability and ecological capacity for ungulates (the basis of the tiger's food base). The work was carried out in a local area of Khabarovsk Krai. Modeling was performed in the MaxEnt environment on the basis of remote sensing data sets for the area of 153,137.25 km², including the territory of the Anyuysky Nature Reserve. As a basis we took data from photo traps for 2021-2024. Of the five ungulate species inhabiting the study ecoregion, two of them - Siberian musk deer (*Cervus canadensis*) and Siberian roe deer (*Capreolus pygargus*) - were considered in detail. These species, recorded the largest number of times, are among the priority food items of the tiger in the modern time period.

Ширяева Н.С.
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА *GAMMARUS*
***DUEBENI* (LILLJEBORG, 1852) (MALACOSTRACA:**
AMPHIRODA: GAMMARIDEA) ИЗ ВИСЛИНСКОГО
ЗАЛИВА ЛЕТОМ 2023–2024 ГГ.

Калининградский государственный технический университет,
Россия

natalya.pushkina@klgtu.ru

Материалы для данного сообщения были собраны в мае-августе 2023-2024 года в Вислинском (Калининградском заливе). Были исследованы 141 особь, среди которых доминировали самки (61,7 %), и были встречены 4 ювенильные особи (июле 2023, июле-августе 2024 года). Общая длина самок была 2,9-10,7 мм, самцов – 3,3-11,2 мм, ювенильные особи – 2,5-3,3 мм. Длина впервые нерестящихся особей 4,2 мм. Реализованная плодовитость варьировала от 4 до 30 яиц, количество молоди в марсупиумах длиной 1,0-1,2 мм варьировало от 6 до 13 экз.

Амфиподы (бокоплавы) – одна из крупнейших групп высших раков, важные составляющие биоресурсов водных экосистем, утилизаторы первичной и, отчасти, вторичной продукции. Они играют важную роль в процессах трансформации веществ и энергии в биологических процессах водоёмов, в питании ряда рыб [1]. *Gammarus duebeni* в Калининградской области встречается вдоль всего побережья Балтийского моря, в Ботническом и Вислинском (Калининградском) заливе. Материал для данного исследования (7 проб, всего 141 экз. *G. duebeni*) собран нами в прибрежной зоне Калининградского залива (координаты станции: 54°65′ с.ш.; 20°35′ в.д.) в дневное время в мае-августе 2023-2024 года (рис. 1., табл. 1) на глубине 0-0,5 м вручную, гидробиологическим скребком. Его протягивали в пределах изучаемой площадки длиной около трех метров, отбирая грунт вместе с песком и галькой. Пойманных рачков фиксировали 4%-ным раствором формальдегида. При

описании биологического состояния *G. duebeni* пользовались апробированной методикой [1-4].



Рис. 1. Место сбора материалов (○ - станция отбора) *G. duebeni*, Калининградский залив, в летние месяцы 2023-2024 года

Максимальные уловы как самок, так и самцов *G. duebeni* пришлось на июль 2024 г. В целом в 7 пробах соотношение полов варьировало (66,4% : 33,6%). Число самок превышало число самцов в 1,7-2,7 раз, было встречено 4 ювенильные особи (табл. 1).

Таблица 1. Материалы *G. duebeni*, собранные в Калининградском заливе летом 2023-2024 гг.

Дата сбора	♀♀ экз.	♂♂ экз.	Соотношение полов ♀♀:♂♂	juv, экз.
21.05.2023	15	8	1,9 : 1	—
27.05.2023	1	1	1 : 1	—
05.07.2023	7	4	1,8 : 1	1
14.07.2024	24	9	2,7 : 1	—
17.07.2024	24	13	1,8 : 1	1
14.08.2024	12	7	1,7 : 1	2
31.08.2024	8	4	2 : 1	—
Всего, экз.	91	46	2 : 1	4
Всего особей, экз.	141			

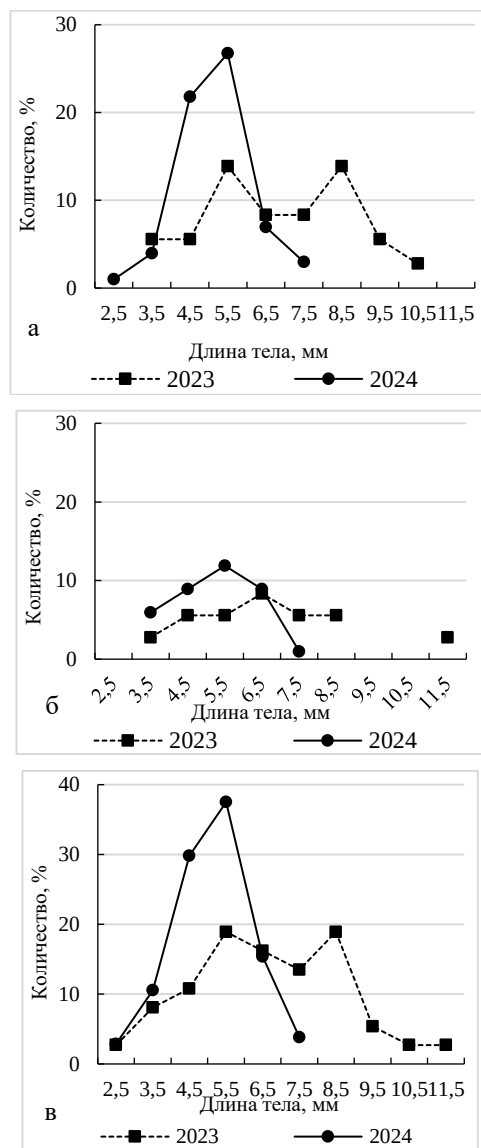


Рис. 2. Размерный состав *G. duebeni* в Калининградском заливе в летние месяцы 2023-2024 года
(а – самки, б – самцы, в - суммарный)

Общая длина тела взрослых амфипод варьировала от 2,9 до 11,2 мм (рис. 2, в). Ювенильных особей с длиной тела 2,5-3,3 мм, мы на графиках не отмечали. В 2023 г. встречались более крупные особи, чем в 2024 г. (рис. 2, а, б), так как в 2023 году среди самок преобладали особи с длиной тела 5,0-5,9 мм, 8,0-8,9, а в 2024 году у обоих полов – 5,0-5,9, мм. В 2023 году среди самок попадались особи с длиной тела 8,0-10,9 мм, что не наблюдается у самцов.

Для оценки репродуктивного состояния самок использовали пятибалльную шкалу [1]. В 2023 году преобладали самки без яиц (14 экз., 60,9% во II стадии зрелости), несколько более продвинутые в развитие, чем самки в стадии I. В 2024 году встречено наибольшее число яйценосных самок: 30 экз., 46,9 % (III стадия). В 2023 и 2024 гг. встречено по 2 особи с молодью в marsupialных сумках. В 2024 году появились самки на V стадии (с уже опустевшей выводковой камерой) 8 экз., 12,5 % (расчет производился от общего числа самок в каждом из годов).

По данным Лупповой [5], у *G. duebeni* половые признаки самок появляются при длине тела 7-8 мм и они уже готовы к размножению. В Калининградском заливе яйца у самок начали появляться при длине тела 4,2 мм, а с молодью в marsupialной сумке – при длине 5,0 мм. В целом в мае-августе 2023-2024 года количество яиц в marsupialных сумках (табл. 2), т.е. реализованная плодовитость: стадия 1-4) варьировало от 4 до 30 яиц. Число молоди в marsupiуме 6-13 экз., с размером тела 1,0-1,2 мм. По литературным данным плодовитость *G. duebeni* варьирует от 6 до 84 яиц [5], что намного больше, чем в наших пробах. Только что отложенные яйца имели размеры 0,3-0,42 × 0,38-0,5 мм.

Таблица 2. Плодовитость *G. duebeni*, в Калининградском заливе летом 2023-2024 г. (SD – Стандартное отклонение)

Стадии эмбриогенеза	N ♀♀ экз. / % от всех самок с потомством		Длина тела ♀♀, мм (диапазон средняя ± SD)		Плодовитость количество яиц (диапазон средняя ± SD)	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
1	1 / 20	8 / 25	7,2	4,3-6,4 5,1±0,73	30	5-17 11±5,06
2	1 / 20	13 / 40,6	5,2	4,3-6,1 5,0±0,55	15	4-19 9±4,48
3	1 / 20	6 / 18,7	6,7	4,2-6,1 5,27±0,65	18	4-15 11±4,03
4	–	3 / 9,4	–	4,8-5,3 5,07±0,25	–	6-8 7±1,0
5	2 / 40	2 / 6,3	7,0-9,9 (8,5±2,05)	5,0-5,5 5,25±0,35	6-13 10-4,95	8-9 9±0,71

Таким образом, количество выловленных особей *G. duebeni* (как самцов, так и самок) в 2023 году было меньше, чем в 2024 году. Число самок в 2 раза больше, чем самцов (оба года исследований). Преобладающие размеры самок и самцов в оба года исследований были близки (5,0-5,9 мм). По нашим данным они созревают при меньшей длине, чем по литературным. Вероятно, условия для *G. duebeni* в Вислинском заливе более благоприятны. Доли половозрелых особей, вынашивающих яйца, и неполовозрелых самок примерно одинаковы. Доминируют особи первого года жизни.

Литература

1. Ширяева Н.С., Судник С.А. // Особенности биологии *Gammarus varsoviensis* Jazdzewski, 1975 (Crtustacea, Amphipoda, Gammaridea) в среднем течении реки Преголи в июле-сентябре 2021 года. 2024. // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2024. № 70. С. 54–72. DOI 10.17217/2079-0333-2024-70-54-72.

2. Грезе И.И. Амфиподы Чёрного моря и их биология. Наукова думка. 1977. - 156 с.
3. Grabowski M., Bcela K., Konopacka A. // How to be an invasive gammarid (Amphipoda: Gammaroidea) – comparison of life history traits. Hydrobiologia. 2007. № 590. P. 75–84.
4. Буруковский Р.Н., Судник С.А., Гусев А.А. Определитель амфипод (Crustacea, Amphipoda) водоёмов Калининградской области. Монография. Калининград: Промышленная типография «Бизнес Контакт». 2019. 172 с.
5. Луннова Е.Н. Экология литоральных бокоплавов *Gammarus* (Lagunogammarus) *oceanicus* и *Gammarus* (Gammarus) *duebeni* как возможных объектов марикультуры в Северных морях. Академия наук СССР. 1987. - 27 с.

Shiryaeva Natalia Sergeevna
BRIEF BIOLOGICAL CHARACTERISTICS
OF GAMMARUS DUEBENI (LILLJEBORG, 1852)
(MALACOSTRACA: AMPHIPODA: GAMMARIDEA)
FROM THE VISTULA BAY IN THE SUMMER MONTHS
OF 2023-2024

Kaliningrad State Technical University, Russia

The materials for this report were collected in May-August 2023-2024 in the Vislinsky (Kaliningrad Bay). 141 individuals were studied, among which females dominated (61.7%), and 4 juvenile individuals were found (July 2023, July-August 2024). The total length of females was 2.9-10.7 mm, males – 3.3-11.2 mm, juvenile individuals – 2.5-3.3 mm. The length of first-time spawning individuals is 4.2 mm. The realized fecundity varied from 4 to 30 eggs, the number of juveniles in marsupiums with a length of 1.0-1.2 mm varied from 6 to 13 specimens.

ГЕОЭКОЛОГИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ ГЕОЭКОСИСТЕМ

Amarie, E¹, Onochie, P².

MICROPLASTIC POLLUTION AND CYANOBACTERIA: INTERACTIONS AND IMPLICATIONS

*¹Department of Ecology, Institute of Environmental Engineering;
RUDN University, Russia.*

*² Department of Geoecology, Civil Engineering Institute; Peter the
Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia.*

1042245333@pfur.ru

This study explores the interactions between microplastics and cyanobacteria. Cyanobacteria can colonize microplastic surfaces, forming biofilms that alter microbial community structures and influence nutrient cycling. This interaction may also facilitate the transport and bioaccumulation of environmental contaminants influencing ecosystem stability. These interactions have cascading effects on aquatic food webs, water quality, and human health, particularly concerning drinking water contamination and seafood safety. Understanding the microplastic-cyanobacteria relationship is essential for developing mitigation strategies, including improved waste management policies and innovative water treatment technologies.

When microalgae cling to plastic surfaces, they create ligninolytic enzymes and extracellular polysaccharidases, which play an important role in plastic degradation and help to reducing the activation energy required to break the chemical bonds of polymers [1]. As the size of MPs decreases, the surface area to volume ratio increases, which allows enormous microbes to adhere to the surface of these tiny particles. MPs have the potential to support the growth of microbial colonies on their surface by providing a substrate for biofilm colonization [2, 3]. Microplastics, can adsorb cyanotoxins, serving as a vector of these toxins to organisms that ingest these particles [4]. CyanoHABs provide a significant health risk by producing cyanotoxins in drinking,

fishing, and recreational water sources [5]. Cyanobacteria, play a crucial role in global biogeochemical cycles, nitrogen fixation, and primary productivity. However, their interactions with microplastics introduce complex ecological consequences that are yet to be fully understood.

Plastics have conveyed great benefits to humanity and made possible some of the most significant advances of modern civilization [6, 7]. Plastics disintegrate slowly over time due to mechanical, photochemical, and biological influences, resulting in smaller sizes, including microplastics [1]. MPs are found in remote polar regions, beaches, bacteria strain, coastline, mangroves, soil, ocean, marine and freshwater water ecosystems and this pollution varies certain geographically by locations [8-10]. Environmental and anthropogenic factors both have a significant impact on microplastic quantity and dispersion; however, environmental factors have a larger influence [10]. MPs have the potential to support the growth of microbial colonies on their surface by providing a substrate for biofilm colonization [2, 3].

Cyanobacteria (blue-green algae) were the first oxygenic photosynthetic microorganisms on Earth. They are also known as primary photosynthetic microorganisms and can be found in a variety of habitats such as rivers, seas, soil, and bare rock. These bacteria can take the form of single cells, colonies, or filaments [11, 12]. The distribution of these cyanobacterial species to new environments has been observed in aquatic environments and global expansion of these harmful cyanobacteria have occurred due to climate change which could have significant effects on the ecosystem at various trophic levels. [11]. Blooms which are specifically related to cyanobacteria are referred to as the increase of biomass of chlorophyll- α concentration in a waterbody over a short period of time in mostly the summer or spring season. Global warming, climate change and temperature gradients favour the blooms production. Cyanobacteria blooms may represent hazards including larval mortality, altered development and death to aquatic organisms. When cells collapse, they release

cyanotoxins (bioactive metabolites) to the environment. Cyanotoxins can bioaccumulate (the process by which poisons enter the food chain by accumulating up in individual species) in several aquatic vectors, facilitating their passage across the trophic network [13-16]. Microplastics, can adsorb cyanotoxins, serving as a vector of these toxins to organisms that ingest these particles[4]. Mps has been detected in the blood, placenta, and feces, which provide concerns such as neurotoxicity, oxidative stress, disturb intestinal microbiota, skin irritation, reduce child survival rate and birth weight, cardiovascular disease, and reproductive issues in humans. [17, 18].

Microplastics were quantified in freshwater environments, including lakes, rivers, surface waters, reservoirs, and river sediments [19]. Cyanobacteria in both marine and freshwaters are among the wide range of microbes which, with mineral particles, attach to microplastics, forming a biofilm. As the biofilm grows, within days microorganisms attach to the plastic surface irreversibly, followed by a succession of other bacteria, viruses and eukaryotic microorganisms [20]. The adhesion of microbes, with subsequent development of an extracellular polysaccharide layer [21]. Exposure to microplastics of different composition appears to inhibit the growth of *Spirulina* sp. and alter biochemical composition and promote the production of extracellular polymeric substances[22]. Among primary producers, the filamentous cyanobacteria of the genus *Phormidium* are known to degrade hydrocarbons. The occurrence of species belonging to this genus on plastic surfaces has been widely documented. This raises an interesting possibility that *Phormidium* in the plastisphere may be actively hydrolyzing the plastic [23]

Cyanoblooms can be controlled to a certain extent using chemical, physical or biological means. The use of nutrient input reductions (nitrogen, phosphorous) and some chemicals such as algicides, inhibitors or flocculants; however, use of these chemicals can inevitably recontaminate water bodies. Also, bloom control by physical methods involves mechanical removal

techniques or short wavelength radiation treatment to control the incidence of cyanobacteria. Biologically, can be regulated using regulation of nutrient availability, alteration of physiology (decrease in photosynthetic pigment), direct feeding by aquatic organisms (*Rafetus swinhoei*, *Potamogeton lucens*) or growth inhibition microbes (bacteria, fungi or viuses) isolates which have no detrimental effects on the organisms. Other methods include the hydrological manipulation, establishment of a comprehensive monitoring system which can facilitate early warning and prevention of cHABs [16], [24]. The major methods of controlling microplastics include the substitution of non-plastic materials for plastic ones, bacterial degradation, sunlight-driven photocatalyst, fuels, and biodegradable plastics could be game-changers in future research on Microplastic pollution control [17].

The removal of pollutants via biosorption has been applied. Studies have investigated the interactions of plastic particles with photosynthetic microalgae and cyanobacteria (e.g., *Chlorella*, *Scenedesmus*, *Raphidocelis subcapitata*, *Chlamydomonas reinhardtii*, *Anabaena* sp.) for degradation purposes. Biodegradation of cyanobacteria (*Arthrobacter*, *Nostoc*, *Streptomyces*, *Corynebacterium*, *Pseudomonas*, and *Rhodococcus*) which includes bio-deterioration, bio-fragmentation, assimilation by microorganisms and mineralization has been utilized to degrade synthetic plastics (Polyethylene terephthalate, Polyvinyl alcohol,) into monomers (vinyl alcohol, ethylene, terephthalic acid, polycaprolactone) [25, 26].

Thus, the interaction between microplastics and cyanobacteria presents significant ecological and health implications, ranging from altered microbial communities to toxin bioaccumulation. While cyanobacteria offer potential for bioremediation, comprehensive research is essential to harness this capability effectively and mitigate the broader impacts of microplastic pollution on aquatic ecosystems.

References

1. W. Gao *et al.* Microbial Degradation of (Micro)plastics: Mechanisms, Enhancements, and Future Directions. // *Fermentation*, 2024. Vol. 10. №. 9. P. 441
2. V. Singh and S. Chakraborty. Microplastic Pollution in Freshwater Systems: A Potential Environmental Threat. // *River Health and Ecology in South Asia*, Cham: Springer International Publishing, 2022. Pp. 341–356
3. V. Nava *et al.* Plastic pollution affects ecosystem processes including community structure and functional traits in large rivers. // *Water Res.* 2024. Vol. 259. P. 121849
4. M. Vilar and A. Ferrão-Filho. (Eco)Toxicology of Cyanobacteria and Cyanotoxins: From Environmental Dynamics to Adverse Effects. // *Toxics*. 2022. Vol. 10 № 11. P. 648
5. H.E. Plaas and H. W. Paerl. Toxic Cyanobacteria: A Growing Threat to Water and Air Quality. // *Environ Sci Technol.* 2021. Vol. 55. № 1. Pp. 44–64
6. L. Kubíková and S. Rudý. The Current Global Situation of Plastics and Forecast of Plastic Waste. InL: EDAMBA 2023: Conference Proceedings, Bratislava: University of Economics in Bratislava, 2024, pp. 128–137
7. P.J. Landrigan *et al.*. The Minderoo-Monaco Commission on Plastics and Human Health. // *Ann Glob Health.* 2023. Vol. 89. №. 1
8. N. Ajith, S. Arumugam, S. Parthasarathy, S. Manupoori, and S. Janakiraman. Global distribution of microplastics and its impact on marine environment—a review. // *Environmental Science and Pollution Research.* 2020. Vol. 27. № 21. Pp. 25970–25986
9. B. Chen *et al.* Global distribution of marine microplastics and potential for biodegradation. // *J Hazard Mater.* 2023. Vol. 451. P. 131198
10. F. Shahul Hamid, M. S. Bhatti, N. Anuar, N. Anuar, P. Mohan, and A. Periathamby. Worldwide distribution and abundance of microplastic: How dire is the situation? // *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy.* 2018. Vol. 36. № 10. Pp. 873–897

11. Z. Zahra, D. H. Choo, H. Lee, and A. Parveen. Cyanobacteria: Review of Current Potentials and Applications. // *Environments*. 2020. Vol. 7. №. 2. P. 13
12. T. Nawaz, L. Gu, S. Fahad, S. Saud, B. Bleakley, and R. Zhou. Exploring Sustainable Agriculture with Nitrogen-Fixing Cyanobacteria and Nanotechnology. // *Molecules*. 2024. Vol. 29. №.11. P. 2534
13. T. Villalobos, B. Suárez-Isla, and C. Garcia. Health and Environmental Impacts of Cyanobacteria and Cyanotoxins from Freshwater to Seawater. // *Toxins (Basel)*. 2025. Vol. 17. №. 3. P. 126
14. E. Testai. Understanding cyanobacteria and cyanotoxins: implications for human exposure, toxicological risk assessment and management. // *Adv Oceanogr Limnol*. 2024. Vol. 15, №. 2
15. A. Igwaran, A.J. Kayode, K.M. Moloantoa, Z.P. Khetsha, and J.O. Unuofin. Cyanobacteria Harmful Algae Blooms: Causes, Impacts, and Risk Management. // *Water Air Soil Pollut*. 2024. Vol. 235, №. 1. P. 71
16. R.P. Rastogi, D. Madamwar, and A. Incharoensakdi. Bloom Dynamics of Cyanobacteria and Their Toxins: Environmental Health Impacts and Mitigation Strategies. // *Front Microbiol*. 2015. Vol. 6.
17. N.N. Zahradeen and U. Bawa. Toxicological consequences of microplastics pollution on aquatic Li Ving organisms: a review. // *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences*. 2024. Vol. 10. №. 2c. Pp.25–34
18. M.N. Rokomatu, G. Bhagwat, K. Senathirajah, and T. Palanisami A Systematic Review on the Toxicological Implications of Microplastic to Human Health. 2021. №27.
19. W. Gongi, H. Touzi, I. Sadly, H. Ben ouada, O. Tamarin, and H. Ben ouada. A Novel Impedimetric Sensor Based on Cyanobacterial Extracellular Polymeric Substances for Microplastics Detection. // *J Polym Environ*. 2022. Vol. 30, № 11. Pp. 4738–4748.
20. X. Zhai, X.-H. Zhang, and M. Yu. Microbial colonization and degradation of marine microplastics in the plastisphere: A review. // *Front Microbiol*. 2023. vol.14.
21. J. S. Metcalf and G. A. Codd. Co-Occurrence of Cyanobacteria and Cyanotoxins with Other Environmental Health Hazards: Impacts and Implications. // *Toxins (Basel)*. 2020. Vol. 12, № 10. P. 629.
22. S.Abbasi, S. Amiranipour, J. Karimi, S. Mohsenzadeh, and

- A. Turner. Impacts of polyethylene microplastics on the microalga, *Spirulina* (*Arthrospira platensis*). // *Environmental Pollution*. 2023. Vol. 327. P. 121611.
23. V. Nava and B. Leoni. A critical review of interactions between microplastics, microalgae and aquatic ecosystem function. // *Water Res*. 2021. Vol. 188. P. 116476.
24. L. Song *et al.* Harmful Cyanobacterial Blooms: Biological Traits, Mechanisms, Risks, and Control Strategies. // *Annu Rev Environ Resour*. 2023. Vol. 48, № 1. Pp. 123–147.
25. G.D. Barone, D. Ferizović, A. Biundo, and P. Lindblad. Hints at the Applicability of Microalgae and Cyanobacteria for the Biodegradation of Plastics. // *Sustainability*. 2020. Vol. 12. № 24. P.10449.
26. R. Sarkhel, B. Bhunia, P. Gupta, and T. Mandal. Insightful analysis of cyanobacterial-assisted degradation of different polymers and their kinetics. // *Algal Res*. 2024. Vol. 81. p. 103565.

Амари, Е¹., Оночи, Р²
**ЗАГРЯЗНЕНИЕ МИКРОПЛАСТИКОМ
 И ЦИАНОБАКТЕРИИ: ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ
 И ПОСЛЕДСТВИЯ**

¹*Российский университет дружбы народов
 имени Патриса Лумумбы, Россия.*

²*Санкт-Петербургский политехнический университет имени
 Петра Великого, Россия.*

Обзор посвящен взаимодействию между микропластиком и цианобактериями. Цианобактерии могут колонизировать поверхности микропластика, образуя биопленки, которые изменяют структуру микробного сообщества и влияют на круговорот питательных веществ. Это взаимодействие может также способствовать переносу и биоаккумуляции загрязняющих веществ, влияющих на стабильность экосистемы. Эти взаимодействия оказывают каскадное воздействие на водные пищевые сети, качество воды и здоровье человека, особенно в отношении загрязнения питьевой воды и безопасности морепродуктов.

Belov M.A.

INFLUENCE OF THE ACIDITY OF THE ENVIRONMENT ON THE SELENIUM CONTENT IN THE SOILS OF THE CHELYABINSK REGION

Tyumen State University, Russia

m.blvv@yandex.ru

The study is devoted to the analysis of selenium content in the soils of the Chelyabinsk region, an industrially developed region with a difficult ecological situation. In 2023-2024, samples were taken from 48 agroecosystems represented by common and leached chernozems. The average selenium content in common chernozems was 0.134 ± 0.067 mg/kg, and in leached chernozems — 0.201 ± 0.105 mg/kg. A negative correlation has been established between the pH level of the soil and the selenium content, which confirms the influence of acidity on its distribution. The results emphasize the need for a differentiated approach to assessing the selenium status of soils in the region.

Selenium is an important trace element that plays a key role in the physiology of plants, animals and humans. Its deficiency or excess can have a significant impact on the health of ecosystems and the quality of agricultural products. Selenium is involved in the body's antioxidant defense, supports the immune system, and regulates the thyroid gland. Its deficiency can lead to a decrease in plant resistance to stress, deterioration of animal health and the development of human diseases such as Kashin-Beck disease or cretinism. Excess selenium, in turn, can be toxic, causing tissue damage and disruption of body functions [1-6].

The Chelyabinsk Region, as an industrially developed region, is characterized by a difficult environmental situation caused by the activities of metallurgy, energy and mining enterprises. This creates the prerequisites for changing the natural balance of trace elements in soils, including selenium. Anthropogenic emissions such as heavy metals and other pollutants can affect the availability of selenium to plants, changing its forms in the soil and impairing its absorption. In addition, the agricultural lands of the region are represented by various types of soils, such as ordinary and leached

chernozems, which requires a differentiated approach to assessing their selenium status. The sampling points are shown in figure 1.

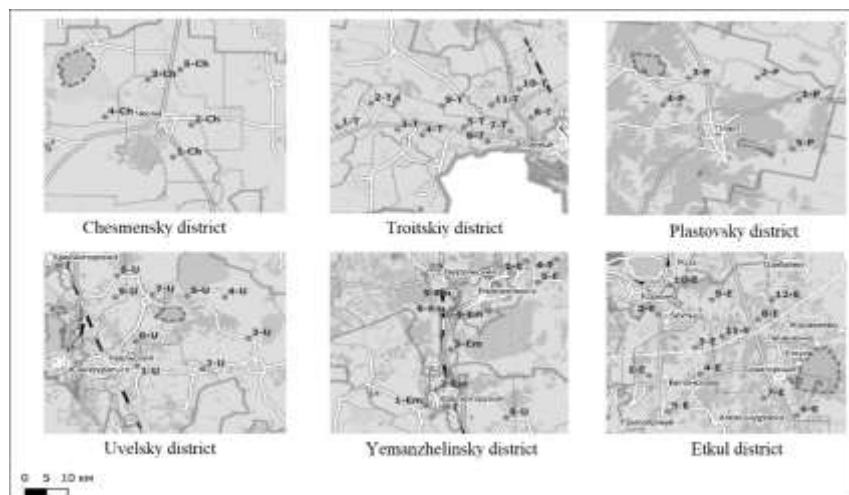


Fig. 1. The map diagram of soil sampling on the territory of municipal districts of the Chelyabinsk region

Soil samples from 48 agrocenoses were taken from 6 municipal districts of the Chelyabinsk Region in the period from 2023 to 2024. Sampling was carried out using the envelope method from the arable horizon from a depth of up to 30 cm in accordance with GOST 17.4.3.01-83. The soils are represented by medium and heavy loamy common chernozems and leached chernozems.

Sample preparation was carried out in accordance with RD 52.18.191-89. The results were obtained by the authors using the equipment of the Central Research and Development Center "Rational Use of Natural Resources and Physico-chemical Research" of Tyumen State University.

Figure 2 shows the average selenium content in different types of soils. The average selenium content in ordinary chernozem is 0.134 ± 0.067 mg/kg. Ordinary chernozems are characterized by a high humus content, which contributes to the accumulation of elements, including selenium. However, in this case, the selenium content is relatively lower compared to its level in leached

chernozem, which is 0.201 ± 0.105 mg/kg.

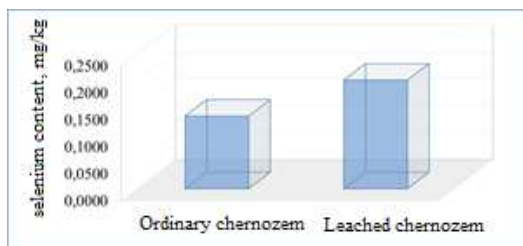


Fig. 2. Average selenium content in the chernozems of the Chelyabinsk region

The coefficient of variation (CV) is calculated. CV shows the degree of variability of selenium content in different types of soils. This will help to understand how variable the distribution of selenium in the soil is. In this case, the CV shows that the selenium content in ordinary chernozems ($CV = 0.621$) is more variable than in leached chernozems ($CV = 0.513$). This indicates a higher variability in the distribution of selenium within ordinary chernozem. This may be due to a number of factors, such as the pH level, the granulometric composition of the soil and the presence of anthropogenic sources. In leached chernozems, selenium has a more stable distribution, although its content is also subject to variability. According to the literature [7-9], one of the factors influencing the selenium content is the acidity of the soil. In acidic soils (with low pH), selenium often becomes less accessible to plants, as it can form less mobile compounds. At the same time, in alkaline soils (with high pH), selenium can become more mobile, which contributes to its better absorption by plants, but also increases the risk of its leaching from the soil. The table 1 shows the correlation.

Table.1. Correlation between selenium content and soil pH

Research area	Pearson correlation coefficient
Chesmensky district	– 0,924
Troitskiy district	– 0,380
Plastovski district	– 0,201

Uvelsky district	– 0,776
Emanzhelinsky district	– 0,245
Etkul district	– 0,308

An analysis of the correlation coefficients shows that the relationship between soil pH and selenium content varies depending on the area. In all cases, the relationship is negative, which means that the higher the pH (the more alkaline the soil), the less selenium it contains. In the Cheshmensky and Uvelsky districts, this dependence may be due to the fact that in alkaline conditions selenium acquires a high migration ability, with the help of which it is easily absorbed by plants or washed out into the lower horizons of the soil. There is a strong negative relationship, which indicates a significant effect of soil acidity on the selenium content. In other areas, the connection is weak or absent, which may be due to the predominance of other factors such as soil composition and anthropogenic influences.

The study demonstrated that the selenium content in the soils of Chelyabinsk Oblast varies depending on their type and acidity. Ordinary chernozems exhibit greater variability in selenium content compared to leached chernozems. Soil acidity significantly affects the availability of selenium for plants: in alkaline soils, selenium is more mobile but may be leached out. Correlation analysis confirmed a negative relationship between soil pH and selenium content, although the degree of this relationship varies by district. This highlights the need for a differentiated approach to assessing the selenium status of soils in the region.

References

1. *Galić L. et al.* Modelling leverage of different soil properties on selenium water-solubility in soils of Southeast Europe //Agronomy. 2023. Vol. 13. №. 3. P. 824.
2. *Genchi G. et al.* Biological activity of selenium and its impact on human health //International journal of molecular sciences. 2023. Vol.24. №. 3. P. 2633.

3. *Gong J. et al.* Distribution of soil selenium and its relationship with parent rocks in Chengmai County, Hainan Island, China //Applied Geochemistry. 2022. Vol. 136. P. 105147.
4. *Hao L. et al.* Distribution characteristics and main influencing factors of selenium in surface soil of natural selenium-rich area: A case study in Langao County, China //Environmental Geochemistry and Health. 2021. Vol. 43. P. 333-346.
5. *Khan Z. et al.* The role of selenium and nano selenium on physiological responses in plant: a review //Plant Growth Regulation. 2023. Vol. 100. №. 2. P. 409-433.
6. *Kieliszek M., Sandoval S.N.S.* The importance of selenium in food enrichment processes. A comprehensive review //Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2023. Vol. 79. C. 127260.
7. *Qu L. et al.* Selenium in soil-plant system: Transport, detoxification and bioremediation //Journal of Hazardous Materials. 2023. Vol. 452. P.131272.
8. *Wang F. et al.* Selenium and thyroid diseases //Frontiers in endocrinology. 2023. Vol. 14. C. 1133000.
9. *Zhang F., Li X., Wei Y.* Selenium and selenoproteins in health //Biomolecules. 2023. Vol. 13. №. 5. P. 799.

Белов М.А.

ВЛИЯНИЕ КИСЛОТНОСТИ СРЕДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ СЕЛЕНА В ПОЧВАХ ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Тюменский государственный университет, Россия

Исследование посвящено анализу содержания селена в почвах Челябинской области - промышленно развитого региона со сложной экологической обстановкой. В 2023-2024 гг. были отобраны образцы из 48 агроценозов, представленных обыкновенными и выщелоченными черноземами. Среднее содержание селена в составило соответственно $0,134 \pm 0,067$ мг/кг и $0,201 \pm 0,105$ мг/кг. Установлена отрицательная корреляция между уровнем pH почвы и содержанием селена, что подтверждает влияние кислотности на его распределение. Результаты подчеркивают необходимость дифференцированного подхода к оценке селенового статуса почв региона.

Guliyev Ilgar Farzulla

**DISTRIBUTION OF THE HEAVY METALS IN THE
SOILS OF THE LOW MOUNTAIN LANDSCAPE OF THE
VALVALACHAI-GUSARCHAI INTERFLUVE AREA
(NORTHEASTERN SLOPE OF THE SOUTHEASTERN
PART OF THE GREATER CAUCASUS, AZERBAIJAN)**

Baku State University, Azerbaijan

ilgar.guliyev1@gmail.com

The article deals with the ecological and geochemical peculiarities of the low-mountainous landscape of the Valvalachai-Gusarchai interfluve area. The study of a number of microelements (Co, Ni, Cu, Zn, Pb) showed that compared to the concentrations of elements in the upper horizon of the natural landscape, the concentrations of Co (2.8 times),

Ni (2.3 times), Cu (1.3 times) are lower in the tilth soil of the agrolandscape, but the concentration of Cr (1.2 times) is higher.

No differences were observed in Pb and Zn concentrations.

The medium faulted low mountainous landscapes of the area between Valvalachai and Gusarchai developed at an altitude of 500-1000 m above sea level. The lithogenic basis of the landscape is formed by Paleogene-Neogene and Quaternary sediments, which are represented by sandstones, limestones, clays, sandy clays and river stones (gravel) [1-4].

Ecological and geochemical studies were performed in natural and agrolandscapes of the low mountains of the studied region. The upper horizon (humus) of the natural horizon, the tilth soil of the agrolandscape, as well as the vegetation of these landscapes (including agricultural products) were studied.

In the upper horizon of the natural landscape of the Greater Caucasus, 35 elements were identified. Spectral emission analysis was used to determine their content in all samples. The article focuses on six heavy metals that are widely used and characterized by stable detection in the soils of the region.

The study of samples from the upper horizon (humus) of the natural landscape and the tilth soil of the agrolandscape revealed that the amount of humus in the soil of the natural landscape varies

from 3.4 to 10.3 and does not exceed 5.8% on average, while the amount of humus in the tilth soil of the agrolandscape varies in the range of 1.5 to 5.5 and the average value is 2.6%. The comparison of these values shows the decrease (2.2 times) of organic matter in the agrolandscape and tilth soil.

Soils of low mountain landscape are characterized by 100% detection frequency of Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, except for Zn (67%) and Pb (80%), in the upper horizon of the natural landscape. The distribution of Cr, Ni obeys the normal law, Pb - the lognormal law; no distribution laws have been identified for other elements.

The analysis of average amounts of elements in the landscape soil revealed maximum amounts of Zn and minimum amounts of Pb in the upper horizon of the natural landscape. In order to determine the effect of organic matter on the migration and correlation of chemical elements in the soil, the correlation coefficients between the elements and Pb, also the amounts were calculated [5, 6]. As the data in table 1 shows, organic matter of soil does not have a significant effect on the redistribution of total amounts of elements in natural landscape and agrolandscape soils.

Table 1. Statistical distribution parameters of the amounts of elements ($x \cdot 10^{-3}\%$) in the natural landscape and agrolandscape soils of the Valvalachai-Gusarchai interfluvial low mountainous landscapes

Elements	R, %	Range of fluctuation	Distribution law	Average amount	Reliable interval	Variation %	Concentration clarke	Distribution clarke	Concentration coefficient
Natural landscape (n=40)									
Cr	100	1.0-10.0	N	4.8	4.5-5.0	40	0.6	1.7	-
Co	100	1.0-5.0	u/c	2.6	-	-	1.4	0.8	2.6
Ni	100	1.0-10.0	N	5.1	4.9-5.3	30	0.9	1.1	1.3
Cu	100	1.0-10.0	u/c	5.8	-	-	1.2	0.8	2.9
Zn	67	n/o-30.0	u/c	7.4	-	-	0.9	1.1	1.5
Pb	80	n/o -5.0	LN	1.5	1.3-1.5	60	0.9	1.1	1.5

$R_6^+=1,3R_6^-=1,3$									
Humus	100	3.4-10.3			5,8 %				
Agrolandscape (n=40)									
Cr	100	3.0-10.0	u/c	5.5	-	-	0.7	1.5	-
Co	100	0.6-1.2	u/c	0.9	-	-	0.5	2.0	-
Ni	100	1.6-4.0	u/c	2.5	-	-	0.4	2.3	-
Cu	100	2.0-6.0	u/c	4.2	-	-	0.9	1.1	2.1
Zn	100	3.0-12.0	u/c	8.0	-	-	1.0	1.0	1.6
Pb	100	0.6-1.6	u/c	1.2	-	-	0.8	1.3	1.2
$R_6^-=1,64$									
Humus	100	1.5-5.5			2.6 %				

Note: n/o – not observed; N – normal, LN – lognormal, u/c – unclear, R – detection frequency

Differences in the level of concentration of elements in relation to the lithosphere [6, 7] are observed. The upper horizon (humus) of the natural landscape is distinguished by the concentrations of Cu (1.2 CC), Co (1.4 CC), and the amounts of Ni, Zn, Pb (1.1 DC) close to clark. The upper horizon is separated by the distribution of Cr (1.7 DC). Accumulation coefficient ($R_6^+ = 1,3$), distribution coefficient ($R_6^- = 1,3$) [8, 9] and their ratio show that balance is observed in these different directions. The tilth soil of the agrolandscape is impoverished (1.3-2.3 DC) in most of the studied elements, Co (2.0 DC) and Ni (2.3 DC) are distinguished with the greatest distribution among them, zinc and copper are characterized by amounts close to clark.

Table 2. Correlation coefficients (r) between total amounts of elements and humus in the natural and agrolandscape soils of the Valvalachai-Gusarchai interfluvial low mountainous landscape

Cr	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Natural landscape (n=40,0; $r_{5\%}=0,30$)					
- 0,06	- 0,07	+ 0,13	- 0,10	+ 0,05	- 0,08
Agro landscape (n=20,0; $r_{5\%}=42,0$)					
+ 0,04	- 0,02	+ 0,18	- 0,12	+ 0,10	- 0,03

The element impoverishment and distribution coefficient ($R_6^- = 1,64$) of the tilth soil of the agrolandscape show the leaching of elements from the tilth soil as a whole, while Zn and Cu are inert.

The influence of environmental conditions on the distribution of elements in natural landscape soils of low mountains occurs when comparing the parameters of geochemical distribution of elements in arid soils. So, the arid soil is characterized by concentration of Cu (2.4 CC) and equal distribution intensity of Ni, Pb (1.5-1.6 DC), Zn, Co (1.7-1.8 DC).

The agrochemical and agrotechnical processing of the soil, as well as the leaching of elements with agricultural products have a great influence on the amount of elements in the tilth soil of the agrolandscape [8]. As mentioned above, most of the elements are characterized by amounts lower than clark in the tilth soil, and only Zn and Co differ in concentrations close to clark. As shown by the geochemical spectra of the elements, the concentrations of lower Co, Ni, Cu (2.8, 2.3, 1.3 times, respectively) in the tilth soil of the agrolandscape compared to the concentrations of the elements in the upper horizon of the natural landscape, but the concentration of Cr (1.2 times) is higher. No differences were observed in concentrations of Pb, Zn. The concentrations of lower Cr, Ni (3.6, 1.5 times, respectively), while higher Pb, Zn, Cu (1.5, 1.7 and 2.2 times respectively) are in the tilth soil compared to arid soils. There are no big differences in the amounts of cobalt. So, the ecological conditions in the natural landscape soil of the low mountain and the agricultural cultivation of the soil lead to a significant decrease in the amounts of Co, Ni and Cu in the agrolandscape soil.

References

1. Babayev F.M., Isayev S.A., Rahimzadeh A.I. Biogeochemistry of plants of the Greater Caucasus (within Azerbaijan). Baku, "Leman NP", 2008, - 332 p.
2. University: 1983. - 194 p.

3. *Hajiyeva, A., Jafarova, F.* Analysis of the Regularity of Distribution of Natural Landscapes in the Greater Caucasus Depending on Physical-Geographical Characteristics Using GIS Technology. // Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences. 2024. V. 77. №. 2. P. 221–229
4. *Mardanov I.I.* Study of time dynamics of erosion processes in the high mountains of Greater Caucasus by satellite information // Geodesy and Cartography. 2023. V. 49. Issue 2. P.94–98.
5. *Sadullayev R.R., Ahmadova G. B., Abasova N.A., Aktoprak.* İrken Fatih Anthropogenic Transformations in Natural Landscapes of the Great Caucasus // Acta Scientific Agriculture. 2024. V. 8. №7. Pp.2-7
6. *Avessalamova I.A.* Geochemical indicators in the study of landscapes. Pub.House of Moscow University, 1987 - 108 p.
7. *Vinogradov A.P.* Geochemistry of rare and trace chemical elements in soils. M.: Pub. House of Academy of Sc. of the USSR, 1957 - 295 p.
8. *Voitkevich G.V.* Handbook of Geochemistry. M.: Nedra, 1990 - 480 p.
9. *Geochemistry of heavy metals in natural and technogenic landscapes.* Pub. House of Moscow University, 1983 - 194 p.
10. *Perelman A.I., Gasimov N.S.* Geochemistry of landscape. M.: “Astrea-2000”, 1999 - 768 p.

Гулиев Ильгар Фарзулла

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ
НИЗКОГОРНОГО ЛАНДШАФТА ВАЛАЧАЕВО-
ГУСАРЧАЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ (СЕВЕРО-
ВОСТОЧНЫЙ СКЛОН ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
БОЛЬШОГО КАВКАЗА, АЗЕРБАЙДЖАН)**

Бакинский государственный университет, Азербайджан

В статье рассматриваются эколого-геохимические особенности низкогорного ландшафта Валвалачае-Гусарчайского междуречья.

Изучение ряда микроэлементов (Co, Ni, Cu, Zn, Pb) показало, что по сравнению с концентрацией элементов в верхнем горизонте природного ландшафта, в почве агроландшафта ниже концентрация Co (в 2,8 раза), Ni (в 2,3 раза), Cu (в 1,3 раза), но выше концентрация Cr (в 1,2 раза). По концентрации Pb и Zn различий не наблюдалось.

Ghahramany, Loghman; Bavaghar, Mahtab Pir
ESTIMATING BASAL AREA IN COPPICE OAK FOREST
USING THE GEOSTATISTICAL KRIGING METHOD

University of Kurdistan, Sanandaj, Iran

l.ghahramany@uok.ac.ir

This study evaluates the use of Ordinary Kriging, a geostatistical method, for estimating the basal area index in coppice oak forests of northern Zagros, Iran. Ordinary Kriging provided accurate predictions (MAE = 1.25 m²/ha, RMSE = 3.26 m²/ha), confirming its reliability for spatial estimation.

Basal area per hectare, a key forestry metric, reflects forest structure, health, and productivity and is crucial for assessing biomass, carbon storage, and sustainable forest management [1, 2].

To overcome the limitations of traditional inventory methods (i.e. time consuming, and high costs), advanced techniques like geostatistics are increasingly used to model spatial patterns of forest attributes, enabling the prediction of variables at unsampled locations through spatial data analysis [3].

The Zagros oak forests in western Iran, covering 5.5 million hectares, are crucial ecosystems that deliver significant economic value through non-timber products and ecological benefits such as soil conservation and carbon sequestration. These forests are primarily dominated by *Quercus brantii*, which coexists with species including *Quercus infectoria*, *Quercus libani*, *Pistacia atlantica*, *Pyrus spp.*, *Amygdalus spp.*, and *Crataegus spp.* [4].

This research aims to evaluate the use of Ordinary Kriging, a geostatistical approach, for estimating the basal area index in coppice oak forests of northern Zagros, Iran, offering a precise method to enhance sustainable management of these ecologically vital ecosystems.

The studied forest, covering approximately 6,103 hectares in the northern Zagros region of western Iran, is located between 45°46'45"E to 45°54'05"E and 35°48'34"N to 35°53'30"N, with elevations ranging from 1,280 to 2,040 meters and slopes varying

from 0 to 137%. The region receives an average annual rainfall of 647 mm and has an average temperature of 11.4 °C (Kurdistan Meteorological Bureau, 2024). The forest is predominantly coppice (sprout-origin) due to traditional silvopastoral practices.

A total of 136 circular sample plots, each measuring 0.1 hectares, were established using a systematic-random grid with dimensions of 520×520 m. Within each plot, the diameter at breast height (DBH) of all trees with a DBH of 5 cm or greater was measured using a caliper, and the basal area per hectare was calculated for each plot based on the collected data using (1).

$$g_{1.30} = \pi/4 \times d_{1.30}^2 \quad (1)$$

where $g_{1.30}$ is the basal area in square centimeters and $d_{1.30}$ is the DBH in centimeters.

Exploratory data analysis was conducted using to assess the normality of basal area data, identify outliers, and analyze trends related to slope direction. The spatial structure of the basal area index was analyzed by constructing and plotting semi-variograms using GS+ software, with variogram parameters determined to assess spatial patterns. Additionally, the isotropy or anisotropy (directional variability) of the basal area index was evaluated by generating and analyzing surface variograms. The degree of spatial dependence (DSD) was calculated using (2):

$$DSD = \left(\frac{Sill - Nugget\ effect}{Sill} \right) \times 100 \quad (2)$$

where: Sill represents the total variance of the data and nugget effect is the variance at zero distance.

The spatial dependence degree (SDD) was categorized based on the thresholds proposed in [5] and [6]: Weak structure: $SDD < 25\%$; Average structure: $25\% \leq SDD \leq 75\%$; Strong structure: $SDD > 75\%$.

Ordinary Kriging interpolation was used to generate prediction and prediction standard error maps for the basal area index, based on data from 136 georeferenced sample plots. The accuracy of Ordinary Kriging estimates was evaluated through cross-validation using statistical metrics such as Mean Absolute Error (MAE), Root

Mean Square Error (RMSE), relative MAE (MAEr), and relative RMSE (RMSEr), calculated with (3) - (6) [7].

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |z(X_i) - \hat{z}(X_i)| \quad (3)$$

$$MAEr = \frac{MAE}{\bar{z}(X_i)} \times 100 \quad (4)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [z(X_i) - \hat{z}(X_i)]^2} \quad (5)$$

$$RMSEr = \frac{RMSE}{\bar{z}(X_i)} \times 100 \quad (6)$$

where: N is the number of sample plots, $\hat{z}(X_i)$ is the predicted index value, and $Z(X_i)$ is the actual index value.

The basal area statistics from the sample plot data reveal a low basal area (14.53 m²/ha) despite a high tree density (350 stems/ha), indicating a predominance of young trees and coppices with small diameters.

A trend analysis of basal area data related to slope direction revealed weak trends along the north-south and east-west axes, but incorporating these trends into Kriging interpolation did not enhance accuracy, so they were excluded from the prediction and error estimation maps for the basal area index.

The variogram analysis for basal area, presented in Table 1, showed that the exponential model best described the variations, supported by a coefficient of determination ($r^2 = 0.676$) and a low residual sum of squares (RSS = 0.0129), indicating it explains 68% of the basal area variability. The basal area displayed isotropic behavior, as indicated by an anisotropy ratio less than 2 (Table 1) and confirmed by the symmetrical surface variogram in Fig. 1, leading to the use of an omnidirectional variogram for geostatistical modeling of the basal area index (Fig. 2).

The basal area index shows a spatial dependence degree (SDD) of 99.8%, indicating very strong spatial dependence and classifying it as a regionalized variable, which validates the use of geostatistical methods for effective modeling and prediction [6, 8].

The range of influence for the basal area index is 1,554 meters, representing the maximum distance over which spatial dependence

among the data is maintained; beyond this range, the basal area becomes spatially independent, making this range crucial for defining the sampling network dimensions [9].

The nugget effect for the basal area is very small (0.001), indicating minimal unexplained variance and highlighting the high accuracy and reliability of the exponential model in describing the spatial structure of the data [10].

The sill value, determined as 0.4 through variogram analysis (Table 1), represents the upper limit of data variance in the spatial dimension, indicating the point of minimal spatial dependence and quantifying total variability at spatial independence, with higher sill values reflecting greater data variability.

Table 1. Result of variogram analysis for basal area index.

Fitted model	(Co)	(C)	Co + C	A0 (m)	SDD (%)	Ar	r ²	RSS
Exponential	0.001	0.383	0.384	1554	99.8	1.6	0.676	0.0129

Co: nugget effect; C: Structural variance; Co + C: sill; A0: range of spatial dependence; SDD: Spatial dependence degree according to Ganawa et al. (2003); Ar: Anisotropy ratio; r²: coefficient of determination; RSS: residual sum of squares.

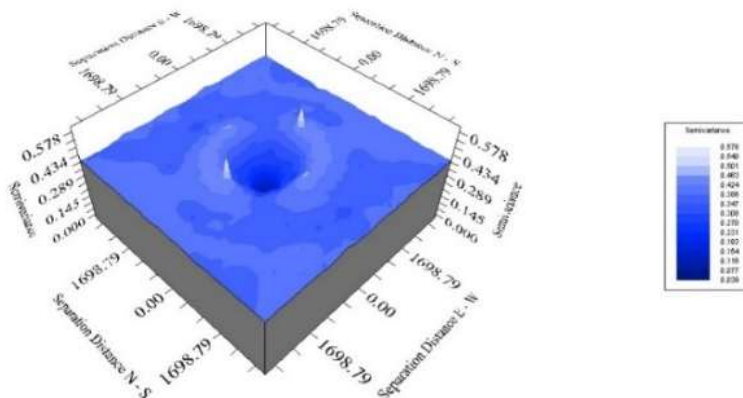


Fig. 1. Surface variogram maps in the west-east (W-E) and north-south (N-S) directions, calculated for tree basal area.

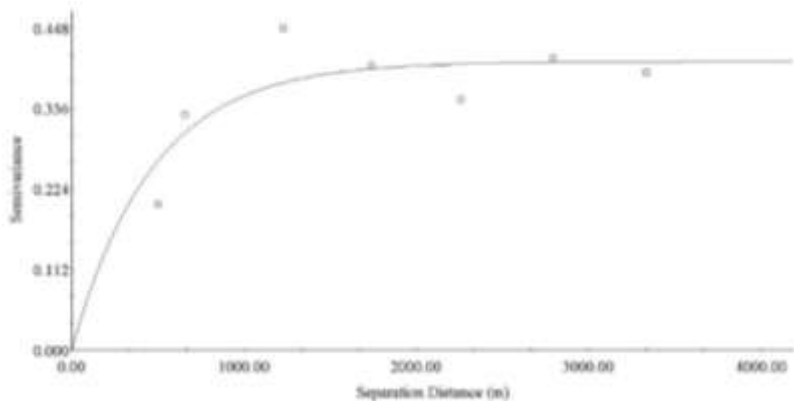


Fig. 2. Best-fit isotropic semivariogram models (with search neighborhood=5) of basal area.

The validation of ordinary kriging for predicting basal area demonstrated its strong performance, with MAE = 1.25 m²/ha, MAEr = 8.61%, RMSE = 3.26 m²/ha, and RMSEr = 22.4%, leading to its use in generating prediction and prediction standard error maps for basal area, as shown in Fig. 3.

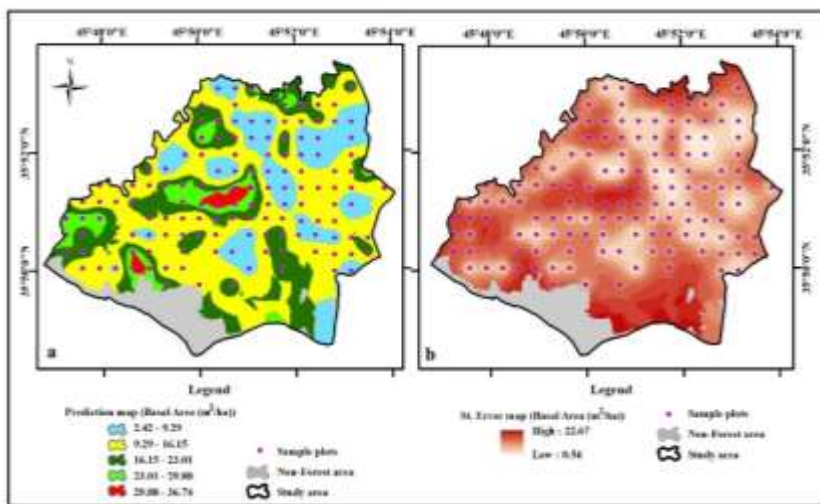


Fig. 3. Prediction map (a) and prediction standard error map (b) of basal area for the study area.

The ordinary kriging method provided basal area estimates very close to field-measured values, with an estimation error of 9.9%, as shown in Table 2, matching the field sampling error and confirming the reliability of geostatistical estimates.

Table 2. Summary statistics of basal area index at field sample plots and estimated using the ordinary kriging interpolation method.

Estimation method	n	Mean	SD	Min.	Max.	CV (%)	CS	CK	E (%)
Georeferenced sampling	136	14.53	8.5	2.39	35.84	58.5	0.61	-0.46	9.9
Ordinary Kriging	136	14.52	8.36	2.40	35.8	57.6	0.61	-0.46	9.9

n: Sample Size; SD: Standard deviation; CV: Coefficient of variation; CS: Coefficient of asymmetry; CK: Coefficient of kurtosis; E: Error of estimate.

Ordinary kriging has been proven effective in estimating forest characteristics such as stand volume, basal area, tree height, and canopy cover, making it a reliable and accurate tool for gathering forest structure data and supporting effective forest management.

References

1. Asaro, C., Koch, F.H. & Potter, K.M. Denser forests across the USA experience more damage from insects and pathogens. // Sci Rep. 2023. №13. P. 3666
2. Ray, D., Seymour, R., Fraver, S., Berrill, J. P., Kenefic, L., Rogers, N., & Weiskittel, A. Relative density as a standardizing metric for the development of size-density management charts. //Journal of Forestry. 2023. №121(5-6). Pp.443-456.
3. Akhavan, R., Khanhasani, M. and Khodakarami, Y.. Spatial patterns and inter-specific competition of three oak species in the Baneh forests of western Iran. //Forest and Wood Products. 2018. №71(2). Pp.149-159.
4. Sagheb Talebi, K., Sajedi, T., & Pourhashemi, M. Forests of Iran: A Treasure from the Past, a Hope for the Future (No. 15325). Springer Netherlands, 2014.
5. Cambardella, C.A., Moorman, T.B., Novak, J.M., Parkin, T.B.,

Karlen, D.L., Turco, R.F. and Konopka, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. // Soil science society of America journal. 1994. №58(5). Pp.1501-1511.

6. Ganawa, E.S.M., Soom, M.A.M., Musa, M.H., Shariff, A.M. and Wayayok, A. Spatial variability of total nitrogen and available phosphorus of large rice field in Sawah Sempadan Malaysia. // Science Asia. 2003. № 29. Pp.7-12.

7. Chiles, J.P. and Delfiner, P. Geostatistics: modeling spatial uncertainty (Vol. 713). John Wiley & Sons, 2012

8. Appel, E., Barbosa, I.C., Seidel, E.J. and Oliveira, M.S.D. Spatial dependence index for cubic, pentaspherical and wave semivariogram models. //6 Boletim de Ciências Geodésicas. 2018. №24(1). Pp.142-151.

9. Akhavan, R. and Kleinn, C. On the potential of kriging for estimation and mapping of forest plantation stock (Case study: Beneshki plantation). //Iranian Journal of Forest and Poplar Research. 2009. №17(2). Pp.318-303.

10. Webster, R. and Oliver, M.A. Geostatistics for environmental scientists. John Wiley & Sons, 2007

Гахрамани Л., Пир Бавагар М.
**ОЦЕНКА ПЛОЩАДИ СЕЧЕНИЯ В ПОРОСЛЕВЫХ
ДУБОВЫХ ЛЕСАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОГО МЕТОДА КРИГИНГА**
Университет Курдистана, Иран

Исследование направлено на оценку применения метода обычного кригинга, геостатистического подхода, для определения индекса площади сечения в порослевых дубовых лесах северного Загроса (Иран). Метод обычного кригинга показал высокую точность прогнозирования ($MAE = 1,25 \text{ м}^2/\text{га}$, $RMSE = 3,26 \text{ м}^2/\text{га}$), подтвердив свою надежность для пространственных оценок.

John, R.M.
Scientific adviser: Alla Kostenko
**THE IMPACT OF SOIL CONTAMINATION ON GEO-
ECOSYSTEM SUSTAINABILITY: A CASE STUDY
OF TANZANIA**

*Peoples Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
(RUDN University), Moscow, Russia*
isongoleboy@gmail.com

This study focuses on assessing the sustainability of geo-ecosystems in Tanzania. Pollutant levels were determined, environmental risks and remediation effectiveness were assessed using mathematical modeling. Contaminant concentrations were measured in soil samples from Geita (mining zone) and Morogoro (agricultural zone).

Soil contamination severely threatens geo-ecosystem sustainability, particularly in Tanzania, where mining and agriculture intensify pollutant loads. This study quantifies contamination levels, evaluates ecological risks, and assesses remediation efficacy using mathematical modeling. Contaminant concentrations were measured in soil samples from Geita (mining zone) and Morogoro (agricultural zone). Heavy metal concentrations (lead (Pb), cadmium (Cd), and mercury (Hg)) were analyzed via atomic absorption spectroscopy (AAS), while pesticide residues were quantified using gas chromatography (GC). Results are shown in Table 1.

Table 1. Common Soil Contaminants in Tanzania and Their Sources

CONTAMINANT	SOURCES	EFFECTS
Heavy Metals	Mining, Industrial Discharges	Toxicity to flora and fauna, reduced fertility
Pesticides	Agricultural Practices	Disruption of soil microbial communities
Nitrates	Fertilizer Use	Eutrophication, soil acidification
Hydrocarbons	Oil Spills, Waste Disposal	Persistent contamination, health risks

The contamination factor (CF) for each metal was calculated as:

$$CF = \frac{C_{sample}}{C_{background}}$$

where Concentration in Sample (C_{sample}) is the measured concentration and Background Concentration ($C_{background}$) is Tanzania's average background value [1]. For lead(Pb) in Geita, Concentration in Sample = 450 milligrams per kilogram and Background Concentration = 20 milligrams per kilogram, yielding.

Contamination Factor for Lead (CF_{Pb}) = 450/20 = 22.5 (Very high contamination), since $22.5 \geq 6$, this indicates very high contamination according to the classification scale.

Table 2. Contamination Factor Classification Scale [2]

CF Range	Contamination Level
$CF < 1$	Low contamination
$1 \leq CF < 3$	Moderate contamination
$3 \leq CF < 6$	Considerable contamination
$CF \geq 6$	Very high contamination

The potential ecological risk index (PERI) was computed as [2]:

$$PERI = \sum_{i=1}^n T_i \cdot CF_i$$

where Toxic Response Factor (T_i) is the toxicity weight (lead (Pb)=5, cadmium (Cd) = 30, mercury (Hg) = 40) [3]. For Geita: $PERI_{Pb} = 5 \cdot 2.5 = 112.5$,

$PERI_{Cd} = 30 \cdot 15 = 450$ ($C_{sample} = 1.5 \text{ mg/kg}$, $C_{background} = 0.1 \text{ mg/kg}$)
Total PERI = 112.5+450+360 (Hg) = 922.5 (Extremely high risk)

Phytoremediation (PR) efficiency (RE) for lead was evaluated using sunflower (*Helianthus annuus*) [4]:

$$RE = \frac{C_{initial} - C_{final}}{C_{initial}} \cdot 100\%$$

After 90 days, $C_{initial} = 450 \text{ mg/kg}$ reduced to $C_{final} = 270 \text{ mg/kg}$:
 $RE = 450 - 270 / 450 \cdot 100\% = 40\%$

For Cost-Benefit Analysis (CBA) the cost of phytoremediation (PR) per hectare (ha) was compared to excavation (EX) [5]:

$Cost_{PR} = \$500$ vs. $Cost_{EX} = \$10,000$ per ha.

Fig.1 presents techniques categorized by cost-effectiveness and efficiency with bubble size representing adoption frequency in peer-reviewed case studies (2015–2020).

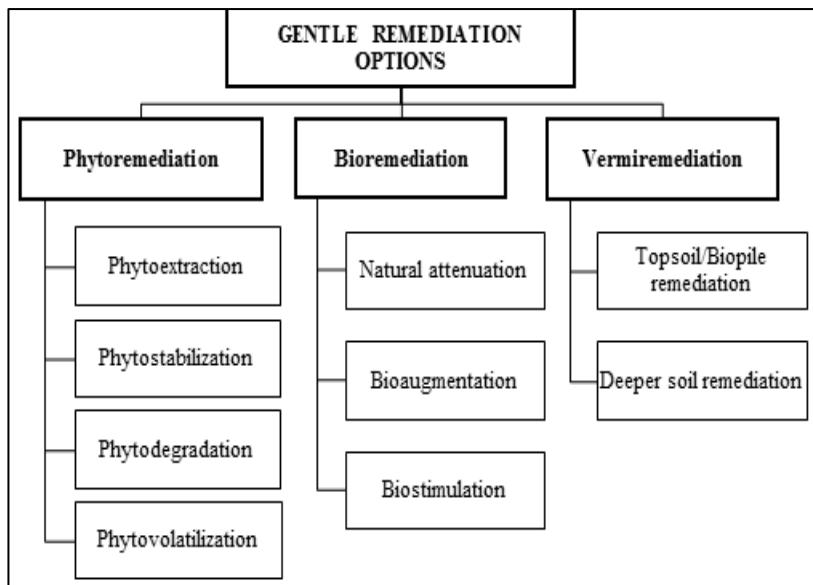


Fig.1. Remediation techniques applied in Tanzania, adapted from Mwamburi (2021) [3].

Geita's Potential Ecological Risk Index (PERI) (922.5) exceeds the critical threshold (600), indicating severe ecological risk [6]. Phytoremediation (PR) reduced Pb by 40%, but residual levels (270 mg/kg) remain above World Health Organization (WHO) limits (100 mg/kg) [7]. CBA favors Phytoremediation (PR), yet its long-term effectiveness requires further study.

Quantitative analysis confirms severe soil contamination in Tanzania, with Potential Ecological Risk Index (PERI) values highlighting urgent remediation needs. While Phytoremediation (PR) is cost-effective, integrated strategies (e.g., biochar amendment [8]) are recommended for sustainable outcomes.

References

1. *Davis K.E., et al.* Soil Contamination and Microbial Dynamics: Lessons from Tanzania // *Environmental Microbiology*. 2019. Vol. 21. №11. P. 4061-4073
2. *Kang'ethe E.K., et al.* Impact of Heavy Metals on Soil Health: A Case Study from Tanzania // *African Journal of Environmental Science and Technology*. 2018. Vol. 12. №2. P. 25-31
3. *Mange M., et al.* The Influence of Agricultural Practices on Soil Health in Tanzania // *Journal of Environmental Quality*. 2019. Vol. 48, №4. P. 910-920
4. *Mwaka M., et al.* Challenges and Opportunities for Soil Remediation in Tanzania: A Review // *Sustainable Environmental Research*. 2021. Vol. 31, №1. P. 45-53.
5. *Yahaya A.I., et al.* Heavy Metal Contamination in Tanzanian Agricultural Soils: A Review of Current Knowledge and Future Directions // *Clean - Soil, Air, Water*. 2020. Vol. 48. №6. P. 2000215.
6. *M. S. N. M. K., et al.* Heavy Metal Pollution in Mining Areas of Tanzania: Sources and Environmental Risks // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2020. Vol. 192, №8. P. 536.
7. *M. S. J., et al.* Bioremediation Techniques for Heavy Metal Removal from Contaminated Soils in Tanzania // *Journal of Soil Science and Environmental Management*. 2021. Vol. 12, №4. P. 88-99
8. United Republic of Tanzania. National Environmental Policy. Dar es Salaam: Vice President's Office, 1997

Роберт Мосес Джон

Научный руководитель: Алла Костенко

**THE IMPACT OF SOIL CONTAMINATION ON GEO-
ECOSYSTEM SUSTAINABILITY: A CASE STUDY-
TANZANIA**

RUDN University, Moscow, Russia

Исследование посвящено оценке устойчивости геозкосистем Танзании. Были оценены экологические риски и эффективность восстановления. Концентрации загрязняющих веществ были измерены в образцах почвы из Гейты (горнодобывающая зона) и Морогоро (сельскохозяйственная зона).

Березжок Д.А, Ключник М.А, Маркова Л.М.
**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГОВОГО ПОКРОВА
КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ГОРОДА
(НА ПРИМЕРЕ Г. ЧЕЛЯБИНСКА)**

Челябинский государственный университет, Россия
d.berezhok@mail.ru

В статье приводятся результаты исследования снега, отобранного на территории г. Челябинска в конце зимы 2024 г. Установлена высокая вариабельность содержаний металлов в снеговой воде на территории города, что свидетельствует об осаждении поллютантов на прилегающие к промышленной зоне участки городской застройки. Выявлена корреляция между концентрациями ТМ, токсичностью и электропроводностью снеговой воды.

Эколого-геохимические исследования снега являются одним из самых распространенных методов оценки качества окружающей среды в городах России. Это связано с долговременным периодом постоянного снегового покрова, способствующим накоплению и консервации примесей, поступивших из атмосферы. Учитывая, что незагрязненные снеговые осадки представляют из себя чистую воду без примесей, даже незначительные концентрации главных ионов, соединений азота и пылевых частиц свидетельствует о наличии аэрогенного загрязнения территории [1-3].

Загрязнение снегового покрова г. Челябинска неоднократно изучалось в предыдущие годы рядом исследователей [4,5]. Декларируемое в последние годы сокращение объемов выбросов промышленных предприятий в г. Челябинске может привести к изменению физико-химических параметров снеговой воды, уменьшению ее токсичности и снижению концентраций поллютантов.

Целью данной работы является общая оценка загрязнения снега тяжелыми металлами на территории г. Челябинска, выявление взаимосвязи уровня загрязнения снеговой воды с ее физико-химическими параметрами и токсичностью.

Материалом исследования послужили 30 образцов снега, отобранных в феврале 2024 года на территории г. Челябинска, с отступлением от полотна автодорог не менее 50 м и внутри жилых массивов (Рис.2). Отбор проводился специальным пробоотборником на всю мощность снежного покрова, образцы доставлялись в лаборатории Челябинского государственного университета и филиала ФГБУ ЦЛАТИ, оттаивались и анализировались общепринятыми методиками. Водородный показатель определялся потенциометрически, электропроводность - кондуктометрически на анализаторе АНИОН-4100 по методикам ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 и РД 52.24.495-2005, соответственно. Токсичность устанавливалась с помощью тест-объекта *Paramecium caudatum* в соответствии с методикой ФР.1.39.2015.19242. Концентрации металлов определялись суммарно для твердой и растворенной формы путем выпаривания аликвоты снеговой воды с последующей обработкой остатка сильными кислотами. Растворы, полученные в результате пробоподготовки, анализировались атомно-абсорбционным методом на приборе Квант-2М. Статистическая обработка результатов исследований проводилась в программах PAST и Microsoft Excel. Картограммы распределений создавались с помощью программного пакета QGIS, версия 3.34.15-Prizren.

Как можно увидеть из результатов исследования (табл.1), твердые осадки на территории г. Челябинска имеют преимущественно щелочную и сильнощелочную реакцию, сильно отклоняясь по фоновому значению $pH=5,9$, характерного для Уральского региона [4]. Также наблюдается положительная корреляция между значением pH и электропроводностью, определяемой содержанием ионов в растворе. Таким образом, в составе снега г. Челябинска по-прежнему преобладают щелочные агенты: компоненты пыли предприятий черной металлургии и строительной отрасли. Токсичность проб варьирует в широком диапазоне от допустимой до высокой, причем доля последних составляет 37% от общего объема

выборки. Концентрации металлов в снеговой воде также имеют большой вариационный размах, особенно это относится к Zn, Cu, Mn, Ni. Более равномерно распределены Cd, Pb, Co.

Таблица 1. Статистические показатели распределения концентраций металлов в снеговой воде

Показатель*		Min	Max	X _{ср}	Me	X _g	K _{ас}	ПДК _{р.х.}
рН		6,2	10,3	8,1	7,7	8,0	0,36	-
Электропроводность, мкСм/см		14,5	92,6	36,9	34,1	32,9	1,33	-
Токсичность, у.е.		0,00	0,99	0,51	0,56	-	-0,48	-
Концентрации металлов, мкг/дм ³	Cd	0,29	3,57	1,47	1,33	1,15	0,48	5,00
	Zn	8,17	742,1	248,4	131,0	150,2	1,0	10,0
	Cu	1,9	58,4	12,1	9,5	9,1	3,0	1,0
	Pb	2,2	33,9	10,1	6,6	6,8	1,3	6,0
	Ni	1,9	72,9	19,0	7,4	8,6	1,2	10,0
	Co	0,5	2,4	1,4	1,4	1,3	0,2	5,0
	Mn	9,7	584,5	120,6	75,3	77,4	2,5	10,0

* Индексами отмечено: Min - минимальная концентрация, Max - максимальная концентрация, X_{ср} - средняя арифметическая, Me - медиана, X_g - средняя геометрическая, K_{ас} - коэффициент асимметрии, ПДК_{р.х.} - предельно допустимые концентрации для рыбохозяйственных водоемов, согласно приказу Минсельхоза России №552 от 13. 12. 2016.

Так как распределение показателей снеговой воды сильно отклоняется от нормального и логнормального, для выявления связей между ними использовались коэффициенты корреляции Спирмена (Рис.1).

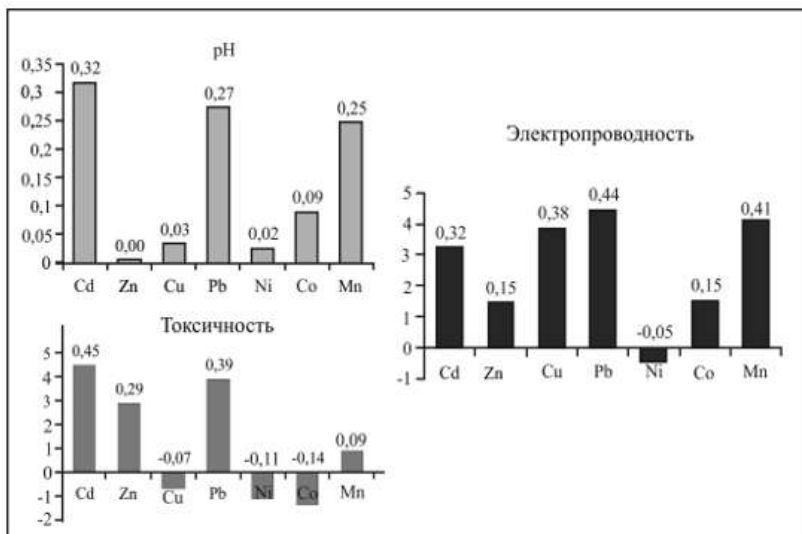


Рис. 1:Значения коэффициентов корреляции Спирмена (r) между различными показателями снеговой воды и концентрациями металлов (пороговое значение r по уровню значимости 0,05 и $n=30$ составляет 0,36

Достоверная положительная связь выявлена между значением электропроводности снеговой воды и концентрациями Cu, Pb и Mn. Лучше интерпретируется взаимосвязь токсичности снеговых проб с содержанием Cd и Pb, так как известно, что эти элементы оказывают существенный вред живым организмам. И совсем не установлена корреляция между значением pH снеговой воды и содержанием в ней металлов в составе пыли и растворенной форме. Пространственное распределение металлов по территории г. Челябинска можно рассмотреть на примере Zn и Mn (рис.2). Первый является компонентом выбросов Челябинского цинкового завода, второй применяется при легировании сталей и производстве ферросплавов на ЧЭМК и ЧМК. Как видно из рисунка, в снеговой воде количество Zn выше по сравнению с Mn, за исключением восточных районов города, примыкающих к территории ЧМК. Высоким содержанием металлов

характеризуются пробы, отобранные в центре г. Челябинска, на периферии концентрации элементов существенно меньше даже в северо-восточном направлении, куда распространяется основная масса выбросов согласно господствующему переносу воздушных масс.

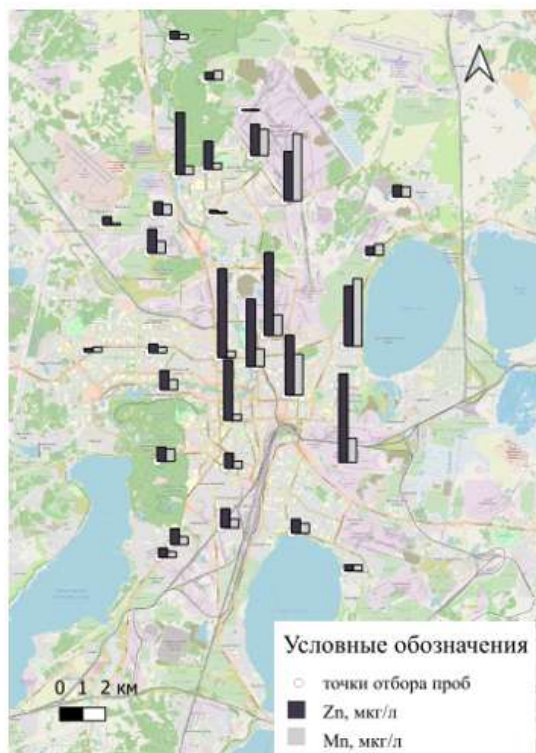


Рис. 2. Пространственное распределение концентраций Zn и Mn в снеговой воде

Таким образом, в результате проведенного исследования выявлена связь между показателями химического загрязнения снега, его физико-химическими параметрами и токсичностью. Установлено, что, несмотря на предпринимаемые меры по сокращению выбросов, в снеговой воде обнаруживаются концентрации загрязнителей, существенно превышающие

ПДК, что ухудшает состояние почв и водоемов города. Высокое загрязнение снега в центре города свидетельствует о выпадении частиц и аэрозолей в пределах городской черты, что может быть связано с преобладанием в зимний период слабых ветров и частой повторяемостью штилей.

Литература

1. *Нестеров Е.М., Зарина Л.М. и др.* Исследование состояния снегового покрова Санкт-Петербурга // Экология урбанизированных территорий. 2019. №1. С.29-35.
2. *Семакина А.В., Сырых И.В., Платунова Г.Р.* К аэрогенному загрязнению снежного покрова города Ижевска//Вестник Удмуртского университета. Серия биология. 2018. Т.28. вып.3. С.257-268.
3. *Чудинова О.Н., Норбоева С.Б.* Оценка загрязнения снежного покрова в зоне воздействия объектов теплоэнергетики // Известия Байкальского государственного университета. 2023. Т.33. № 1. С.121-129.
4. *Абдуллаев С.М. и др.* К вопросу о локальном и региональном уровне загрязнения атмосферы// Вестник Челябинского государственного университета. Серия Экология. Вып.4. 2010. №8. С. 5-10
5. *Грачева И.В.* Минерализация и кислотно-щелочные свойства снежного покрова промышленных городов Челябинской области // Известия РГПУ им. А.И.Герцена. 2010. №135. С.112-117.

Berezhok D.A., Klyushnik M.A., Markova L.M.

ASSESSMENT OF SNOW COVER POLLUTION IN A LARGE INDUSTRIAL CITY (ON THE EXAMPLE OF CHELYABINSK)

Chelyabinsk State University, Russia

The article presents the results of a study of snow collected on the territory of Chelyabinsk at the end of winter 2024. A high variability of metal contents in snow water in the city has been established, which indicates the deposition of pollutants in urban areas adjacent to the industrial zone. A correlation has been revealed between TM concentrations, toxicity, and electrical conductivity of snow water.

Гарманов В.В., Богданов В.Л., Заварин Б.В.
**ПРИЧИНЫ И ТИПИЗАЦИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ
В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО
КОМПЛЕКСА «АПАТИТЫ»**

*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
Россия*

garmanovv@mail.ru

В данной работе приведены сведения о горнопромышленных предприятиях городского округа «Апатиты». В ней представлены основные причины нарушения земель в округе. Приведены сведения о основных типах негативного техногенного воздействия на территорию округа по категориям земель. В работе содержатся материалы, которые показывают, что основная доля нарушенных земель более 57% вызвана формированием на территории карьеров и отвалов. Материалы статьи показывают о возможности рекультивации хвостохранилищ биологическим способом.

Городской округ г. Апатиты расположен в центре Кольского полуострова. Рельеф местности разнообразен – от горных хибинских массивов на севере с понижением до равнин на юге. Территория богата запасами хромовых руд (месторождение в районе ст. Питкуль). По информации, предоставленной Гос. фондом данных, полученных в результате проведения землеустройства, земельный фонд территории городского округа г. Апатиты с подведомственной территорией составляет около 246 тыс. га.

Здесь функционирует крупное предприятие горно-металлургического комплекса – АО «Апатит». На территории городского округа находится апатито – нефелиновая обогатительная фабрика (АНОФ-2) – составная часть АО "Апатит", расположенного по соседству в г. Кировске. Первая очередь АНОФ-2 была сдана в эксплуатацию в июле 1963 года. [1].

Общая площадь хвостохранилища АНОФ-2 составляет почти 8 км², а периметр обвалования – более 11 км. Ежегодно с обогатительной фабрики на хвостохранилище поступает

более 6 мл.³ хвостов обогащения, а объем хвостов, уложенных с начала эксплуатации АНОФ-2, составляет почти 640 мл.³ Здесь размещаются и тонкодисперсные золошлаковые отходы Апатитской теплоэлектростанции. [2].

Эти предприятия являются основными источниками нарушения природной среды в округе, что приводит к нарушению почвенного покрова, гидрологического режима местности, образованию техногенного рельефа и другим качественным изменениям состояния земель.

Нарушение земель – это процесс, происходящий при добыче полезных ископаемых, выполнении геологоразведочных, изыскательских, строительных и других работ и приводящий к нарушению почвенного покрова, гидрологического режима местности, образованию техногенного рельефа и другим качественным изменениям состояния земель [3].

Основные причины, вызывающие нарушение земель на территории городского округа г. Апатиты с подведомственной территорией, обусловлены техногенными факторами. Технология открытой и подземной добычи полезных ископаемых предопределяет вынос и складирование в отвалах различных по составу и свойствам горных пород. В процессе отвалообразования происходит перемешивание разновозрастных пород вскрыши, в результате чего на нарушенных землях формируются грунтысмеси с меняющимся соотношением составных частей различных горных пород, что способствует усложнению морфологического строения техногенных ландшафтов.

Местоположение нарушенных земель было определено по материалам, предоставленным территориальным отделом г.Апатиты и управления Росреестра по Мурманской области, а также отделом недвижимости и маркшейдерской службы ОАО «Апатит».

Анализ информации о размещении и площадях нарушенных земель позволил установить соотношение основных

типов техногенных воздействий (ТВ) (типов освоения территорий), характерных для них типов техногенных нарушений (ТН) и негативных процессов на территории городского округа г.Апатиты.

На основе проведенной классификация основных типов техногенных воздействий (типов освоения территорий) установлено, что на территории городского округа г.Апатиты и подведомственной территории основные нарушения находятся на землях промышленности, энергетики, транспорта и иного специального назначения и на землях на землях населённых пунктов. Наиболее распространенным типом техногенного воздействия является недропользование, и в частности, разработка твердых полезных ископаемых. Кроме того, выявлены нарушения, вызванные гидротехническим (создание отстойника апатитонепелиновой обогатительной фабрики №2 - АНОФ-2) и наземным строительством, а также складированием промышленных и бытовых отходов.

Анализ структуры нарушенных земель на объекте работ показывает, что на данной территории преобладают следующие виды нарушений: карьеры; отвалы; полигоны отходов и свалки; строительство (линейных и других объектов); загрязнение.

Большинство нарушенных земель – результат производственной деятельности горнохимического комплекса АО «Апатит».

Анализ актуализированных картографических материалов позволил провести типизацию техногенного воздействия и, как следствие, классификацию нарушенных земель. На долю нарушенных земель недропользованием (карьеры, отвалы) приходится до 57,6%; гидротехническим строительством, (отстойники) – около 30%. Значительную площадь занимают нарушенные земли под карьерами по добыче песчано-гравийных смесей – 13,% и менее 1% полигонами ТБО и свалками (таблица 1).

Таблица 1. Сведения о количестве и видах нарушенных земель и распределение их по категориям.

Виды нарушений по категориям земель	По видам нарушений, га, %
<i>1. Земли сельхоз. назначения</i>	2%
1.1. Карьеры	1.82%
1.2. Строительство	0.18%
<i>2. Земли населенных пунктов</i>	3,21%
2.1. Карьеры	-
2.2. Полигоны отходов и свалки	3.21%
<i>3. Земли промышленности, транспорта, связи и иного специального назначения</i>	95%
3.1. Карьеры	1.04%
3.2. Отвалы	93.40%
3.3. Строительство	0.60%
3.4. Полигоны отходов и свалки	-
3.5. Загрязнение	-
<i>4. Земли особо охраняемых территорий</i>	-
5. Земли лесного фонда	-
6. Земли водного фонда	-
<i>7. Земли запаса</i>	0.04%

Картографические материалы и космические снимки показали, что большая часть нарушенных земель под такими объектами, естественным образом заросли кустарником, мелколесьем, покрылись травянистой растительностью.

Площади нарушенных земель относительно стабильны. Объясняется это тем, что основной источник нарушения земель – ОАО «Апатит» – довел до совершенства технологию складирования промышленных отходов производства и использует для этих целей уже отведенные участки земли.

Воздействием на недра следует считать образование подземных и карьерных пустот.

Отработанные пустоты рудников могут использоваться для размещения отходов горнорудного производства

и тепловых электростанций, захоронения токсичных веществ, строительства вспомогательных цехов, складских помещений, теплиц и других целей.

Особенно нарушаются земельные ресурсы в результате проведения открытых горных работ

Кроме непосредственного воздействия на природу горные предприятия оказывают и косвенное воздействие, которое можно оценить по потреблению электроэнергии и тепла, вырабатываемых, в свою очередь, с большими загрязнениями атмосферы, водной среды, территорий. Пыление горнопромышленных отходов, особенно из хвостохранилищ является большой экологической проблемой – происходит загрязнение воздуха, почвы, водоемов. [2]. Их пыль распространяется на многие километры.

Добываемые руды в регионе, как правило, имеют комплексный состав, но очень часто извлекается только один-два полезных компонента и после переработки остальные компоненты попадают в хвостохранилища обогатительных фабрик. Это сырье носит название техногенного, а объекты по размещению однотипного техногенного сырья (отвалы, хвостохранилища) называют техногенными месторождениями.

В настоящее время лишь 3-4% ежегодного объема отходов горноперерабатывающих предприятий региона используется в промышленности. Хвосты апатитовой и нефелиновой обогатительных фабрик содержат большое количество фосфора и калия, что позволяет их рекультивировать с применением агротехнических мероприятий и посева многолетних трав. Биологическая рекультивация хвостохранилищ позволяет решить экологическую проблему – предотвращение пыления [4].

По данным исследований Месяца С.П. и Волковой Е.Ю. [5] посев трав и посадка другой растительности улучшает экологический фон за счет прекращения ветровой и водной эрозии и стабилизация температурного режима.

Литература.

1. *Коробов Б.Л., Томчук Н.П.* Минерально-сырьевая база ОАО «Апатит»//Горный журнал. 1999. №9. С.92-95
2. *Амосов П. В., Бакланов А. А., Горячев А. А. и др.* Пыление хвостов обогащения апатит-нефелиновых руд. Монография / Институт проблем промышленной экологии Севера. Апатиты : Издательство ФИЦ КНЦ РАН, 2023. - 168 с.
3. *ГОСТ 17.5.1.01-83.* Рекультивация земель. Термины и определения.
4. *Тимофеева Ю.Р., Степанова Е.А., Богданов В.Л.* Биологическая рекультивация нарушенных земель горно-промышленным комплексом (на примере ОАО «Апатит»)// Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2016. Вып.42. С. 294-299.
5. *Месяц С.П., Волкова Е.Ю.* Обоснование способов сохранения техногенного минерального сырья, складированного в отвалы отходов рудообогащения.// Вестник МГУ. 2009. Т. 12. №4. С. 735 – 741.

Garmanov V.V., Bogdanov V.L., Zavarin B.V.

CAUSES AND TYPIFICATION OF DISTURBED LANDS IN THE ZONE OF INFLUENCE OF MINING INDUSTRIAL COMPLEX “APATITY”

St. Petersburg State Agrarian University

This paper provides information about mining and industrial enterprises of the urban district “Apatity”. It presents the main causes of land disturbance in the district. The information on the main types of negative technogenic impact on the territory of the district by land categories is given. The paper contains materials that show that the main share of disturbed lands more than 57% is caused by the formation of quarries and dumps on the territory. The materials of the paper show the possibility of reclamation of tailing dumps by biological method.

*Гусарова Д.С., Яблонская Д.А.,
Филатова О.Р., Пацаева С.В.*

**МОНИТОРИНГ СОСТАВА РАСТВОРЕННОГО
ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ВОДАХ РОДНИКОВ
СЕВЕРО-ВОСТОКА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ
ПО ДАННЫМ СПЕКТРОМЕТРИИ**

*Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова, Россия*

siren16@yandex.ru

В работе исследуются спектры поглощения растворенного органического вещества (РОВ) родниковых вод с помощью оптических методов. Анализ спектров и оптических индексов показал, что состав и концентрация РОВ в родниковых водах вариативны в зависимости от сезона, как следствие изменения режима привноса органических веществ и различий в молекулярных соединениях.

В естественных условиях РОВ образуется при вымывании органики из почв и разложении опада, что делает его индикатором состояния площади питания природных вод [1]. Мониторинг состава и содержания РОВ в родниковых водах может указывать на загрязнение и деградацию природных фильтрующих систем [2].

В работе изучены родниковые воды Щелковского (11 родников), Богородского и Лосино-Петровского городских округов (12 родников) отобранные зимой, весной и летом 2024 года (рис.1). Пробы были отобраны «под крышку» с фиксацией координат родников, температуры, рН и электропроводности воды. Содержание ионов макросостава определяли методом капиллярного электрофореза с использованием оборудования, приобретенного по Программе развития МГУ (СКЭ Капель-205), значение ХПК - методом фотометрии [3]. Спектры поглощения РОВ родниковой воды относительно дистиллированной воды регистрировали на спектрофотометре Solar PB 2201 в диапазоне от 200 до 700 нм в кварцевых кюветах с длиной

оптического хода 2 см. Перед измерениями пробы воды были профильтрованы через мембранный фильтр 0.22 μm .



Рис. 1. Территория исследования и локация родников

Макрокомпонентный состав вод родников постоянен по сезонам. Соотношение катионов в водах (мг/л): $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+$; состав анионов смешанный, но для большинства проб верно: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$. Минерализация варьирует от 25 до 450 мг/л, значение pH от 5,2 до 7,5. Значения показателя ХПК отмечались до 40 мгО/л, за содержание $\text{C}_{\text{орг}}$ принято $0,375 \cdot \text{ХПК}$ [5, 6].

Значения оптической плотности РОВ для всех проб убывают с увеличением длины волны в спектрах поглощения (рис. 2, 3). В качестве информативных показателей состава РОВ использовали данные из спектров поглощения и рассчитали индексы [1]: $\text{D}_{250}/\text{D}_{365}$ (молекулярная масса), $\text{D}_{254}/\text{D}_{436}$ (соотношение автохтонного и аллохтонного вещества), $\text{D}_{256}/\text{D}_{365}$ (степень гумификации), $\text{D}_{365}/\text{D}_{470}$ (соотношение РОВ с разными функциональными группами), для оценки концентрации гуминовых соединений использовали показатель $\text{SUVA}_{254} = \text{D}_{254}/\text{C}_{\text{орг}}$. На основе полученных значений исследовали сезонную динамику РОВ.

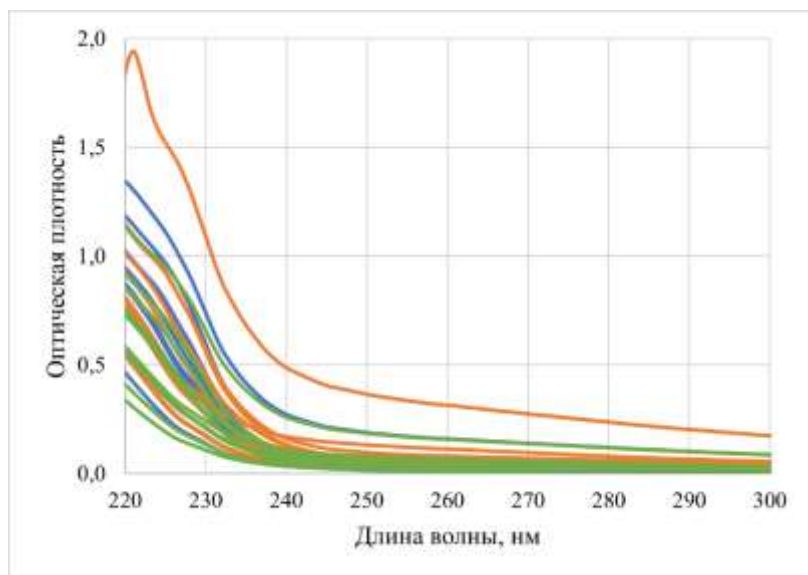


Рис. 2. Спектры родников Щелковского городского округа

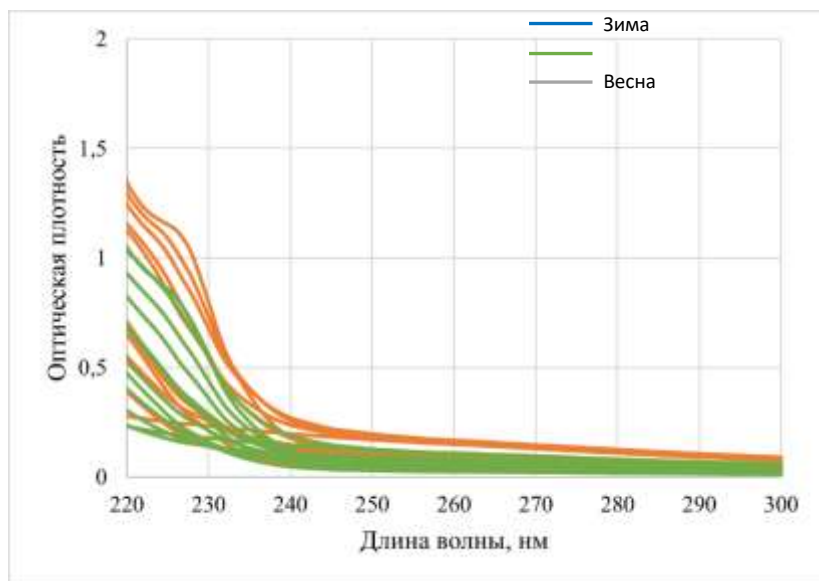


Рис. 3. Спектры родников Богородского и Лосино-Петровского городских округов

Установлено превышение значений индексов в летний период по сравнению с весенним сезоном, что связано с интенсификацией процессов разложения органического вещества в условиях повышенных температур и отсутствия выраженного промывного режима. Более высокие значения индексов в зимний период отражают вклад антропогенных компонентов в состав РОВ на фоне снижения интенсивности процессов гумификации. Значения индекса $SUVA_{254}$ зимой и летом сопоставимы (0,02-0,03), весной повышаются до 0,08 (max 0,8), что свидетельствует как о повышении концентрации гуминовых соединений в водах, так и степени ароматичности органических веществ.

Работа выполнена при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта «Развитие научного подхода к созданию цифрового двойника для прогнозирования экологической безопасности водных ресурсов урбанизированных территорий» (контракт №25-27-00121, номер ЦИТИС: 125021802425-2).

Литература

1. Li P., Hur J. Utilization of UV-Vis spectroscopy and related data analyses for dissolved organic matter (DOM) studies: A review //Critical Reviews in Environmental Science and Technology. 2017. Т. 47. №. 3. С. 131-154.
2. Соколовская Ю.Г., Демиденко Н.А., Краснова Е.Д., Воронов Д.А., Саввичев А.С., Пацаева С.В. Спектральные свойства растворенного органического вещества и их зависимость от глубины в искусственно и естественно отделенных меромиктических водоемах. // Оптика и спектроскопия. 2024. Том 132. Вып. 4. С. 374–382.
3. ГОСТ 31859-2012. Вода. Метод определения химического потребления кислорода
4. Sierra M.M.D., Giovanella M., Parlanti E., Soriano-Sierra E.J. 3D-Fluorescence spectroscopic analysis of HPLC fractionated estuarine fulvic and humic acids. J. Braz. Chem. Soc., 2006, 17(1), 113-124.
5. Гусарова Д.С., Яблонская, Д.А., Липатникова, О.А.,

Лубкова, Т.Н., Филатова, О.Р. Геохимическая и санитарно-химическая характеристика вод родников Богородского и Лосино-Петровского городских округов Московской области //Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2024. №. 1. С. 95-104.

6. Гусарова Д.С., Яблонская Д.А., Липатникова О.А., Лубкова Т.Н., Филатова О.А. Оценка влияния техногенной нагрузки на состав подземных вод (на примере родников северо-востока московской области). //Актуальные проблемы экологии и природопользования. Сборник трудов XXV Международной научно-практической конференции. Т. 1. М.: РУДН, 2024. - С. 333–337.

***Darya S. Gusarova, Darya A. Yablonskaya,
Olga R. Filatova, Svetlana V. Patsaeva***
**MONITORING THE COMPOSITION OF DISSOLVED
ORGANIC MATTER IN THE WATERS OF SPRINGS
IN THE NORTH-EAST OF THE MOSCOW REGION USING
SPECTROMETRY DATA.**

Lomonosov Moscow State University, Russia

The absorption spectra of dissolved organic matter from spring waters are studied using optical methods. Spectral and optical index analysis demonstrated seasonal variability in DOM composition and concentration as a result of organic matter input dynamics and differences in molecular constituents.

Денисов С.В.¹, Моргунов Д.В.²
ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ АРКТИКИ:
ОБЗОР.

¹*АНО «Эко культура и технологии», Россия*

²*ФГБОУ ВО «СамГТУ», Россия*

anoekit63@yandex.ru

Фармацевтическое загрязнение окружающей среды становится все более актуальной проблемой в глобальном масштабе, включая удаленные регионы, такие как Арктика. Несмотря на низкую плотность населения и минимальную промышленную активность, Арктика подвергается воздействию фармацевтических препаратов, поступающих через атмосферные переносы, речные стоки и морские течения. В данной статье рассматриваются последние исследования, посвященные обнаружению фармацевтических веществ в арктических экосистемах, их потенциальному воздействию на местную флору и фауну, а также возможным путям решения этой проблемы.

Арктика, традиционно считающаяся одним из самых чистых регионов планеты и характеризующаяся экстремальными климатическими условиями и хрупкими экосистемами, является барометром глобальных изменений. Быстрое таяние арктических льдов и увеличение температуры создают условия для транспортировки и накопления загрязняющих веществ. В последние годы в Арктике исследователи начали находить следы антропогенных загрязнителей, включая фармацевтические препараты .

Фармацевтические вещества и их метаболиты, попадая в окружающую среду через сточные воды, сельскохозяйственные стоки и атмосферные осадки, могут переноситься на большие расстояния и накапливаться в экосистемах [1].

Фармацевтическое загрязнение оказывает потенциально негативное воздействие на нецелевые организмы и является серьезной угрозой для биоразнообразия Арктики, а также для здоровья коренных народов, зависящих от местных ресурсов [2]. Даже низкие концентрации фармацевтических препаратов

в воде могут оказывать неблагоприятное воздействие на водные организмы, а также способствовать развитию устойчивости к антибиотикам. Уникальность арктических экосистем заключается в их низкой устойчивости к внешним воздействиям, что делает их особенно чувствительными к загрязнению [3].

Проблема фармацевтического загрязнения Арктики особенно актуальна в связи с тем, что:

- Арктика является конечным пунктом для переноса загрязняющих веществ из более густонаселенных регионов мира посредством атмосферных и океанических течений.
- Низкие температуры в Арктике замедляют процессы разложения и метаболизма фармацевтических препаратов, что приводит к их накоплению в окружающей среде.
- Арктическая фауна, адаптированная к экстремальным условиям, может быть особенно чувствительна к воздействию фармацевтических препаратов.
- Коренное население Арктики, зависящее от местных ресурсов, подвержено риску воздействия фармацевтических препаратов через пищевые цепи.

Современные методы количественного определения наличия широкого спектра фармацевтических препаратов в водной среде основываются на высокоэффективной жидкостной хроматографии с tandemной масс-спектрометрией (ВЭЖХ-МС/МС) [4]. ВЭЖХ обеспечивает эффективное разделение сложных смесей, а tandemная масс-спектрометрия обеспечивает высокую селективность и чувствительность, необходимые для определения фармацевтических препаратов в следовых концентрациях.

Кроме того, используются модели атмосферного и океанического переноса для определения источников и путей распространения загрязнителей. Для оценки устойчивости экосистем применяются методы биоиндикации и моделирования экологических рисков.

Далее мы рассмотрим ряд исследований, которые также подтверждают наличие загрязнения.

В некоторых образцах были обнаружены фармацевтические препараты, что свидетельствует о загрязнении водных ресурсов этими соединениями. Результаты лабораторного анализа [5]:

- Ацетаминофен (Парацетамол) – 0.12 мкг/л
- Ибупрофен – 0.085 мкг/л
- Диклофенак – 0.011 мкг/л
- Напроксен – 0.028 мкг/л
- Кетопрофен – <0.005 мкг/л (ниже предела обнаружения)
- Триметоприм – 0.019 мкг/л
- Сульфаметоксазол – 0.032 мкг/л
- Ципрофлоксацин – 0.005 мкг/л
- Эритромицин – <0.01 мкг/л (ниже предела обнаружения)
- Азитромицин – <0.01 мкг/л (ниже предела обнаружения)
- Атенолол - 0.045 мкг/л
- Метопролол - 0.038 мкг/л
- Карбамазепин - 0.015 мкг/л
- Габапентин - 0.072 мкг/л
- Варфарин – <0.005 мкг/л (ниже предела обнаружения)
- Эстрадиол (Е2) – <0.001 мкг/л (ниже предела обнаружения)
- Этинилэстрадиол (ЕЕ2) – <0.001 мкг/л (ниже предела обнаружения)

Было выявлено присутствие в арктических водах и почвах широкого спектра фармацевтических препаратов. Например:

- Антибиотики: ципрофлоксацин (до 15 нг/л), сульфаметоксазол (до 10 нг/л) [6].
- Антидепрессанты: флуоксетин (до 8 нг/л), сертралин (до 5 нг/л) [7].
- Противовоспалительные средства: ибупрофен (до 20 нг/л), диклофенак (до 12 нг/л) [12].

- Гормональные препараты: эстрадиол (до 3 нг/л), этинилэстрадиол (до 2 нг/л) [9].
- Противосудорожные средства: карбамазепин (до 25 нг/л) [9].

Эти вещества были обнаружены в пробах морской воды, воды из арктических рек, озер и прибрежных зон, а также в тканях рыб и морских млекопитающих. Различными учеными были отобраны пробы в густонаселённых регионах Арктики, таких как Лонгйир на Шпицбергене, Барроу (Уткиагвик, Аляска, США), Тромсё (Норвегия), Кембриджский залив, Нунавут, Канада [8], Конгс-фьорд (архипелаг Шпицберген, Норвегия) [10], в устьях крупных арктических рек (Маккензи, Обь, Енисей), а также вблизи мест активной морской деятельности. В общей сложности было отобрано 543 пробы.

Основными источниками фармацевтического загрязнения в Арктике являются:

- Атмосферный перенос: исследования показали, что до 30% фармацевтических веществ поступают в Арктику через атмосферные осадки [11].
- Речные стоки: крупные реки, такие как Обь, Енисей и др, переносят значительные объёмы загрязнителей из более южных широт. Например, в устье реки Обь концентрация карбамазепина достигает 50 нг/л [11].
- Морские течения: загрязнители транспортируются из Атлантического и Тихого океанов, где концентрации фармацевтических веществ могут достигать 100 нг/л вблизи крупных городов [6].

Фармацевтическое загрязнение Арктики представляет потенциальные риски для арктической фауны и коренного населения:

- Экотоксикологические эффекты: Воздействие фармацевтических препаратов на арктических животных может приводить к различным неблагоприятным эффектам,

таким как: нарушение эндокринной системы, изменение поведения и репродуктивной функции, иммуносупрессия, развитие устойчивости к антибиотикам у бактерий.

– Устойчивость к антибиотикам: Распространение антибиотикорезистентных бактерий в Арктике является серьезной проблемой, так как это может привести к снижению эффективности лечения инфекционных заболеваний у человека и животных.

– Риски для здоровья коренного населения: Коренное население Арктики, потребляющее местные ресурсы, подвержено риску воздействия фармацевтических препаратов через пищевые цепи. Это может приводить к различным неблагоприятным эффектам на здоровье, особенно у детей и беременных женщин.

Фармацевтические вещества по состоянию на сегодняшний день уже оказывают негативное воздействие на арктические экосистемы:

– Рыбы: у арктического гольца (*Salvelinus alpinus*) обнаружены нарушения репродуктивных функций при концентрации этинилэстрадиола выше 1 нг/л [8].

– Беспозвоночные: у ракообразных наблюдаются изменения поведения при воздействии антидепрессантов, таких как флуоксетин, даже при концентрациях 5 нг/л [10].

– Морские млекопитающие: у тюленей и китов обнаружены следы антибиотиков, что может способствовать развитию устойчивости к антибиотикам у патогенных бактерий [13].

Коренные народы Арктики, традиционно зависящие от рыболовства и охоты, также могут подвергаться воздействию фармацевтических веществ через потребление загрязненных продуктов. Например, в тканях рыб, выловленных вблизи поселений, концентрация диклофенака достигает 15 нг/г, что создает риски для здоровья, включая нарушение гормонального фона и развитие устойчивости к антибиотикам [24].

Фармацевтическое загрязнение Арктики является

растущей проблемой, требующей внимания со стороны научного сообщества, правительств и общественности. Необходимы дальнейшие исследования для оценки масштабов и последствий загрязнения, усилить мониторинг загрязнения, разработать стратегии по снижению выбросов и повысить осведомленность о потенциальных рисках, а также для разработки эффективных мер по предотвращению и смягчению рисков для арктических экосистем и здоровья человека. Учитывая уязвимость арктических экосистем, необходимо принимать превентивные меры для защиты этого уникального региона от негативного воздействия фармацевтических препаратов.

Также следует отметить один из путей возникновения фармацевтического загрязнения — это ненужные и просроченные лекарства, образующиеся у населения и через полигоны, попадающие в окружающую среду. На данный момент в России действуют несколько проектов, собирающие этот вид отхода. Это проект сети «Губернских аптек» и проект «Безопасные лекарства» от АНО «Эко культура и технологии». Такие проекты очень нужны в Заполярье, несмотря на малую плотность населения.

К сожалению, исследований по данной теме в России проводится крайне мало, а данных о исследованиях арктических вод на фармацевтическое загрязнение совсем нет. Авторы статьи считают обязательным проведение регулярного мониторинга содержания лекарственных средств в водных объектах для оценки рисков и готовы участвовать или оказывать любое содействие в этом направлении.

Литература

1. ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб»
2. Kallenborn R, Brorström-Lundén E., Reiersen L.-O. Wilson S. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in Arctic environments: indicator contaminants for assessing local and remote anthropogenic sources in a pristine ecosystem in change //

Environmental Science and Pollution Research. 2018. Vol. 25(33). Pp.33001-330013

3. *Kallenborn, R., Halsall, C., Dellong, M., Carlsson, P.* The influence of climate change on the global distribution and fate processes of anthropogenic persistent organic pollutants. // *J. Environ. Monit.* 2012. Vol. 14. P. 2854

4. *Letcher, R.J., Bustnes, J.O., Dietz, R., Jenssen, B.M., Jørgensen, E.H., Sonne, C.* Exposure and effects of pharmaceuticals and personal care products in Arctic wildlife // *Sci Total Environ.* 2010. Vol.408(15). Pp. 2995-3043

5. *Денисов С.В., Моргунов Д.В.* Загрязнение гидросферы фармацевтическими препаратами и их метаболитами: научный обзор. // Сборник статей по материалам III Всероссийской научно-практической конференции. Краснодар, 2023

6. *Braschi I., Blasioli S. and others* Persistence and degradation of new β -lactam antibiotics in the soil and water environment // *Chemosphere.* 2013. Vol. 93. Issue 1. Pp. 152-159

7. *Katerina Grabicova, Richard H. Lindberg, Marcus Östma, Roman Grabic and other.* Tissue-specific bioconcentration of antidepressants in fish exposed to effluent from a municipal sewage treatment plant // *Science of The Total Environment.* 2014. Vol. 488–489. Pp. 46-50

8. *Luis G. Chaves-Barquero and others* The release of wastewater contaminants in the Arctic: A case study from Cambridge Bay, Nunavut, Canada» *Environmental Pollution.* 2016. Vol. 218. Pp.s 542-550

9. *Ragnhildur Gunnarsdóttir, Petter, Deinboll Jenssen, and other* A review of wastewater handling in the Arctic with special reference to pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) and microbial pollution // *Ecological Engineering.* 2013. V. 50. Pp. 76-85

10. *Younghun Choi, Kitae Kim.* Ny-Ålesund-oriented organic pollutants in sewage effluent and receiving seawater in the Arctic region of Kongsfjorden // *Environmental Pollution.* 2020. Vol. 258. P.113792

11. *Neil Dube and others* Human pharmaceuticals in the arctic – A review // *Chemosphere.* 2024. Vol.364. P. 143172

12. *Irina A. Duarte, Patrick Reis-Santos and others.* Depressed,

hypertense and sore: Long-term effects of fluoxetine, propranolol and diclofenac exposure in a top predator fish. *Science of The Total Environment*. 2020. Vol. 712. P.136564

13. *Cynthia A. de Wit*. Chemicals of Emerging Arctic Concern: Preface *Emerging Contaminants*. 2019. Vol. 5. Pp. 1-3

14. *Francesca Spataro and other* Man-made emerging contaminants in the High-Arctic fjord Kongsfjorden (Svalbard Archipelago, Norway): Occurrence, sources and risk assessment // *Science of The Total Environment*. 2025. Vol. 969. P. 178936

Sergey Denisov,¹ Dmitriy Morgunov²

PHARMACEUTICAL POLLUTION IN ARCTIC: REVIEW

¹ *NGO «Eco culture and Technology», Russia*

² *FSBEE «SSTU», Russia*

Pharmaceuticals are an emerging form of organic pollutants within the Arctic marine ecosystem. Pharmaceutical pollution has the potential to cause a volley of negative impacts to Arctic marine species. A major source of pharmaceutical pollution in the Arctic environment is the lack of sewage treatment, and improper sewage disposal. Latest relevant data regarding pharmaceutical pollution in the Arctic region has been collated within the review. The study highlights the fact that there is an evident threat to the Arctic marine ecosystem due to pharmaceutical pollution. It also shows that the impacts of pharmaceuticals within the Arctic Ocean are not well studied. Some possible ways of solving the problem are also discussed.

Ермаков В.В., Быкова Т.В., Быков Д.Е.
ИНДЕКСИРОВАНИЕ СПЕКТРОВ КОНТАКТНОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ КАК СПОСОБ СОВМЕЩЕНИИ
ДАННЫХ ПРИ МНОГОУРОВНЕВОМ ОПТИЧЕСКОМ
МОНИТОРИНГЕ

Самарский государственный технический университет, Россия
wassiliy@rambler.ru

Применение многоуровневых систем экологического мониторинга требует сенсорного слияния. Для мульти и гиперспектральных камер, а также точечных спектрометров предложено использование спектральных индексов как средства совмещения данных сенсоров дистанционного и контактного зондирования.

На современном этапе развития мониторинговых систем имеется возможность получать данные с различных устройств. Разнесённые в пространстве оптические сенсоры создают возможность получать данные глобального уровня с точностью контактных устройств [1].

Данные зондирования различного уровня собираются в единый массив. Появляется потребность в сенсорном слиянии по пространственным координатам и по спектральным характеристикам. Связать различные массивы напрямую сопоставив центральные частоты каналов невозможно. Одним из вариантов совмещения данных является использование спектральных индексов. Индексы, являясь продуктом тематической обработки данных зондирования, представляют собой множество сложных соотношений интенсивности отражения на разных полосах спектра для представления контрастов специфичных особенностей отражения материалов.

Для сельского хозяйства в настоящее время рассчитано более 125 индексов и сравнимое количество индексов, описывающих состояние окружающей среды (почвы, воды, городской застройки), которые могут быть получены с использованием данных ДЗЗ [2]. Часть индексов была

рассчитана и для определения содержания нефти на поверхности почвы.

Например, могут быть использованы цифровые снимки Terra ASTER [3] или снимки гиперспектрального сканера НуМар авиационного базирования [4].

На основе данных Terra ASTER был предложен вариант поиска нефтяных загрязнений с использованием индексирования: индекс обнаружения углеводородов (HD) и индекс уровня углеводородов (HI). Первый вариант расчета использовал цифровые снимки с территории месторождения Вентура в Калифорнии (с предварительной разметкой присутствия нефти на поверхности). Для расчета использовались следующая формула (1) и соответствующие ей спектральные полосы:

$$HD = \frac{A + C}{2B}, \quad (1)$$

($HD > 1$ указывает на обнаружение нефти, интенсивность отражения на полосах $A = 2297$ нм, $B = 2313$ нм, $C = 2329$ нм [5]).

Вариант углеводородного индекса (HI) был представлен в работе [6]. Для его расчета использовались снимки гиперспектрального сканера НуМар авиационного базирования [4]. В работе выделен V-образный участок спектра. При наличии на обследуемой территории поверхностей, загрязненных нефтью или нефтепродуктами, $HI > 0$. Индекс рассчитывается по следующей формуле (2) [6]:

$$HI = (\lambda_A - \lambda_B) \frac{R_C - R_A}{\lambda_C - \lambda_A} + R_A - R_B, \quad (2)$$

где R_A , R_B и R_C – значения спектральной отражательной способности на длинах волн λ_A , λ_B и λ_C соответственно ($A = 1705$ нм, $B = 1729$ нм и $C = 1741$ нм). В результате в исследовании [6] было заявлено об обнаружении углеводородов. Преимуществом этого подхода является его использование с данными без какого-либо сложного

применения атмосферных поправок. Тем не менее требуется использовать данные с очень высоким соотношением сигнал/шум, то есть уровень освещенности поверхности должен быть очень высоким.

На практике результативность использования индивидуально данных только с космических аппаратов не дает возможности точной локализации нефтепродуктов на поверхности, что связано низким пространственным разрешением. Для уточнения применяются контактные сенсоры, в том числе спектральные камеры на низколетящих беспилотных летательных аппаратах.

В работе предложено использование аналогичного спектрального индекса для контактных сенсорных устройств. Для определения содержания нефтепродуктов в почвенных образцах использовались спектральные данные, полученные спектрометром полного отражения ближнего инфракрасного (БИК) диапазона. Проведение исследований основывалось на стандарте ГОСТ Р 54039-2010 [5]. Для реализации плана эксперимента было выбрано более 200 почвенных образцов с определёнными гравиметрически концентрациями нефтепродуктов по аттестованной методике с разными уровнями загрязнения.

БИК диапазон спектра отвечает возможностям детектирования и анализе органических соединений за счёт наличия специфичных колебательных переходов функциональных групп молекул, таких как CH, NH и OH. [7].

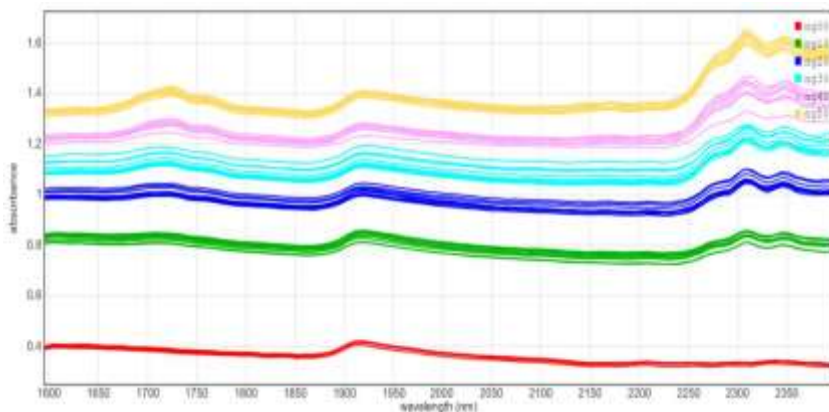


Рис. 1. БИК спектры некоторых образцов

Измерение спектральных характеристик проводилось в режиме поглощения (absorbance) в диапазоне длин волн от 1600 до 2400 нм с разрешением 1 нм. На спектрах нефтезагрязнённых образцов (рис. 1, представлена часть) заметно отличие положения и формы на участках в районе 1725, 1910 и выше 2230 нм. Для идентификации различия спектральных характеристик этих образцов была проведена обработка спектров методом Standard normal variate (SNV) после чего различия в форме спектральных кривых становятся более заметны и легко идентифицируются (рис. 2.) Участок 2290-2350 описывает один из наиболее характерных пиков.

Одномерная калибровка по полосе 2320 даёт зависимость в виде восходящей кривой с постепенным выходом на участок плато (рис.3). Такой результат не плохо может быть интерпретирован при низких концентрациях нефтепродуктов. При этом значимые изменения величины поглощения световой энергии заметны до 20% нефтепродукта. Более высокие концентрации становятся не различимы.

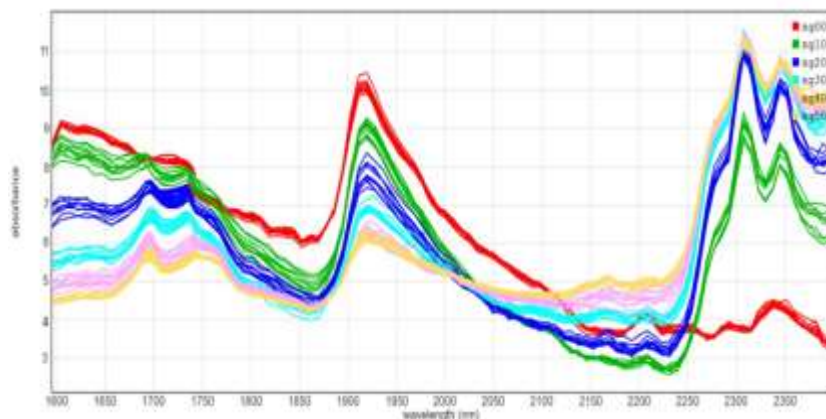


Рис. 2. Спектральные характеристики части образцов нефтезагрязнённых грунтов после нормализации методом Standard normal variate (SNV)

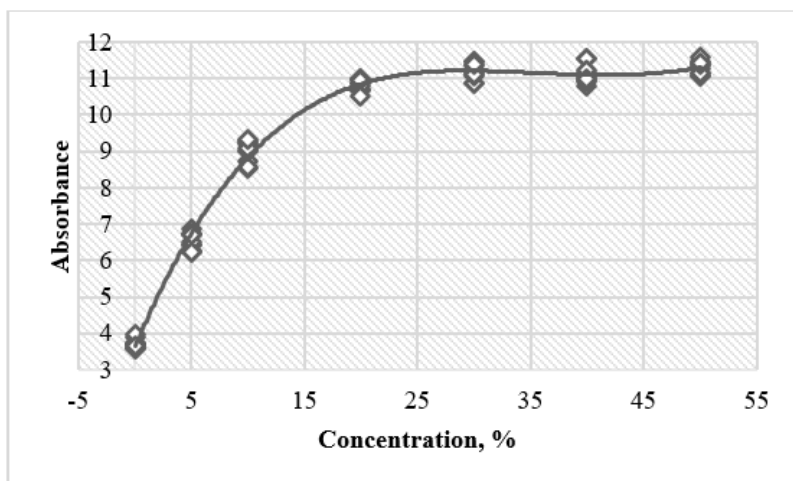


Рис. 3. Одномерная калибровка содержание нефтепродукта-поглощение по пику 2320 нм

Расчёт индекса HD аналогично индексу для дистанционного зондирования. При дистанционном зондировании используется энергия отражения, а при контактном коэффициент поглощения, что меняет уровень

значимости индекса. Для содержания нефтепродукта в образцах менее 5% значение индекса составили больше 1. Значения ниже 1 характерны для загрязнённых грунтов.

В общем виде одномерная калибровка «содержание нефтепродуктов-индекс HD» даёт более точную модель предсказания уровня загрязнения, чем калибровка по одной длине волны.

Применение индекса содержания углеводов возможно как на космическом уровне зондирования, так и на наземном с равной эффективностью, что создаёт возможность слияния обработанных данных мониторинга в единый неразрывный массив используя значения индекса как опорный уровень при соединении шкал яркостей различных источников. Это существенно расширяет возможности оптических мультисенсорных систем в области мониторинга нефтяного загрязнения.

Литература

1. *Ермаков В.В.* Оптические многоуровневые мультисенсорные системы экологического мониторинга нефтезагрязненных участков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25, № 6(116). С. 203-207.
2. *David Montero Loaiza* Awesome Spectral Indices. 2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://awesome-ee-spectral-indices.readthedocs.io/en/latest/list.html#> (дата обращения: 21.03.2025)
3. Terra ASTER / Геопространственное агентство «Иннотер». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://innoter.com/sputniki/terra-aster/> (дата обращения: 21.03.2025)
4. *T. Cocks, R. Jenssen, A. Stewart, I. Wilson and T. Shields.* The HyMap Airborne Hyperspectral Sensor: The System, Calibration and Performance. // Proc. 1st EARSeL Workshop on Imaging Spectroscopy, 6–8 October 1998 / M. Schaepman, D. Schläpfer, K.I. Itten (Eds.). Zurich, EARSeL, Paris, 1998. P. 37–42.
5. Remote Sensing Tutorial / NASA. 2024, January 7. [Электронный

ресурс]. Режим доступа: http://rst.gsfc.nasa.gov/Sect5/Sect5_5.html (дата обращения: 21.03.2025)

6. *Kühn F., Oppermann K., Hörig B.* Hydrocarbon Index – an algorithm for hyperspectral detection of hydrocarbons // *International Journal of Remote Sensing*. 2001. Vol. 22, No. 8. P. 1413–1422.

7. *Kelmakov, V.N.* Application of modern methods of oil products quality control // *Engineering Personnel - the Future of Innovative Economy of Russia*. 2023. No. 1. P. 61-64.

Ermakov V.V., Bykova T.V., Bykov D.E.

**INDEXING OF CONTACT SENSING SPECTRA
AS A WAY OF DATA COMBINATION IN MULTILEVEL
OPTICAL MONITORING**

Samara State Technical University, Russia

The application of multi-level environmental monitoring systems requires sensor fusion. For multi and hyperspectral cameras, as well as point spectrometers, the use of spectral indices as a means of combining remote and contact sensing sensor data has been proposed.

*Катрук С.С.,
Научный руководитель: Полюнова О.Е.*
**ВЫЯВЛЕНИЕ НАЛИЧИЯ МИКРОПЛАСТИКА В РЕКЕ
КОРЮШКА В РАЙОНЕ ЮЖНОЕ БУТОВО В ГОРОДЕ
МОСКВА С ПОМОЩЬЮ ГАЗОВОГО
ХРОМАТОГРАФА**

*Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы, Россия*

Статья посвящена актуальной проблеме загрязнения окружающей среды микропластиком. В данной работе рассматривается один из методов идентификации микропластика в водоёме, в ходе которого было подготовлено оборудование, проведено исследование, а также были получены данные с помощью газового хроматографа.

На данный момент пластиковые изделия имеют широкое распространение не только в готовых изделиях, но и в водных экосистемах. Впервые термин «микропластик» ввёл Ричард Томсон в 2004 году. [1] Мировое производство пластика в 2020 году достигло почти 360 млн тонн в год.[2] Также в начале 21 века люди стали беспокоиться о его количествах в окружающей среде. Доказано, что свойства пластика могут изменяться в процессе нахождения в окружающей среде. [3] Частички микропластика, обладающие большой удельной поверхностью, могут накапливать на поверхности органические загрязнители из окружающей среды. Таким образом, частички микропластика выступают в роли транспортного средства для переноса различных токсичных химических веществ в окружающей среде, адсорбированных на их поверхности. [4]

Цель работы: на примере реки Корюшки выявить наличие микропластика с помощью газового хроматографа.

Пробоотбор поверхностной воды на содержание микропластика проводился на территории г. Москвы района Южное Бутово вдоль реки Корюшки. При отборе проб

использовалась стеклянная бутылка объёмом 2 л, закреплённая к батометру, при этом отбор осуществлялся в верхнем слое до 20 см. Было отобрано две точечные пробы.

Для проведения анализа использовали ультразвуковую колонку с программой UltraSound. До проведения анализа отобранной воды была проведена подготовка оборудования в соответствии с инструкцией и оптимизация условий, в которых микропластик будет удерживаться лучше всего на примере дистиллированной воды. Оптимизация условий происходила путём искусственного введения микропластика в ультразвуковую колонку. Для приготовления раствора в пробирку на 10 мл влили 2 мл дистиллированной воды и отвесили 20 мг полиэтилентерефталата на аналитических весах. После была проведена дегазация с помощью ультразвуковой ванны на 10 мин.

После приготовления раствора необходимо менять условия до момента, пока не будут выявлены наилучшие условия для удерживания микропластика. Время для каждого эксперимента 20 мин. В результате поиска наилучшими условиями для проведения дальнейшего исследования установлены 2,70 Гц; 6,50 Вт; 1 мл/мин.

Для проведения анализа обратную воду в количестве 200 мл налили в стакан на 300 мл и поместили в ультразвуковую ванну на 15 мин для проведения процесса дегазации.

После того как проба прошла через перистальтический насос и возможный микропластик задержался в ультразвуковой колонке, его извлекли с помощью шприца с тонкой сифонной трубочкой и переместили в пластиковые пробирки. Для более точного результата провели также анализ осадка для возможного выявления частиц микропластика.

Пробирки с микропластиком поместили в центрифугу. Осадок перелили на 4 центрифужные пробирки по 50 мл в каждой так, чтобы расположение пробирок в центрифуге было одинаковым.

Далее произвели фильтрацию полученной жидкости. Для

этого использовали фильтрационную мембрану, фильтр держатель, шприц без иглы (60 мл). Фильтрационную мембрану аккуратно перенесли в чашку Петри с помощью пинцета. Затем поместили в эксикатор для высушивания.

После высушивания пробу проанализировали на газовом хроматографе, в котором определяется наличие микропластика в пробах. Хроматограмма построена в системе координат «интенсивность» «время». На хроматограмме показано, что за промежуток времени интенсивность показывает $0,46 \pm 7$ (рис. 1). Чем выше интенсивность, тем микропластика наблюдается больше.

Определение качественного состава смеси проводится путём сопоставления времени удерживания данного компонента и эталона - вещества известной структуры. Совпадение времени удерживания эталона и определяемого компонента может указывать на их идентичность. В результате анализа отобранных проб на хроматограмме был обнаружен полиэтилентерефталат.

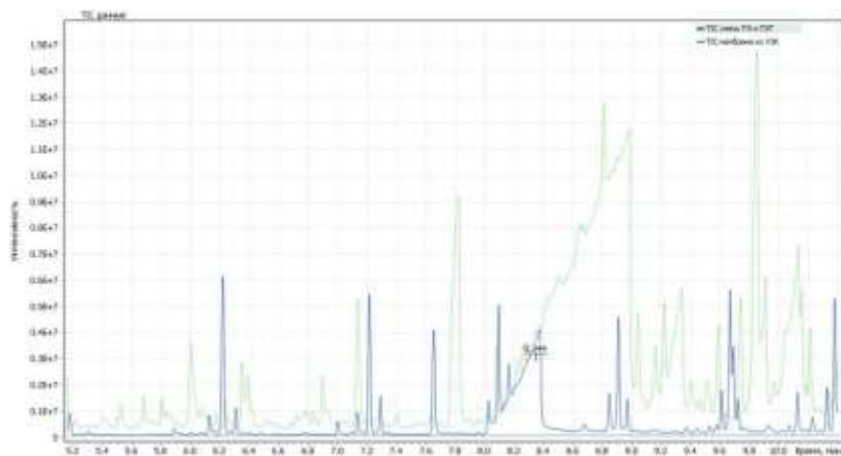


Рис. 1. Хроматограмма. Результат анализа

В процессе исследования с помощью хроматографа в пробе воды из реки Корюшка были обнаружены частицы полиэтилентерефталата. Полиэтилентерефталат – это микро-

пластик, предположительно, вторичного происхождения в связи с разложением пластикового мусора. Выявление полиэтилентерефталата в пробе воды свидетельствует о загрязнении реки микропластиком.

Литература

1. Воронова Е.Р. Современная гигиеническая диагностика загрязнения воды и организма человека микропластиком // Известия Российской военно-медицинской академии. 2018. № 1 S1-1. С. 124-130.
2. Казак Е.С., Филимонова Е.А., Преображенская А.Е. Микро- и нанопластик в природных водах России и проблемы его определения // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. 2022. № 6. С. 110-123.
3. Чубаренко И.П., Есюкова Е.Е., Хатмуллина Л.И., Лобчук О.И., Исаченко И.А., Буканова Т.В. Ч 81 Микропластик в морской среде: монография. Москва : Научный мир, 2021. 520 с.: 20 с. цв. Ил
4. Франк Ю.А., Герасимова Л.М., Герасимова А.А., Кузнецова Е.А., Кузнецова А.С., Герасимов И.Ю. Скрининг содержания микропластика в поверхностных водах рек России // Экология и промышленность России. 2022. № 9. С. 28–33.

Katruk S.S.,

Scientific adviser: Polynova O.E.

**IDENTIFICATION OF MICROPLASTICS IN THE
KORYUSHKA RIVER IN THE YUZHNOYE BUTOVO
DISTRICT OF THE CITY OF MOSCOW BY MEANS
OF GAS CHROMATOGRAPH**

*Peoples' Friendship University of Russia
named after Patrice Lumumba, Russia*

The article is devoted to the urgent problem of environmental pollution by microplastics. This paper considers one of the methods of identification of microplastics in a water body, in the course of which the equipment was prepared, the study was carried out, and the data were obtained using a gas chromatograph.

Крестинина Д.А.¹, Грищенко М.Ю.^{1,2}, Мотакова А.М.³
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВХОЗНЫХ ЗЕМЕЛЬ
НА О. КУНАШИР (КУРИЛЬСКИЕ ОСТРОВА)

¹*Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова, Россия*

²*Государственный природный заповедник «Курильский», Россия*

³*ГБОУ Инженерная школа 1581 г. Москвы, Россия*
m.gri@geogr.msu.ru

Остров Кунашир – один из четырех островов Большой Курильской гряды с постоянным населением, однако сельскохозяйственный сектор на острове практически не представлен. В ходе полевых работ проведен анализ современного состояния территорий ликвидированного совхоза Дальний, предложены перспективы использования изученных земель. Выявлено, что в настоящий момент земли не подвергаются обработке, а некоторые из них используются в качестве необорудованных пастбищ. На основе физико-географических и социально-экономических условий сделаны выводы, что большинство земель рациональнее использовать в качестве регулируемых пастбищ.

Кунашир – один из четырех островов Большой Курильской гряды с постоянным населением. Несмотря на благоприятные агроклиматические условия Кунашира и имеющийся постоянный спрос на продукты питания, на острове практически не представлен сельскохозяйственный сектор [1]. В настоящее время сельское хозяйство представляет собой личные подсобные хозяйства, не способные обеспечить необходимыми продуктами все население острова. В то же время остров обладает значительным потенциалом для ведения сельского хозяйства, а получаемая продукция могла бы удовлетворять потребности жителей.

Подобные работы по оценке состояния земель проводились на острове впервые. Проведен оперативный мониторинг [2] с помощью выборочных наземных съемок, наблюдений и обследований. Далее сельскохозяйственные угодья

подразделены по их современному использованию [3]. На основе критического и визуального анализа предложены оптимальные варианты дальнейшего использования земель.

В ходе полевых работ описано 24 точки, находящиеся на землях бывшего совхоза Дальний (рис. 1).

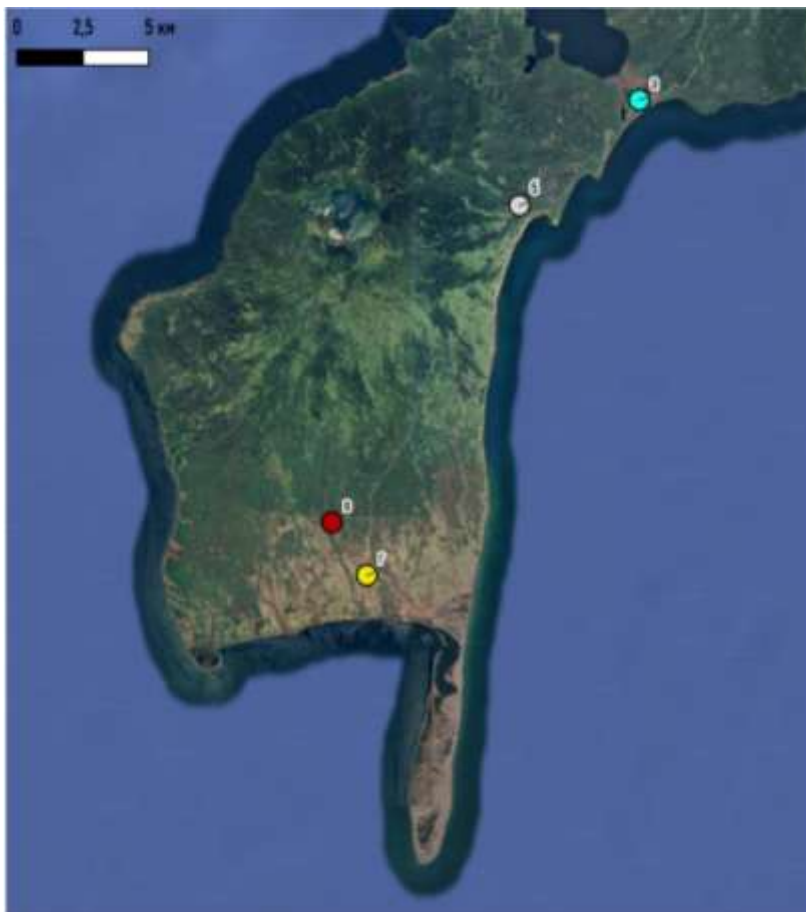


Рис. 3. Схема расположения исследованных участков южной части о. Кунашир. (а) Серноводский участок, исследованы точки с/х01-09. (б) Территория бывшего картофельного поля, исследованы точки с/х-10-15. (в) Окрестности с. Дубовое, исследованы точки с/х-16-21. (г) Окрестности с. Головнино, исследованы точки с/х-21-24.

Серноводский участок представлен выровненной поверхностью с пологими и очень пологими склонами. Это одна из самых низменных частей острова. Местность образована продуктами разрушения вулканов Менделеева и Головнина. Встречаются локальные (возможно, антропогенные) повышения. Территория заброшенного картофельного поля пологонаклонная, с понижением рельефа в сторону р. Адреевка-Южная. На участках залежей наблюдаются выраженные борозды и искусственные неровности рельефа. Участки в окрестностях сел Дубовое и Головнино имеют пологонаклонный, местами кочковатый и полого-холмистый рельеф с неглубоко врезанными долинами водотоков. Исследуемые участки классифицированы по использованию на местности и их фактическому состоянию.

Половина исследуемых территорий отнесена к землям с пастбищным типом использования. На острове распространен свободный выпас крупного рогатого скота (КРС). Такой метод животноводства сказывается на состоянии животных, а также может привести к потере животных, заболеваниям, нанесению ущерба окружающим и другим последствиям. Участки, используемые с целью свободного выпаса, в перспективе могли бы и дальше использоваться с той же целью. Подходящая для кормовой базы растительность определяет минимальный размер вложения как финансовых, так и трудовых и временных ресурсов. Это делает земли рентабельными с точки зрения ведения животноводства в больших масштабах и с централизованным управлением.

Среди изученных территорий встречались залежи, в частности, бывшие картофельные поля. Несмотря на то, что некоторые залежи относятся к категории молодых [4], на них уже заметен подрост ольхи волосистой и бамбука курильского, что характерно для средне- и старовозрастных залежей [4]. Это говорит о том, что природные условия Кунашира ускоряют процесс перехода неиспользуемых земель из потенциально пригодных в непригодные [5].

Современное состояние таких залежей оценено как пригодное для возделывания культур, чему способствует наличие внутрихозяйственных дорог.

При существовании совхоза Дальний село Дубовое являлось центром растениеводства [6]. В настоящее время подавляющая часть угодий используется в качестве пастбищ для свободного выпаса, но наблюдается низкая доля проективного покрытия кормовыми травами. При дальнейшем планировании подобные угодья потребуют дополнительной обработки земли и высаживания более подходящих для выпаса растений.

Часть исследуемых угодий в окрестностях с. Дубовое отнесены к залежам, но в силу особенностей рельефа и произрастания кормовых растений, в перспективе такие территории рациональнее использовать как пастбища. Среди всех описанных территорий не было замечено ни одного угодья, которое использовалось бы в качестве пашни.

Облагороженное угодье встречено единожды и представляло собой сенокос. Этот участок показывает, что заготовка корма для животных возможна, и в круглогодичном свободном выпасе КРС нет необходимости. Сельскохозяйственному использованию земель в окрестностях с. Дубовое могло бы способствовать постоянно проживающее там местное население, которое могло бы быть привлечено к сельскохозяйственному производству. Это облегчит поиск трудовых ресурсов, обеспечит поддержание необходимой инфраструктуры и наличие рынка сбыта.

По перспективам использования исследованные участки разделены на три группы: земли, наиболее пригодные для выпаса скота; земли, наиболее пригодные для возделывания растений; земли, нуждающиеся в дополнительной обработке. Под землями, нуждающимися в дополнительной обработке, подразумеваются угодья, которые при определенных затратах ресурсов могли бы быть пригодны для сельскохозяйственного использования. Например, установка дополнительных систем

укрепления грунта, дренажных систем, засевание кормовыми культурами, ликвидации древесно-кустарниковой растительности.

Современное состояние участков предопределяет перспективы их дальнейшей эксплуатации. Наибольшая часть изученных земель в настоящее время используется в качестве пастбищ для свободного выпаса. Такое использование обуславливается произрастанием диких растений, подходящих для питания КРС, а также расположением вблизи объектов инфраструктуры. Такие территории обладают не лучшим рельефом, площадью или расположением для переквалификации в пашни. Исходя из потребностей к рационализации использования ресурсов, большую часть изученных земель предлагается развивать в качестве регулируемых пастбищ.

Территории, перспективные как пашни, имеют наилучшие характеристики современного состояния. Они защищены от ветров, находятся рядом с источниками воды, имеют транспортную доступность, а также используются или были использованы недавно в качестве пашни или сенокоса.

Практически все угодья в прошлом уже использовались в сельском хозяйстве острова и в том или ином виде сохранили свои свойства, но без должной обработки быстро зарастают. Для реализации этих земель с минимальными вложениями меры по восстановлению сельского хозяйства следует предпринимать как можно скорее.

Литература

1. Губернатор и Правительство Сахалинской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sakhalin.gov.ru/index.php?id=1> (дата обращения 11.10.2024).
2. Постановление правительства Российской Федерации "Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга земель " от 28.11.2002 № 846.
3. ГОСТ 26640-85 Земли. Термины и определения: дата введения

01.04.2021. Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2021. – 16 с.

4. Ледовский Н. В., Абаимов В. Ф., Ходячих И. Н. Стадийность развития растительности залежей в ходе сукцессионного процесса // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. №. 3 (59). С. 176-179.

5. Постановление правительства Российской Федерации "О признаках неиспользования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации" от 18.09.2020 № 1482

6. Краеведение. История Курильских островов. Экономика [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://kurilskiy.ru/kraevedenie> (дата обращения 11.10.2024).

Krestinina D.A.¹, Grishchenko M.Yu.^{1,2}, Motakova A.M.³
**CURRENT STATE AND PROSPECTS OF UTILIZATION
OF THE STATE FARM LANDS ON THE ISLAND
OF KUNASHIR (KURIL ISLANDS)**

¹*Lomonosov Moscow State University, Russia*

²*State nature reserve Kurilskiy, Russia*

³*Moscow Engineering School 1581, Russia*

Kunashir Island is one of the four islands of the Great Kuril Ridge with a permanent population. Despite favorable agro-climatic conditions and the existing demand for agricultural products, this sector of production is practically not represented on the island. In the course of field work, the current state of some territories of the liquidated state farm Dalny was analyzed, and subsequently the prospects for the use of the studied lands were proposed. It was revealed that at present the lands are not cultivated and some of them are used as unequipped pastures. Based on the physiographic and socio-economic conditions, it was concluded that most of the lands are more rationally used as equipped pastures.

***Кряжева Е.Ю.^{1, 2}, Лантева Е.М.²,
Сератирова В.В.¹, Пильник Ю.Н.¹***

**СОДЕРЖАНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ
В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ УХТЫ
НА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ**

¹*Ухтинский государственный технический университет, Россия*

²*Институт биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, Россия*
eremina_83@mail.ru

Исследованы донные отложения реки Ухты на содержание приоритетных поллютантов. По сравнению с контрольными показателями установлены повышенные их концентрации на территории города.

Водные системы городов испытывают значительную антропогенную нагрузку и подвергаются процессу химического загрязнения. Интенсивнее всего поллютанты концентрируются в донных отложениях, являющихся индикаторами общего состояния среды прилегающих территорий [1, 2].

Цель данной работы заключалась в оценке химического состояния донных отложений реки Ухты на территории города Ухты.

Для реализации поставленной цели в летний период 2019 года был произведен отбор проб донных отложений реки Ухты в границах города и ниже по течению. Их химический анализ выполнен общепринятыми методами в экоаналитической лаборатории Института биологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН. Полученные данные сравнили с контрольными значениями, установленными для образца донных отложений, отобранного в 35 км выше по течению от города. Для определения уровня загрязнения нефтеуглеводородами использовали региональный норматив Ханты-Мансийского автономного округа [3, 4].

Проведенные исследования показали следующее (табл. 1). Образцы донных отложений реки Ухты, отобранные в зоне

влияния города, характеризуются повышенными содержаниями (относительно контрольных значений) всех анализируемых веществ. Особенно велики их концентрации в промышленной функциональной зоне. Наибольшие превышения установлены для нефтеуглеводородов, Hg, Cd, Cu и As. Содержание нефтеуглеводородов превышает предельно допустимый уровень [3] во всех исследуемых образцах в 3,3 (умеренное загрязнение) – 110 (критическое загрязнение) раз.

Таблица 1. Коэффициенты концентраций* приоритетных поллютантов в донных отложениях реки Ухты относительно контрольных значений

Поллютант	Место отбора образца донных отложений		
	город Ухта	город Ухта, промышленная зона	ниже города Ухты
Нефтеуглеводороды	1,33	33,85	13,54
Hg	2,00	10,40	9,40
Ni	1,50	4,14	2,86
Co	1,88	2,50	1,80
Cr	1,61	3,39	2,39
Cd	2,00	7,33	5,33
Mo	1,1	5,70	1,1
Pb	3,05	5,95	3,84
V	1,55	4,48	2,95
Cu	2,77	8,51	6,81
Mn	2,25	5,10	3,43
Fe	1,69	6,73	4,81
Zn	2,26	5,88	4,82
Ba	1,75	6,11	4,39
Sr	2,43	5,86	5,57
As	1,83	9,17	4,58

* – отношение экспериментального значения к контрольному.

Таким образом, химическое состояние донных отложений реки Ухты в зоне влияния города Ухты свидетельствует об их загрязнении приоритетными поллютантами, что обусловлено повышенной техногенной нагрузкой и нарушением химического баланса на исследуемой территории.

Литература

1. *Московченко Д.В.* Нефтепродукты в донных отложениях водных источников Ханты-Мансийского автономного округа // Вод. ресурсы. 2005. Т.32. №1. С. 85–89.
2. *Даувальтер В.А.* Химический состав донных отложений субарктического озера под влиянием горной металлургии // Известия АН, серия географическая. 2002. №4. С.65–73.
3. Постановление об утверждении регионального норматива “Предельно допустимый уровень содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях поверхностных водных объектов на территории Ханты-Мансийского автономного округа Югры” № 441- п от 10 ноября 2004 г. Ханты-Мансийск, 2004. 3 с.
4. *Михайлова Л.В., Исаченко-Боме Е.А.* Разработка и апробация норматива содержания нефти в донных отложениях поверхностных водных объектов // Вод. ресурсы. 2012. Т. 39. № 5. С. 530–542.

Kryazheva E.Yu.¹, Lapteva E.M.², Seratirova V.V.¹, Pilnik Yu.N.¹
THE CONTENT OF POLLUTANTS IN RIVER SEDIMENTS
IN URBANIZED AREAS (ON THE EXAMPLE OF UKHTA)

¹*Ukhta State Technical University, Russia*

²*Institute of Biology FRC Komi SC of the Ural Branch of the RAS,
Russia*

The bottom sediments of the Ukhta River have been studied for the content of priority pollutants. In comparison with the control indicators, their increased concentrations in the city have been established.

Кузьмина А.Ю., Яблонская Д.А., Филатова О.Р.
КОМПЛЕКСНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОД
РОДНИКОВ ГОРОДОВ МОСКВЫ И БРЯНСКА

*Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*
cuzm1na.an@yandex.ru

Изучен состав родниковых вод двух городов Центрального федерального округа: г. Москвы и г. Брянска. Приводятся результаты определения ряда параметров воды (ХПК, pH, электропроводность), данные о содержании макрокомпонентов и микроэлементов. Проведено моделирование форм переноса микроэлементов. Результаты свидетельствуют, что состав вод формируется за счёт инфильтрации атмосферных осадков через толщи современных отложений, испытывающих значительную техногенную нагрузку.

Родники – естественные выходы подземных вод на поверхность, которые могут быть использованы как источники водоснабжения. Однако качество родниковой воды не гарантировано во времени из-за чувствительности к воздействию техногенных факторов, что ставит под сомнение безопасность её использования [1].

Цель работы – определение состава и показателей качества вод родников г. Брянска и Москвы.

Москва занимает центральную часть Восточно-Европейской равнины, Брянск – её западную. Гидрогеологические условия, определяющиеся литолого-генетическим строением территорий, имеют сходные черты. Выделяют верхнюю водонасыщенную толщу в песках, глинах и других отложениях четвертичного и мезозойского возрастов и нижнюю толщу в карбонатных породах каменноугольного (для территории Москвы) и девонского (для территории Брянска) возраста [2]. Основная антропогенная нагрузка в Брянской области обусловлена преимущественно сельским хозяйством. В Москве ее ключевыми факторами выступают промышленность, транспорт и высокая плотность населения,

а общий уровень воздействия значительно выше [3].

Опробование проводилось в апреле 2024 года по [4], в Северо-Восточном автономном округе г. Москвы 4 родника (индекс М), в г. Брянске – 6 родников (индекс Б) (рис.1). Анализ вод осуществлялся следующими методами: объемное титрование (HCO_3^-), фотометрия (ХПК), потенциометрия (рН), капиллярный электрофорез (содержание Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-}), масс-спектрометрия (микроэлементы). Исследование выполнено с использованием оборудования, приобретенного по Программе развития МГУ (СКЭ Капель-205, ИСП-МС SUPEC 7000 с AS-240). Термодинамический расчет растворенных форм нахождения микрокомпонентов в водах проводили в программе Visual-MINTEQ, визуализацию состава вод — в программе GWB Community Edition. Качество вод оценивали в соответствии с ПДК [СанПиН1.2.3684-21] и величинами специализированных расчетных индексов [6].

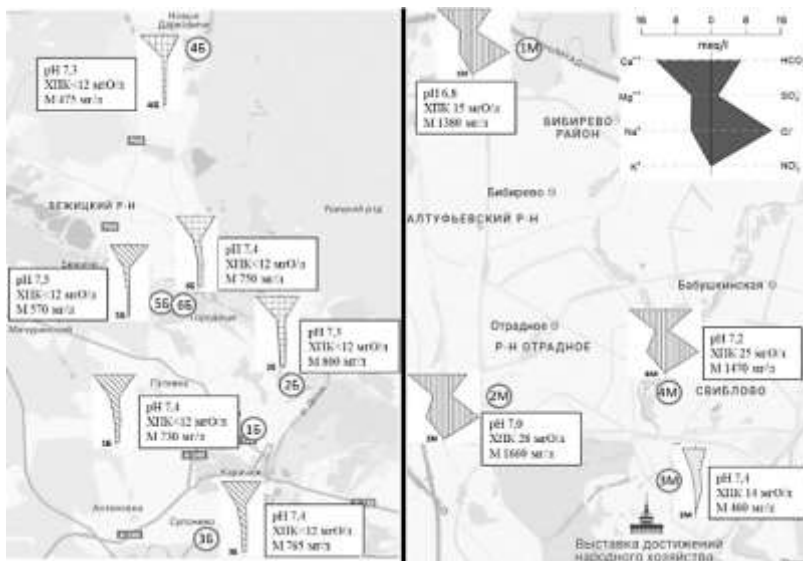


Рис. 1. Локализация родников, параметры вод и их макросостав (диаграммы Стиффа)

По макрокомпонентному составу вод родники разделены на 4 группы (рис. 1). Группа 1: родники 1Б, 3Б, 5Б с гидрокарбонатными магниевыми-кальциевыми водами. Группа 2: родники 2Б, 4Б, 6Б с гидрокарбонатными кальциевыми водами. В водах первой и второй группы – превышена ПДК по нитрат-иону (70-110 мг/л). Группа 3: гидрокарбонатно-хлоридные натриево-кальциевые воды родников 1М, 2М, 4М, очень жесткие (14-18 мг-экв/л) и высокоминерализованные (1,4-1,7 г/л). В группу 4 выделен родник 3М с хлоридно-гидрокарбонатными магниевыми-кальциевыми водами. В водах групп 3 и 4 – превышение ПДК по показателю ХПК (15-28 мгО/л).

Содержание микроэлементов в пробах не превышает ПДК, за исключением родников 2-4М. В них отмечается повышенное содержание марганца (до 5 ПДК в роднике 2М) и железа (до 18 ПДК в роднике 3М), что вероятно обусловлено природной спецификой состава вод и особенностями организации выхода воды на поверхность.

Термодинамическое моделирование растворенных форм нахождения проведено для Sr, Ba, Fe и Mn, отражающих природные особенности состава вод, а также для Ni, Cu, Zn – основных индикаторов техногенной нагрузки. Sr, Ba, Mn, Zn в воде присутствуют преимущественно в свободной форме (82–95%), для Ni преобладают свободные и карбонатные формы переноса, увеличивается доля органических форм (4-8%). Основная форма переноса Cu — органическая (98-99%). Перенос Fe (только в родниках г. Москвы) возможен в свободной (35-87%) и органической (4-60%) формах. Несмотря на крайне малую долю хлоридных и нитратных форм в общем переносе металлов, наблюдаемые различия чётко отражают специфику антропогенной нагрузки: в Брянске преобладают нитратные формы (агрохимия), в Москве — хлоридные (урбанизация) (рис. 2).

В целом, при соответствии нормативам, содержания макро- и микроэлементов в водах исследованных родников

превышают средние значения для подземных вод зоны гипергенеза областей умеренного климата [5].

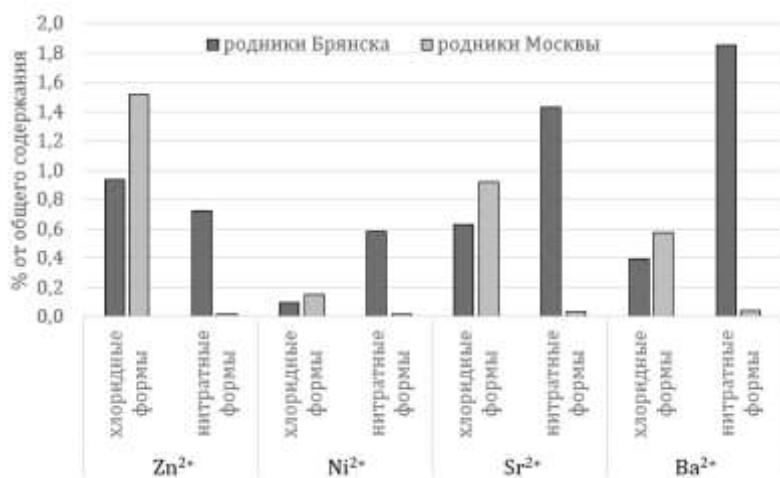


Рис. 2. Сопоставление форм переноса микроэлементов

Уровень риска при регулярном потреблении такой воды оценен на основе расчета специальных индексов. Для вод московских родников величины показателя питьевого качества воды (GWQI) соответствуют низкому уровню (кроме источника 3М с отличным качеством воды), тогда как воды родников Брянска отличаются хорошим качеством. Анализ полученных значений индексов поливной пригодности показал, что воды брянских родников пригодны для полива, в отличие от московских родников 1М, 2М и 4М, где значительная величина индекса потенциальной солёности исключает такую возможность. Результаты расчета индекса неканцерогенного риска (НҚ) демонстрируют необходимость исключения вод родников Брянска (кроме 5Б) из питьевого использования в связи с высоким содержанием нитратов.

Согласно полученным данным, исследованные родники относятся к современным отложениям, испытывающим техногенную нагрузку от предприятий агропромышленного и автотранспортного комплекса, о чем свидетельствует

значимая роль хлорид- и нитрат ионов в составе воды.

Литература

1. *Посохов Е.В.* Формирование химического состава подземных вод. Ленинград.: Гидрометеорологическое издательство, 1966. – 258 с.
2. Атлас возобновляемых водных ресурсов Европейской части России // Под ред. Р.Г. Джамалова. М. 2014. – 95 с.
3. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды [сайт] URL: <https://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.02.2025)
4. ГОСТ 31861-2012. Вода. Общие требования к отбору проб: межгосударственный стандарт. М.: Стандартинформ, 2013. – 59 с.
5. *Шварцев С.Л.* Гидрогеохимия зоны гипергенеза. 2-е изд. исправл. и доп. М.: Недра, 1998. – 366 с.
6. *Bouselsal B. et al.* Groundwater for drinking and sustainable agriculture and public health hazards of nitrate: Developmental and sustainability implications for an arid aquifer system // Results in Engineering. 2025. Vol. 25. Pp. 1-22.

***Anastasia Yurievna Kuzmina, Daria Andreevna Yablonskaya,
Olga Romanovna Filatova***

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF SPRING WATERS IN URBAN AGGLOMERATIONS

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The composition of spring waters of two cities of the Central Federal District: Moscow and Bryansk has been studied. The results of determining a number of water parameters (COD, pH, electrical conductivity), data on the content of macro components and trace elements are presented. The forms of transfer of trace elements are modeled. The results indicate that the composition of waters is formed due to the infiltration of atmospheric precipitation through the strata of modern sediments experiencing significant anthropogenic stress.

Куракова А.Д., Рязанова Н.Е.
**ИЗМЕНЕНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА
В ПОСЕЛКЕ ТЕРСКОЛ (РЕСПУБЛИКА КАБАРДИНО-
БАЛКАРИЯ) КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ
ЛАВИНООПАСНОСТИ РАЙОНА И РИСК ДЛЯ
ТУРИСТСКОГО РАЗВИТИЯ СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**

*Московский государственный институт международных
отношений, Россия*

akurakova2005@gmail.com

Данное исследование направлено на изучение изменений средних значений температурного воздуха и снегонакопления в п. Терскол, которые являются ведущими элементами лавинообразования, в целях освещения климатических угроз реализации стратегии по туристскому развитию Северо-Кавказского федерального округа.

В результате анализа данных Росгидромета по мониторингу климата, результатов предыдущих исследований авторов, а также данных, представленных на сайте гидрометеорологической компании “Расписание погоды”, был выделен риск повышения весенней лавиноопасности в районе, связанный с тенденцией роста средних температур и сумм осадков в апреле.

Начиная с 2000-х годов ведется активное освоение туристского кластера Северо-Кавказского федерального округа (СКФО) [1], представленного комплексом курортных зон, в число которых входит поселок Терскол. Наблюдаемые тренды меняющихся климатических условий СКФО могут стать причиной развития таких опасных природных явлений, как лавины. Согласно ГУ МЧС России по Кабардино-Балкарской республике (далее – КБР), густонаселенный и популярный среди туристов п. Терскол уже входит в список наиболее лавиноопасных районов СКФО [2]. На территории поселка начиная с 60-х годов прошлого века регулярно регистрировались крупные лавины, многие из которых стали причиной гибели людей и разрушения инфраструктуры [1]. В 2024 году в пресс-центре акционерного общества «КАВКАЗ.РФ»

(общество, ответственное за развитие туристского кластера СКФО, а также за развитие приоритетных секторов экономики, определенных в стратегии социально-экономического развития СКФО на период до 2030 года [3]) было объявлено строительство новой канатной дороги длиной 5,7 км, пересекающей п. Терскол. Однако прогнозированный экспертами рост лавиноопасности района [1, 4], связанный с меняющимися климатическими условиями, вызывает обеспокоенность за безопасность и устойчивость данного проекта. Таким образом, данная статья, на основе результатов предыдущих исследований авторов, данных Росгидромета, а также актуальных гидрометеорологических данных п. Терскол, предлагает пересмотреть стратегическое планирование региона, в целях более устойчивого и безопасного развития туристского кластера.

Государственная программа “Стратегия развития туризма на территории Северо-Кавказского федерального округа”, осуществляется в два этапа. На нынешнем (II) этапе (2025-2035) предусматривается развитие активного туризма в СКФО, включающего элементы горнолыжного, спортивного и экологического туризма. Однако в плане почти не предусмотрены риски природного происхождения, в условиях климатических изменений, несмотря на методические рекомендации документов, регламентирующих “Стратегию пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года”, где этот вызов учтен. Следовательно, на сегодняшний день, план вышеупомянутого проекта по строительству новой канатной дороги на территории крайне лавиноопасного района п. Терскол может стать настоящей угрозой, как для безопасности туристов, так и для экосистемы Эльбруса.

Для развития более устойчивой стратегии важно учитывать тренд изменений метеорологических факторов лавинообразования (режим температуры и осадков) на территории исследуемого объекта в период высокой лавиноопасности. Схождение лавин наиболее характерно для

периода с декабрь–февраль, с высокой периодичностью в апреле, что обусловлено, соответственно, обильными снегопадами и весенним снеготаянием [4].

На рис.1 представлен график среднего сезонного хода температур в п. Терскол на период с 2018-2024, построенный по данным с сайта гидрометеорологической компании прогноза погоды «Расписание погоды» [5] (рис.1)

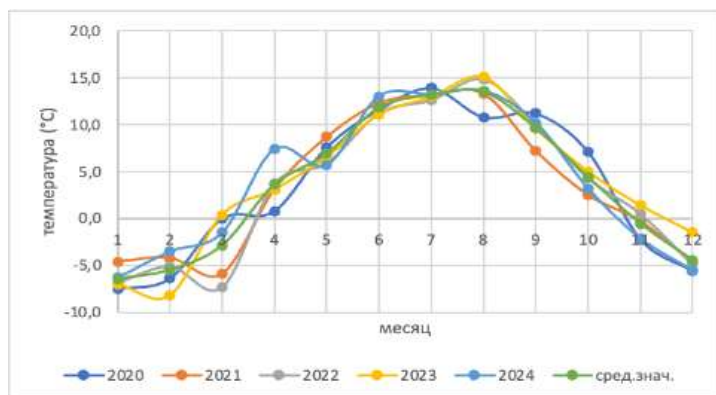


Рисунок 1 Температурный ход п. Терскол с 2020-2024 гг. (построено автором по данным [5])

При рассмотрении графика (рис. 1) замечается быстрый рост значений температуры воздуха в апреле, который составил $7,4^{\circ}\text{C}$ в 2024 г., превысив среднее значение исследуемого периода ($3,6^{\circ}\text{C}$) на $5,6\%$ (таб.1). Это подтверждается подсчетами Росгидромета, согласно которым для п. Терскол в этом же году характерен устойчивый рост минимальных весенних температур со скоростью от $0,9^{\circ}\text{C}/10$ лет [6]. Следовательно, в п. Терскол наблюдается положительный рост температуры воздуха весной, что может привести к развитию абляционных процессов, тем самым повышая риск схождения лавин.

В декабре и январе за последние 5 лет не замечаются значительные отрицательные отклонения температур от средних значений всего периода ($-6,4^{\circ}\text{C}$ и $-4,4^{\circ}\text{C}$ соответственно) (таб.1). Однако в рамках более длительного периода времени

(с 1991-2020 гг), согласно подсчетам Росгидромета, индексы положительных аномальных зимних температур в п. Терскол, характеризуются отклонением на $1,6^{\circ}\text{C}$ от средней нормы периода [6]. Наблюдаемый отрицательный тренд динамики зимних температур может способствовать образованию массовых лавинных катастроф, так как, по наблюдениям Большого Кавказа на период с 1968-2016 гг [1], 80% таких случаев происходили в годы с особо холодными зимами с аномально высокой снежностью.

Исходя из вывода приведенного исследования [1], будет логично рассмотреть режим осадков в п. Терскол за современный климатический период. Интересно, что по итогам многолетнего исследования по данным метеорологической станции «Терскол» [1], было выявлено убывание среднегодовой высоты снежного покрова на 0,1 см в год. Это наблюдение совпадает с данными Росгидромета, согласно которым в п. Терскол отмечается отрицательный тренд сумм осадков в зимний сезон ($-0,33$ мм/ 10 лет)[6]. Однако в том же докладе выделяется положительная тенденция значительного роста показателя в весенний сезон (16,9 мм/ 10 лет). Это означает, что хотя в п. Терскол наблюдается уменьшение снегообразования, усиление влажных осадков весной может привести к учащению случаев схождения лавин в период повышенной лавиноопасности.

Подводя итоги, п. Терскол за современный климатический период характеризуется ростом весенних температур и более холодными зимами. Авторы исследования [7] отмечают, что подобный температурный режим, в сочетании с интенсивными снегопадами, наблюдался в годы экстремального лавинообразования в п. Терскол. В результате данного исследования было отмечено сокращение среднегодовой высоты снежного покрова, что может означать дальнейшее понижение лавиноопасности района. Однако был замечен одновременный рост средних температур воздуха и сумм осадков весной. Следовательно, аномально высокие весенние температуры,

в условиях повышенного количества жидкого стока, могут способствовать снеготаянию и далее смещению рыхлообломочного материала вниз по склону, тем самым повышая риск катастрофических случаев схождения лавин. При этом оба сценария подразумевают значительные изменения метеорологических условий п. Терскол, впоследствии которых ожидается непредсказуемая трансформация экосистем. Без соответствующих мер по адаптации к происходящим изменениям стратегия по развитию туристского сектора СКФО становится неэффективной, так как ее реализация может привести к людским и инфраструктурным потерям. Для совершенствования существующей стратегии рекомендуется применение таких методов анализирования данных, как, например, реанализ (динамически разглаженные и согласованные данные метеонаблюдений с использованием данных, полученных в результате моделирования [8]), для оценки динамики метеорологических элементов лавинообразования. Этот метод позволит использовать прогнозируемые модели трансформации экосистемы п. Терскол и других районов Северного Кавказа, в условиях климатических изменений, в целях создания более устойчивых и безопасных мер по развитию туротрасли СКФО.

Литература

1. Олейников А.Д., Володичева Н.А. Зимы лавинного максимума на Большом Кавказе за период инструментальных наблюдений (1968–2016 гг.) // Лёд и Снег. 2020. Т. 60, № 4. С. 567–578.
2. Официальный сайт ГУ МЧС России по Кабардино-Балкарской Республике [Электронный ресурс]. URL: <https://07.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/5435778> (дата обращения: 15.04.2025).
3. Распоряжение Правительства РФ от 30.04.2022 № 1089-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Северо-Кавказского федерального округа на период до 2030 года» (ред. от 21.10.2024)

4. *Хабасович А.А., Кондратьева Н.В., Юрченко Н.В., Шидугов И.Ж.* Многолетняя динамика снежного покрова в Приэльбрусье // Наука. Инновации. Технологии. 2023. № 3.
5. Официальная страница сайта компании «Расписание Погоды» [Электронный ресурс]. URL: https://rp5.ru/Архив_погоды_в_Терсколе (дата обращения: 28.03.2024).
6. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. М., 2025. - 104 с.
7. *Куксова Н.Е., Торопов П.А., Олейников А.Д.* Метеорологические условия экстремального лавинообразования в горах Кавказа по данным наблюдений и реанализов // Лёд и Снег. 2021. Т. 61, № 3. С. 377–390.
8. *Фомин В.В., Ундерских М.Г.* Использование реанализов для оценки пространственно-временной динамики температуры воздуха на Урале и в Западной Сибири во второй половине XX – начале XXI веков // Леса России и хозяйство в них. 2020. № 3 (74). С. 4-11

Kurakova A.D., Ryazanova N.E.

**CHANGE OF METEOROLOGICAL REGIMEN IN TERSKOL
VILLAGE (REPUBLIC OF KABARDINO-BALKARIA)
AS A FACTOR OF AVIINOUSNESS FACTOR AND RISK FOR
TOURIST DEVELOPMENT OF THE NORTH-CAUCAS
FEDERAL DISTRICT**

Moscow State Institute of International Relations, Russia

This study is aimed at studying changes in the average values of air temperature and snow accumulation in Terskol. They are the leading elements of avalanche formation, in order to highlight the climatic threats to the realization of the strategy for tourism development of the North Caucasus Federal District. Using reviewed data of Roshydromet on climate monitoring, the results of the authors' previous studies, as well as open hydrometeorological data the risk of increased spring avalanche danger in the area was highlighted, associated with the trend of increasing average temperatures and precipitation amounts in April.

Михайленко А.В., Федоров Ю.А., Костенко Д.Ф.
РТУТЬ В КОМПОНЕНТАХ ЛАНДШАФТА
МИУССКОГО ЛИМАНА (ПО ДАННЫМ НАТУРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ 2022 ГОДА)

Южный федеральный университет, Россия

avmihaylenko@sfedu.ru

Изучено распределение ртути в воде и взвешенном веществе Миусского лимана, реки Миус и Таганрогского залива. Определено повсеместное превышение ПДК_{р.х.} Определено, что в водном компоненте ландшафта преобладает взвешенная форма миграции металла.

Миусский лиман площадью 59 км² представляет собой залив второго порядка Азовского моря. Его длина составляет 30 км, а ширина изменяется от 200 м до 3 км. Колебания уровня воды в нем незначительны – 60-70 см. Лиман условно может быть разделен на западную и восточную части. В северо-восточной части в него впадает река Миус, представляющая собой каскадную систему небольшими водохранилищами и искусственными рыбообразными прудами (Федоров и др., 2020). В западной части лиман сообщается с Таганрогским заливом.

В настоящее время большая часть бассейна Миусского лимана распахана или занята населенными пунктами, объектами промышленного и сельскохозяйственного производства, коммуникациями различного типа. В работах [1,2] исследованы особенности распределения ряда потенциально токсичных элементов по профилю «р. Миус-Миусский Лиман-Таганрогский залив». По ряду показателей отмечались превышения предельно допустимых концентраций. В работе [3] показано, что значения удельного комбинаторного индекса загрязненности воды (УКИЗВ) в лимане в 2016-2018 гг. изменялись от 2,2 до 2,43, т.е. воды относились к классу «IIIa – Загрязненная», при этом отмечался рост концентрация ряда загрязняющих веществ

от устья р. Миус к центральной части Миусского лимана, с последующим снижением к его гирлу.

Постоянный экологический мониторинг осуществляется в бассейне реки Миус. По данным [4] значения УКИЗВ в реке Миус в период 2010-2023 гг. варьировали в пределах 2,4- 4,94, класс опасности изменялся от «IIIа – Загрязненная» до «IVа – Грязная».

Основой данного исследования послужили данные, полученные в ходе экспедиционных исследований в 2022 г., в рамках которых производился отбор проб воды на семи станциях наблюдений (рис.1). Рассмотрено содержание ртути в воде и взвешенном веществе.



Рис. 1. Карта-схема расположения станций отбора проб по профилю «р. Миус-Миусский лиман»

Определение валовой и растворенной форм металла в воде осуществлялось авторами на анализаторе «РА-915М» с приставкой «УРП» в межкафедральной лаборатории Южного федерального университета методом «холодного пара» согласно методике М 01-55-2016 [5]. Содержание

взвешенной формы определялось как разница между валовой и растворенной формой ртути.

Анализ полученных данных показал повсеместное превышение предельно допустимой концентрации для рыбохозяйственных водоемов (0,01 мкг/л). В воде реки Миус валовое содержание ртути изменялось от 0,061 до 0,091 мкг/л, а в среднем составило 0,081 мкг/л (рис.2). Стоит отметить, что максимальные значения приурочены к точкам отбора, расположенным в зоне влияния автомобильного моста. На двух станциях наблюдения преобладала растворенная форма металла, а на одной соотношение было практически равным. В целом ее относительная доля варьировала от 48 до 55,7 %. Относительная доля взвешенной формы Hg изменялась от 44,2 до 51,6%.

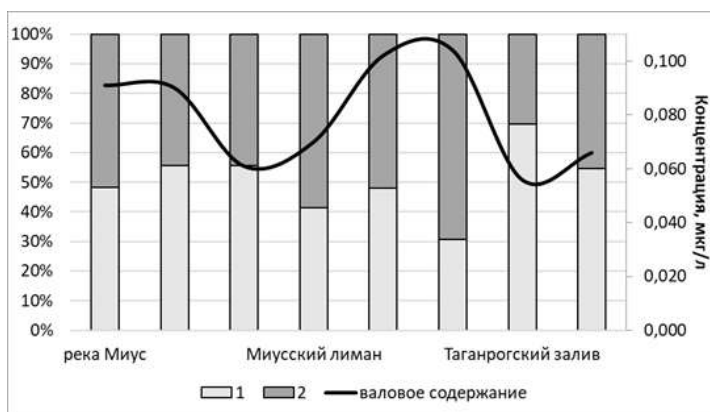


Рис. 2. Относительное содержание растворенной (1) и взвешенной (2) форм ртути (в % от валового содержания) по профилю «р. Миус-Миусский лиман-Таганрогский залив»

В собственно Миусском лимане валовое содержание изменялось от 0,056 до 0,104 мкг/л (в среднем 0,082 мкг/л). В отличие от речных вод, в лимане преобладающей формой миграции металла являлась взвешенная – 52-69% от валового содержания. Исключением является зона смешения с Таганрогским заливом, где относительная доля

растворенной ртути составила 70%. Это может быть обусловлено наблюдавшимся в период пробоотбора небольшим волнением водных масс. Более высокие концентрации отмечаются в центральной части Миусского лимана. Ранее, в работе [1] в этом районе было зафиксировано двукратное превышение ПДК_{р.х.} содержания железа. Повышение содержания ряда загрязняющих веществ в данной части лимана отмечалось также в работе [3].

Рассмотрена также зона смешения вод Миусского лимана и Таганрогского залива. Содержание металла в воде залива было несколько выше, чем на станции отбора проб в лимане, 0,066 мкг/л и 0,056 мкг/л соответственно. При этом концентрации растворенной формы металла были близки, в то же время как во взвеси содержание увеличилось практически в 2 раза.

В заключение отметим, что несанкционированных свалок и других явных источников загрязнения в ходе экспедиционных исследований не обнаружено, но на берегу расположено большое количество населенных пунктов, что может обуславливать повышенные концентрации тяжелых металлов, в т.ч. числе ртути.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-17-00038, <https://rscf.ru/project/24-17-00038/> в Южном федеральном университете.

Литература

1. Федоров Ю. А., Гарькуша Д.Н., Дмитрик Л.Ю., Доценко И.В., Чепурная В.И., Трубник Р.Г. Геохимия железа в системе река Миус-Миусский лиман – Таганрогский залив Азовского моря// Астраханский вестник экологического образования. 2020. №5 (59). С. 172-181.
2. Федоров Ю. А., Костенко Д. Ф., Доценко, И. В., Чепурная, В. И. Особенности распределения содержания миграционных форм меди в воде по разрезу «Эстуарий реки Миус – Таганрогский залив Азовского моря». Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология.

2022. №1. С. 36-49.

3. Вишиневецкий В.Ю., Попружный В.М. Некоторые особенности экологической ситуации Миусского лимана // Инженерный вестник Дона. 2018. № 4 (51). – С. 45.

4. Экологический вестник Дона: О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2015-2023 году / Комитет по охране окружающей среды и природных ресурсов администрации Ростовской области. Ростов-на-Дону. – 2016-2024.

5. М 01-55-2016 Методика измерений массовой концентрации ртути в пробах природных (в том числе морских) вод атомно-абсорбционным методом на анализаторе ртути РА-915М. Санкт-Петербург. 2016. – 28 с.

Mikhailenko A. V., Fedorov YU.A., Kostenko D.F.

**MERCURY IN THE LANDSCAPE COMPONENTS OF THE
MIUS ESTUARY (ACCORDING TO FIELD STUDIES IN 2022)**

Southern Federal University, Russia

The distribution of mercury in water of the Mius estuary has been studied. The total, dissolved and suspended migration forms of the metal are analyzed. There is definitely a widespread excess of MPC for fishery reservoirs. It has been determined that mercury mainly migrates in suspension in the aquatic component of the landscape.

Мурадов Ш. О., Ражабова Д. А. Шакирова З.Р.
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО
СОСТАВА ГРУНТОВЫХ ВОД И ПРОГНОЗ
ХАРАКТЕРА ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ
ОРОШЕНИИ АРИДНЫХ ЗЕМЕЛЬ

*Каршинский Государственный технический университет,
Узбекистан*

m.oikos@mail.ru

Район исследования, Сурхан-Шерабадский бассейн, является одним из самых засушливых регионов в Центральной Азии и расположен на юге Узбекистана. Детально изучены 14 административных районов, с точки зрения выявления закономерностей географии смещения основных ионов в грунтовых водах и солей в почвах. Анализ химического состава осуществлен на основе использования математико-статистических методов-корреляционного анализа многолетних данных (2000-2022). На основе построенных диаграмм гипотетического солевого состава и графиков изменения соотношений катионов и анионов в зависимости от величины минерализации сделан прогноз солесодержания и типа засоления почв. Доказано, что возможно содовое засоление почв, что является основой для разработки технических решений по улучшению эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель.

О существовании тесной взаимосвязи между эволюцией состава подземных вод и солевых профилей почвогрунтов известно давно. В случае преобладания процессов фильтрационного и диффузного выщелачивания определенной вертикальной (сверху вниз) гидрохимической зональности (гидрокарбонатная, сульфатная и хлоридная зоны) соответствует специфическая (снизу вверх) литологическая зональность: на смену почвогрунтам с хлоридными солями приходят грунты, содержащие сульфаты, которые, в свою очередь, сменяются зоной карбонатов и силикатов, из которой остальные соли практически полностью вымыты [1, с.27]. При сгущении почвенных растворов (процесс, обратный выщелачиванию)

указанная закономерность проявляется также весьма четко, только с обратным знаком, то есть хлориды локализуются в верхних горизонтах капиллярной каймы, а в нижележащих слоях преобладают сульфаты и углекислые соли. При большом содержании карбонатов в грунтовых водах и значительном повышении температуры почв с приближением к дневной поверхности углекислые соли могут выпадать в осадок, не достигнув капиллярной каймы, в самом водоносном горизонте, образуя сплошные соли (в Средней Азии и Казахстане они носят название “арзык” или “шох”). Аналогичная зональность наблюдается и в горизонтальном направлении. Грунтовые воды (ГВ) по мере движения вниз обедняются малорастворимыми, а затем и среднерастворимыми солями. Вблизи базиса ионного стока преобладают наиболее подвижные соли хлора как в почвогрунтах, так и в грунтовых водах [2, с. 18].

Вышеизложенное отнюдь не означает, что в качестве ведущих процессов растворообразования можно признать лишь выщелачивание и сгущение. Более того, можно считать, что преувеличение влияния какого-либо одного процесса или фактора с целью внедрения в гидрохимию физико-химических и других методов может привести к неправильным выводам.

Начало учению о формировании подземных вод положил Ф.П. Саваренский. Им установлена зависимость зональности химизма грунтовых вод от характера почв, климатических зон и зон выветривания. Таким образом, он заложил основы гидрогеохимического метода, который можно назвать комплексным анализом факторов [3]. Наряду с методом анализа факторов возник естественно-исторический метод, основоположниками которого можно считать В.И Вернадского [4], А.И.Силина-Бекчурина [5], А.И. Семихатова [6], Б.Л.Личкова [7] и других исследователей. Способы выражения анализов в виде гипотетических солей придерживаются многие исследователи. В частности, Н.М.Страхов [8] использовал этот способ для классификации гидрохимических типов соленых водоемов.

Главенствующую роль изучения химии подземных вод для лучшего понимания наиболее важных гидрогеохимических процессов, которые контролируют их качество, отмечали многие ученые (9-14).

Учитывая подход отдельных ученых [12, 15], которые считают правильным решением эколого-водохозяйственных проблем в пределах административных границ районов, для обобщения массовых гидрохимических анализов (около 14000 анализов) накопленные Сурхандарьинской гидрогеологической станцией (2000-2022 гг.), авторами использованы классические методы построения статистических гидрохимических зависимостей при помощи стандартного пакета программы «Microsoft Excel». Таким образом, были получены статистические зависимости $\text{ион} = f(M)$ для ионов $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} и HCO_3^- по 14 административных районов (рис.1). На рис. 1 приведена только зависимость между M и $\text{Na}^+ + \text{K}$ одного района.

Данные полученных трендов затем переводились в миллиграмм-эквивалентную и эквивалент-процентную форму. Далее на их основе определялись некоторые соотношения отдельных ионов. По данным этих расчетов построены диаграммы гипотетического солевого состав грунтовых вод (рис. 2) и графики ионных коэффициентов (рис. 3).

Анализ диаграмм (рис.2) показывает, что прогнозируемый солевой состав грунтовых вод в интервале 0,2...5,0 г/л характеризуется в основном наличием семи солей: NaCl , Na_2SO_4 , MgSO_4 , CaSO_4 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ и NaHCO_3 , то есть воды по среднестатистическим данным относятся к сульфатно-гидрокарбонатно-натриевому типу по классификации В.А.Сулина. Исходя из этого следует ожидать, что засоление почв будет происходить в основном за счет сульфатных солей, хлористого натрия и возможное осолонцевание за счет гидро-и карбоната кальция, магния и натрия.

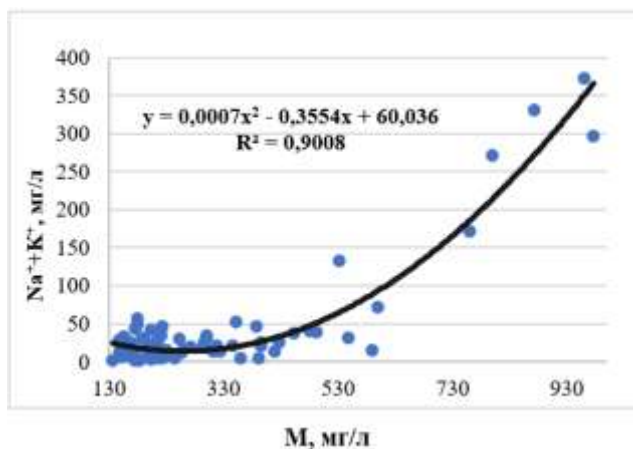


Рис. 1. Зависимость между M и Na^+K^+ ($r = 0,94$) грунтовых вод Сариасийского района Сурхан-Шерабадского бассейна

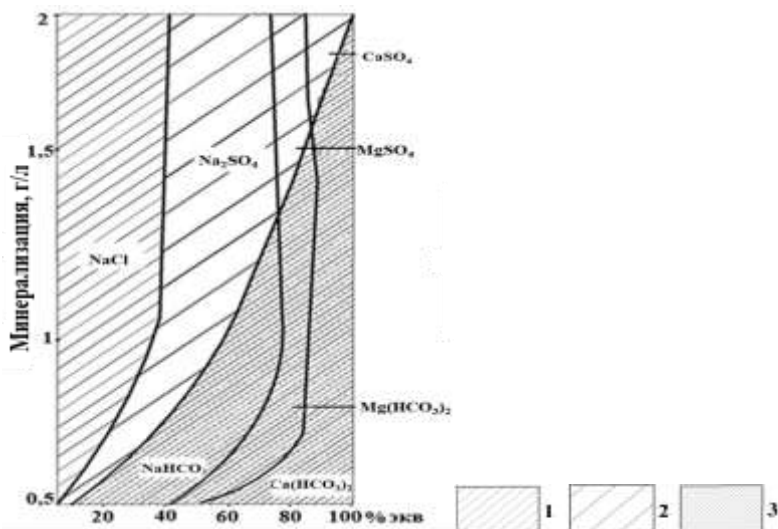


Рис.2. Гипотетический солевой состав грунтовых вод Сариасийского района Сурхан-Шерабадского бассейна в зависимости от величины минерализации. Соли: 1-хлоридные; 2-сульфатные; 3-гидрокарбонатные.

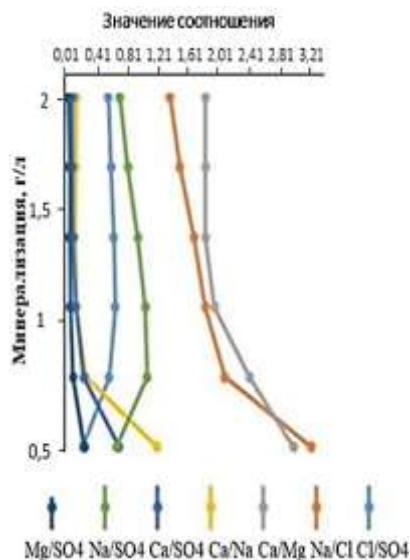


Рис.3. Изменение соотношений катионов и анионов в грунтовых водах Сариасийского района Сурхан-Шерабадского бассейна в зависимости от величины минерализации. Соотношения: 1- Mg^{2+}/SO_4^{2-} ; 2- Na^{+}/SO_4^{2-} ; 3- Ca^{2+}/SO_4^{2-} ; 4- Ca^{2+}/Na^{+} ; 5- Ca^{2+}/Mg^{2+} ; 6- Na^{+}/Cl^{-} ; 7- Cl^{-}/SO_4^{2-} .

Доказано, что уровни ГВ, их минерализация и запасы солей в подстилающих почву грунтах – это главные факторы распространения засоленности в условиях орошения [16, с. 36].

Несмотря на общую достаточно хорошую изученность проблемы засоления и рассоления почв в условиях орошения ([11], [17-19] и др.), особенности и механизмы привноса солей из грунтовых вод изучены далеко недостаточно из-за трудоемкости и несовершенства методик изучения этих процессов [20, с.33]. Орошаемое земледелие и водохозяйственное строительство – антропогенные факторы, сильно изменяющие динамическое равновесие гидрогеохимической среды [21, с. 3]

В нашем исследовании впервые изучены некоторые закономерности изменения химического состава грунтовых вод и дан прогноз характера засоления почв при длительном

орошении и хозяйственном освоении земель на примере репрезентативных для аридных земель мира, административных районов Сурхан-Шерабадского бассейна юга Узбекистана.

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

1. Из графиков изменения соотношений катионов и анионов в грунтовых водах отчетливо видно, что основные преобразования ионного состава происходят в Узунском, Байсунском, Олтинсойском, Денауском и Шурчинском в интервале 0,2-0,5 г/л, Сариасийском, Музрабатском, Жаркурганском районах в интервале 0,5-1 г/л, Бандихонский 0,2-1 г/л, Кумкурганском 0,5-1,5 г/л, Шерабадском 0,5-2 г/л, Кизирикском, Термизском и Ангорском 1-2 г/л.

2. Для прогнозирования характера засоления почв Сурхан-Шерабадского бассейна на перспективу особый интерес представляют статистические данные по наиболее пресным грунтовым водам (минерализация 0,2...1 г/л)

3. В верхнем ЭВХР – Сариасийском, Узунском, Байсунском, Олтинсайском, Бандихонском, и подрайонах – Денауском и Шурчинском районах геологические запасы хлористых и сульфатных солей настолько малы, что при существующих масштабах выноса их ирригационными водами, по всей вероятности, уже наблюдается на локальных участках и массовое появление произойдет не ранее чем через 3-5 лет.

4. В нижнем ЭВХР – Шерабадском, Кизирикском, Термизском, Ангорском и Музрабатском районах геологические запасы хлористых и сульфатных солей здесь достаточны, что при существующих масштабах выноса их ирригационными водами это произойдет не ранее чем через 5...10 лет. В Кумкурганском и Жаркурганском геологические запасы хлористых и сульфатных солей здесь настолько значительны, что при существующих масштабах выноса их ирригационными водами это произойдет не ранее чем через 10...15 лет.

5. Таким образом, появление в Сурхан-Шерабадском бассейне очагов содового засоления почв на перспективу не

исключено, что дает основание разработать технические решения для предотвращения этого экологически негативного явления.

Литература

1. *Ходьков А.Е., Валуконис Г.Ю.* Формирование и геологическая роль подземных вод. Л.:изд.ЛГУ, 1968. 216 с.
2. *Соколенко Э.А., Делов В.М., Зеличенко Е.Н., Кавокин А.А.* Моделирование и управление водно-солевым режимом почв. под ред Э.А. Соколенко. Алма-Ата: Наука, 1976. 180 с.
3. *Саваренский Ф.П.* Гидрогеология. М.Л. Новосибирск. ОНТИ НКТИ Гос.научно-техническое горно-геологическое изд. 1934. - 320 с.
4. *Вернадский В.И.* История минералов земной коры. Т.2. История природных вод. Ч.1, вып.. 1-3. М.: ОНТИ, 1933-1936. – 650 с.
5. *Силин-Бекчурин А.И.* Формирование подземных вод северо-востока Русской платформы и западного склона Урала. М.: Изд-во АН СССР, 1949. - 159 с.
6. *Семихатов А.Н.* О гидрогеологических циклах. //Докл. АН СССР. 1974. Т.6. № 6. С.729-731.
7. *Личков Б.Л.* Формирование подземных вод и единство природных вод. «Тр.Лаб.гидрогеологических проблем АН СССР» Т.16, 1958, С. 27-33.
8. *Страхов Н.М.* Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 53 с.
9. *Ghani J, Ullah Z, Nawab J, Iqbal J, Waqas M, Ali A, Almutairi MH, Peluso I, Mohamed HRH and Shah M.* Hydrogeochemical Characterization, and Suitability Assessment of Drinking Groundwater: Application of Geostatistical Approach and Geographic Information System. // Environ. Sci. 2022. Vol. 10. P.874464.
10. *Dashora M., Kumar A., Kumar S., Kumar P., Kumar A. and Singh C.K.* Geochemical Assessment of Groundwater in a Desertic Region of India Using Chemometric Analysis and Entropy Water Quality Index (EWQI). //Nat.Hazards. 2022. Vol.112. Pp. 747–782.

11. *Zhang Y, Zhang Q, Chen W, Shi W, Cui Y, Chen L, Shao J.* Hydrogeochemical analysis and groundwater pollution source identification based on self-organizing map at a contaminated site. // *Journal Hydrol.* 2023. Vol. 616. P.128839
12. *Zhang B, Hu X, Li B, Wu P, Cai X, Luo Y, Deng X, Jiang M.* A groundwater quality assessment model for water quality index: combining principal component analysis, entropy weight method, and coefficient of variation method for dimensionality reduction and weight optimization, and its application. // *Water Environ Res.* 2024. Vol. 96. P.11155.
13. *Peng Z.C.; Zulfiqar T.; Yang H.C.; Wang M.; Zhang F.H.* Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) on photosynthetic characteristics of cotton seedlings under saline-alkali stress. // *Sci. Rep.* 2024. Vol. 14. P.8633
14. *Huang G., Han D., Song J., Li L., and Pei L.* A Sharp Contrasting Occurrence of Iron-Rich Groundwater In the Pearl River Delta During the Past Dozen Years (2006–2018): The Genesis and Mitigation Effect. // *Sci.Total Environ.* 2022. Vol. 829. №10. P. 2022154676.
15. *Кирейчева Л.В.* Биосферно-экологическое обоснование комплексных мелиораций. // *Природообустройство.* 2023. Vol.2. С.15-22
16. *Гулиев А.Г., Самофалов И.А., Мудрых Н.М.* Засоление-глобальная экологическая проблема в орошаемом земледелии. // *Пермский аграрный вестник.* 2014. Vol. 4(8). С.32-43.
17. *Wenlong Sun, Luyu Qi, Haonan Chen, Yixin Song, Jiaqi Jiang, Puyi Zhang, Bojian Wang, Qiang Wang, Gaode Meng, Tianyu Ji, Xinke Sun, Weihua Guo, Ning Du, and Janusz J. Zwiazek.* Mycorrhization of *Quercus dentata* Seedlings with *Laccaria bicolor* Enhances Salt Tolerance of Plants Only Under Relatively Moderate Soil Salinity Level. // *Forests.* 2025. Vol. 16(3). P.413
18. *Musaab A.A.* Mohammed University of Miskolc. Norbert Péter Szabó. University of Miskolc Peter Szucs University of Miskolc. Interpretation of hydrogeophysical and hydrogeochemical data using statistical methods. November. // *Heliyon* 2022. Vol. 8(11). P.11308.
19. *Noor S., Rashid A., Javed A., Khattak J. A., and Farooqi A.* Hydrogeological Properties, Sources Provenance, and Health Risk Exposure of Fluoride in the Groundwater of Batkhela, Pakistan. //

Environ. Technol. Innovation 2022. Vol. 25. P.102239.

20. *Панов Г.А., Муромцев Н.А., Шуравилин А.В.* Особенности поступления солей из грунтовых вод в ирригационно-гидроморфные почвы на Южном Урале//Мелиорация и водное хозяйство. 2008. Vol. 3 С. 33-35.

21. *Парфенова Н.И.* Энергия химических связей веществ и ее роль в формировании экологической устойчивости агроландшафтов. М.: Научное издание ВНИИГиМ РАСХН, 2007. - 126 с.

Muradov S.O., Razhabova D.A., Shakirova Z.R.
**LAWS OF CHANGE IN THE CHEMICAL CONSTITUTION
OF GROUND WATER CHANGE AND PROGNOSIS
OF THE CHARACTER OF SOIL SALTATION
IN LONG-TERM IRRIGATION OF ARIDA SOILS**

Karshi State Technical University, Uzbekistan

The study area, Surkhan-Sherabad basin, is one of the driest regions in Central Asia. It is located in the south of Uzbekistan. 14 administrative districts were studied in detail from the point of view of revealing the regularities of geographical displacement of main ions in groundwater and salts in soils. Analysis of chemical composition was carried out on the basis of mathematical and statistical methods - correlation analysis of long-term data (2000-2022). On the basis of constructed diagrams of hypothetical salt composition and graphs of change of ratios of cations and anions depending on mineralization value the forecast of salt content and type of soil salinization was made. It is proved that sodic salinization of soils is possible, which is the basis for development of technical solutions for improvement of ecological and reclamation state of irrigated lands.

Назаров С.И.¹, Мазина С.Е.^{1,2}

**БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ СЕРЫ
В ОТНОСИТЕЛЬНО ИЗОЛИРОВАННЫХ УСЛОВИЯХ
КАРСТОВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ПОЛОСТЕЙ**

*¹ Российский университет дружбы народов имени Патриса
Лумумбы, Россия*

*² Научно-технический центр радиационно-химической
безопасности и гигиены Федерального медико-биологического
агентства, Москва, Россия*

nazarov9705@gmail.com

В статье рассматривается биогеохимический цикл серы в карстовых подземных полостях, находящихся в изолированных условиях. Анализируются механизмы сернокислотного спелеогенеза, влияние серных микробных сообществ на карстогенез, а также процессы разложения органического вещества в условиях ограниченного доступа кислорода.

Представлены данные о ключевых микроорганизмах, участвующих в трансформации серных соединений, и их роли в поддержании геохимического баланса подземных экосистем.

Биогеохимический цикл серы играет важную роль в функционировании биосферы, охватывая как глобальные процессы, так и локальные экосистемные преобразования. Особенно значимы исследования серного цикла в относительно изолированных карстовых пещерах, где процессы протекают в условиях отсутствия солнечной энергии и ограниченного поступления органических веществ [1, 2]. Целью исследования было проанализировать биогеохимический цикл серы и механизмы сернокислотного спелеогенеза в уникальных условиях карстовых полостей.

Методология исследования состоит из комплексного анализа экосистем карстовых пещер, включая микробные сообщества, химический состав пород и отложений, соединения серы в среде пещер, их перераспределение и трансформацию. Объектом исследования являются карстовые системы, в которых осуществляется процесс

сернокислотного спелеогенеза, который играет значительную роль в формировании подземного ландшафта [3].

Рассмотрим биогеохимический цикл серы, исключая техногенную составляющую. Резервуаром серы является земная кора и осадочные породы, из которых вследствие растворения соединения серы попадают в воду, выносятся в океан и могут попадать в атмосферу. Атмосферный пул серы пополняется за счет выбросов вулканов, геотермальных источников и деятельности биоты, в первую очередь почвенной. Основные летучие соединения серы, попадающие в атмосферу – это карбонилсульфид, сероуглерод, метилмеркаптан и диметилсульфид. Микробное расщепление белков приводит к образованию сероводорода, который в основном образует соединения серы с металлами либо окисляется бактериями. Абиогенный (эндогенный) сероводород и биогенный сероводород окисляется в процессе аноксигенного фотосинтеза (отсутствует в афотической зоне пещер) с образованием серы. Сине-зеленые водоросли или цианобактерии, которые приспособлены к условиям недостатка освещенности и изменению спектрального состава света [4], а также бактерии и растения используют сульфаты образуя аминокислоты (процесс ассимиляторного восстановления сульфатов). В аэробных условиях бактерии используют серу содержащие аминокислоты из мортмассы, а в анаэробных за счет деятельности сульфидогенов образуется гидро-сульфид-анион, частично превращающийся в сероводород. В пресных водоемах основной процесс выработки сероводорода – дессимиляторное восстановление сульфатов, происходящее в анаэробных условиях и этот процесс напрямую зависит от количества органического вещества и отведения продуктов реакций, производимых первичными анаэробами [5].

Ключевую роль в серном цикле карстовых экосистем играют микроорганизмы, преимущественно сульфатредуцирующие бактерии (*Desulfovibrio*), а также окисляющие серу

бактерии (*Acidithiobacillus*, *Beggiatoa*) [6]. Сульфатредуцирующие бактерии осуществляют восстановление сульфатов до сероводорода, который затем окисляется серобактериями с образованием серной кислоты. Эта кислота активно взаимодействует с карбонатными породами, способствуя их растворению и расширению пещерных систем [7, 8]. Это взаимодействие является основной движущей силой сернокислотного спелеогенеза, приводя к активному растворению карбонатных пород и формированию карстовых полостей с характерными морфологическими признаками [9, 10]. В формировании содержащих серу минеральных образований (гипса, мирабилита) участвуют хемолитотрофные бактерии, такие как *Beggiatoa* и *Thiobacillus*, которые окисляют сероводород и элементную серу до сульфатов [11].

Особое внимание уделяется взаимодействию микробных сообществ в условиях экстремально низкого уровня кислорода и минимальной доступности органических субстратов. Микробы, такие как *Acidithiobacillus* и *Beggiatoa*, играют важную роль в ускорении процессов химического растворения карбонатов за счёт метаболической активности, включающей окисление сероводорода до серной кислоты. Эти процессы значительно ускоряют формирование карстовых полостей и влияют на химизм и структуру подземных экосистем [12].

Выявлено, что образование серной кислоты микробными сообществами ускоряет процессы карстообразования, существенно влияя на морфологию и минералогию пещерных образований. В свою очередь, сернокислотный спелеогенез влияет на локальные и глобальные биогеохимические циклы, поддерживая экосистемное равновесие в анаэробных условиях подземных карстовых систем [13]. Процессы микробного восстановления сульфатов и окисления сероводорода играют значимую роль не только в формировании геоморфологических особенностей, но и в поддержании микробного разнообразия [14, 15].

Установлено, что серный цикл тесно связан с другими биогеохимическими циклами, такими как углеродный и азотный, цикл фосфора, влияя на процессы разложения органического вещества и эмиссию газов [16, 17].

Таким образом, микробные сообщества, участвующие в биогеохимическом цикле серы играют важную роль в поддержании биогеохимического баланса в относительно изолированных подземных экосистемах. Дальнейшие исследования должны быть направлены на уточнение механизмов формирования сероводородных потоков и идентификацию неизвестных микроорганизмов, участвующих в серном цикле в глубинных зонах карстовых систем.

Условиях подземных полостей, характеризуются более-менее замкнутыми экосистемами, как правило олиготрофными, через которые проходят потоки веществ глубинного эндогенного и поверхностного происхождения. Экзогенное органическое вещество (аллохтонное) и глубинные эндогенные газы и растворы, а также деятельность хемолитоавтотрофов (автохтонное органическое вещество) обеспечивают источники энергии и питания для организмов. Принципиально круговорот серы в пещерах не отличается от биосферного цикла серы, но на локальном уровне как в рамках одной пещеры, так и участков подземной системы, деятельность биоты и особенности поступления соединений серы, могут значительно менять структурно-функциональные параметры экосистемы. Сернокислотный спелеогенез и его роль оценены недавно, а вклад карстовых подземных экосистем в общий круговорот серы пока не исследован.

Литература

1. De Waele J., D'Angeli I.M., Audra P., Plan L., Palmer A.N. Sulfuric acid caves of the world: A review // *Earth-Science Reviews*. 2024. №250.
2. Torres M., Morales A., Peralta A., Kroneck P. Sulfur, the Versatile Non-metal // *Metal Ions in Life Sciences*. 2020. № 20. P. 19–50.

3. *Dahl C.* A biochemical view on the biological sulfur cycle // Environmental technologies to treat sulfur pollution: principles and engineering. 2020. Ch. 3.
4. *Пичугина Е.К., Мазина С.Е.* Ламповая флора как результат оборудования карстовых пещер для экскурсий // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2022. Т. 30. № 3. С. 250-265.
5. *Гиляров А.М.* Экология биосферы. М.: Изд-во Момского ун-та, 2018. – 169 с.
6. *Muyzer G., Stams A.J.M.* The ecology and biotechnology of sulphate-reducing bacteria // Nature Reviews Microbiology. 2008. Vol.6. P. 441–454.
7. *Friedrich C.G., Bardischewsky F., Rother D., Quentmeier A., Fischer J.* Prokaryotic sulfur oxidation // Current Opinion in Microbiology. 2005. Vol. 8, № 3. P. 253-259.
8. *Lehnert A., Cooper R., Ignatz R., Ruecker A., Gomes-Alves E., Küsel K., Pohnert G., Trumbore S.* Dimethyl Sulfide Emissions From a Peatland Result More From Organic Matter Degradation Than Sulfate Reduction // JGR Biogeosciences. 2024. Vol. 129. P. 1–16.
9. *Hose L.* Karst Geomorphology: Sulfur Karst Processes // Treatise on Geomorphology. 2013. Vol. 6. P. 29–37.
10. *Palmer A.N.* Origin and morphology of limestone caves // Geological Society of America Bulletin. 1991. Vol. 103, № 1. P. 1–21.
11. *Guo W., Wen Y., Chen Y., Zhou Q.* Sulfur cycle as an electron mediator between carbon and nitrate in a constructed wetland microcosm // Frontiers of Environmental Science & Engineering in China. 2020. Vol. 14.
12. *Geoffrey Michael Gadd.* Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation // Microbiology. 2010. №156(Pt 3). P. 609-643.
13. *Laurent D., Barré G., Durlé C., Cartigny P., Carpentier C., Paris C., Collon P., Pironon J., Gaucher E.* Unravelling biotic versus abiotic processes in the development of large sulfuric-acid karsts // Geology. 2023. Vol. 51, № 5. P. 262–267.
14. *D'Angeli A., De Waele J., Galdenzi S., Madonia G., Parise M.,*

Vattano M. Morphology and evolution of sulphuric acid caves in South Italy. The EGU General Assembly, 2016.

15. Wasmund K., Mußmann M., Loy A. The life sulfuric: microbial ecology of sulfur cycling in marine sediments // Environmental Microbiology Reports. 2017. Vol. 9. P. 323–344.

16. Jørgensen B., Findlay A., Pellerin A. The Biogeochemical Sulfur Cycle of Marine Sediments // Frontiers in Microbiology. 2019. Vol. 10. P. 849.

17. Canfield D., Raiswell R. The evolution of the sulfur cycle // American Journal of Science. 1999. Vol. 299, № 7. P. 697–723.

Nazarov S.I.¹, Mazina S.E.^{1,2}

**BIOGEOCHEMICAL SULFUR CYCLE IN RELATIVELY
ISOLATED CONDITIONS OF KARST UNDERGROUND
CAVITIES**

¹ Peoples Friendship University of Russia (RUDN University), 117198,
Miklukho-Maklaya str.6, Moscow, Russia.

² Research and technical center of radiation-chemical safety and
hygiene FMBA of Russian Federation.

The article discusses the biogeochemical sulfur cycle in karst underground cavities under isolated conditions. It analyzes mechanisms of sulfuric acid speleogenesis, the impact of sulfur microbial communities on karst formation, and organic matter decomposition processes under conditions of limited oxygen availability. Data on key microorganisms involved in sulfur compound transformations and their role in maintaining the geochemical balance of subterranean ecosystems are presented.

**Никитин О.В.¹, Степанова Н.Ю.², Шевчук К.А.²,
Гордеев А.С.², Кузьмин Р.С.¹, Латыпова В.З.²**
**ОЦЕНКА ЭМИССИИ МЕТАНА В МЕЛКОВОДНОЙ
ЗОНЕ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА
МЕТОДОМ ПЛАВУЧИХ КАМЕР**

¹ООО «Экоаудит»

²Казанский (Приволжский) федеральный университет
olnova@mail.ru

В работе представлены сведения по оценке удельного потока метана с акватории Куйбышевского водохранилища на территории карбонового полигона «Карбон – Поволжье» (Республика Татарстан, Россия) методом плавучих камер. Полученные результаты характеризуются широким разбросом значений от 0 до 623,5 мг $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$.

Метод «плавучих камер» (*floating chamber method*) остается одним из наиболее распространенных подходов для изучения динамики эмиссии парниковых газов от водных объектов, включая водохранилища. Данные, полученные с помощью плавучих камер, играют ключевую роль в повышении точности региональных и глобальных моделей эмиссии парниковых газов, что, в свою очередь, позволяет лучше оценить вклад водоемов в общий углеродный цикл [1, 2, 3].

Исследования удельных потоков метана в акватории Куйбышевского водохранилища проводились в 2024 году (июнь–сентябрь) на двух станциях (первая – 55°16'12" с.ш., 49°16'52" в.д.; вторая – 55°16'34" с.ш., 49°17'21" в.д.), расположенных в мелководной зоне в пределах водного участка карбонового полигона «Карбон – Поволжье» [4], с использованием метода плавучих камер [5, 6].

Для этого на поверхности воды экспонировались пластиковые камеры объемом 0,008 м³ и площадью покрытия 0,075 м². Камеры по периметру оснащены поплавками, которые обеспечивают их устойчивую плавучесть, при этом края камер погружались на 2 см ниже уровня воды. В верхней части камеры продета ПВХ-трубка длиной 50 см, один конец

которой соединялся с запорным краном типа «Луер-лок». Для предотвращения нагрева внутреннего объема камеры из-за солнечного излучения её поверхность покрывалась алюминиевой фольгой. Камеры соединялись с отдельным поплавком с помощью метрового троса, а для фиксации на месте, этот поплавок крепился к якорю на дне.

Батиметрию и координаты установки каждой камеры фиксировали с использованием эхолота-картплоттера Humminbird 597схi HD DI Combo (США). В поверхностном и придонном слое воды при помощи оксиметра МАРК-303Э (Россия) определяли содержание растворенного кислорода и температуру.

Для измерения потоков CH_4 ежемесячно использовали от 3 до 10 камер на каждой станции, равномерно распределенных по акватории. Время экспозиции составляло 30–60 минут. Всего за период исследований было выполнено 39 отдельных камерных экспериментов. Пробы газа отбирались в начале и в конце экспозиции. Для отбора использовались 150 мл полипропиленовые шприцы, снабженные коннектором с запорным краном «Луер-лок». Перед забором пробы содержимое камеры перемешивалось: воздух при помощи шприца прокачивался через трубку пять раз. После этого из камеры отбиралось 100 мл газа, кран закрывался, и шприц отсоединялся. Значения удельного потока метана устанавливали по разности концентрации метана в камере в начале и в конце эксперимента.

Содержание метана в пробах определялось в течение 24 часов после отбора в лаборатории с использованием газового хроматографа Nexis GC-2030 с автоматическим парофазным дозатором HS-20 (Shimadzu, Япония) и программного обеспечения Lab Solution (Shimadzu, Япония). CH_4 (ppm) детектировали на пламенно-ионизационном детекторе после разделения компонентов образца на капиллярной колонке Rt-Q-BOND (Restek, США).

Полученные результаты удельного потока метана

в акватории водного участка карбонового полигона характеризуются широким разбросом значений, отражающих пространственно-временную изменчивость эмиссии CH_4 . Удельный поток на станции 1 варьировал от 0 до $74,1 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$, в среднем составляя $22,9 \pm 3,5 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$. На станции 2 значения потока изменялись в более широком диапазоне – от $10,2$ до $623,5 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$, с усреднённым значением $231,8 \pm 50,3 \text{ мг } \text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$. Максимальные значения эмиссии метана зафиксированы в июле, что вероятно связано как с повышенной температурой воды в это время, так и с сопутствующей гипоксией в придонном горизонте. В этот месяц температура на станции 1 достигала $26,5^\circ\text{C}$ в поверхностном слое и $23,7^\circ\text{C}$ у дна на глубине 4 м, тогда как на станции 2 она составляла $27,2^\circ\text{C}$ на поверхности и $19,9^\circ\text{C}$ у дна на той же глубине. При этом на второй станции кислородные условия в придонных слоях воды способствовали метаногенезу: содержание кислорода составляло $12,6 \text{ мг/л}$ у поверхности и всего $0,2 \text{ мг/л}$ у дна, что указывает на практически анаэробные условия. На первой станции ситуация была более благоприятной, с концентрацией кислорода $9,6 \text{ мг/л}$ у поверхности и $5,7 \text{ мг/л}$ у дна. Полученные данные в целом согласуются с результатами натурных измерений на водохранилищах Волжско-Камского каскада [7].

Различия в потоках метана между двумя станциями могут быть также обусловлены различием доминирующих механизмов поступления газа. На участке 1 вероятнее всего основной вклад в эмиссию вносил диффузный путь, тогда как на участке 2 преобладал пузырьковый механизм. В последнем случае это подтверждается не только значительно более высокими концентрациями метана, но и регулярно визуально наблюдаемым выходом пузырей газа из-под воды.

За период наблюдений были зафиксированы два случая аномально высоких значений потока CH_4 , которые, в силу их экстремальности, не учитывались при оценке средних

величин: 271,6 мг $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ на станции 1 в июле и 4,82 г $\text{CH}_4 \text{ м}^{-2} \cdot \text{сут}^{-1}$ на станции 2 в августе. Оба случая, вероятно, также связаны с пузырьковым механизмом транспортировки метана в атмосферу.

Таким образом, проведенное исследование выявило пространственную и сезонную изменчивость эмиссии метана в мелководной зоне Куйбышевского водохранилища. Наибольшие потоки CH_4 зафиксированы на участках с выраженной гипоксией, где преобладал пузырьковый механизм выделения. Полученные результаты подчеркивают необходимость учета локальных факторов – температурного режима и концентрации растворенного кислорода – при оценке вклада водохранилищ в баланс парниковых газов.

Работа выполнена за счет средств субсидии, выделенной Казанскому федеральному университету для выполнения государственного задания в сфере научной деятельности, проект № FZSM-2024-0004.

Литература

1. Deemer B.R., Harrison J.A., Li S., Beaulieu J.J., DelSontro T., Barros N., Vonk J.A. Greenhouse gas emissions from reservoir water surfaces: a new global synthesis // *BioScience*. 2016. V. 66(11). P. 949–964.
2. Duc N.T., Silverstein S., Lundmark L., Reyier H., Crill P., Bastviken D. Automated flux chamber for investigating gas flux at water–air interfaces // *Environmental Science & Technology*. 2013. V. 47(2). P.968–975.
3. Nikitin O., Stepanova N., Gubeeva S., Kuzmin R., Latypova V. Assessment of methane levels throughout a temperate reservoir area using remote sensing data // *E3S Web of Conferences*. 2024. V. 555. Art. 01009.
4. Латыпова В.З., Степанова Н.Ю., Кондратьева Т.А., Никитин О.В. Мониторинг поверхностных вод Куйбышевского водохранилища в районе водного участка полигона «Карбон – Поволжье» // *Российский журнал прикладной экологии*. 2023.

№ 4(36). С. 39–49.

5. *Bastviken D., Cole J., Pace M., Tranvik L.* Methane emissions from lakes: dependence of lake characteristics, two regional assessments, and a global estimate // *Global Biogeochemical Cycles*. 2004. V. 18(4). Art. GB4009.

6. *Bastviken D., Santoro A.L., Marotta H., Pinho L.Q., Calheiros D.F., Crill P., Enrich-Prast A.* Methane emissions from Pantanal, South America, during the low water season: toward more comprehensive sampling // *Environmental Science & Technology*. 2010. V. 44(14). P.5450–5455.

7. *Гречушникова М.Г. Репина И.А., Фролова Н.Л., Агафонова С.А., Ломов В.А., Соколов Д.И., Степаненко В.М., Ефимов В.А., Мольков А.А., Капустин И.А.* Содержание и потоки метана в Волжских водохранилищах // *Известия РАН. Серия географическая*. 2023. Т. 87, № 6. С. 899–913.

***Nikitin Oleg Vladimirovich¹, Stepanova Nadezhda Yulievna²,
Shevchuk Konstantin Andreevich², Gordeev Alexander Sergeevich¹,
Kuzmin Ruslan Sergeevich¹, Latypova Venera Zinnatovna²***
**ASSESSMENT OF METHANE EMISSIONS IN SHALLOW
WATERS OF KUIBYSHEV RESERVOIR USING FLOATING
CHAMBER METHOD**

¹*Ekoaudit LLC, Russia*

²*Kazan Federal University, Russia*

This study presents an assessment of methane (CH₄) flux from the water surface of Kuibyshev Reservoir, conducted within the "Volga Carbon" measurement test area (Republic of Tatarstan, Russia) using the floating chamber method. The measured fluxes exhibited significant variability, ranging from 0 to 623.5 mg CH₄ m⁻²·day⁻¹.

Павликова Ю.М., Шкарлет К.Ю.
СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
ОЗЕРА КРАВЦОВО

*Северо-Кавказский федеральный университет,
г. Ставрополь, Россия*
pavlikova1012@mail.ru

В статье представлен анализ экологического состояния озера Кравцово. Исследование проводилось лабораторным методом на основе отобранных проб воды и донных отложений. Полученные результаты указали на сильное загрязнение водной массы тяжёлыми металлами.

Озеро Кравцово входит в состав одноименной особо охраняемой территории в ранге государственного природного заказника краевого значения. Его образование относят к ледниковому периоду, а торфяные отложения хранят в своей толще споры и пыльцу растений, существовавших 10 тыс. лет назад. Существует мнение, что озеро могло быть остатком древней реки Косякинской, древнейшей из образовавшихся в регионе после ухода Сарматского моря. Обладая большим разнообразием водной флоры с наличием редких видов растительности и животного мира, залежами торфа, представляет немалый интерес для биологов и палеогеографов [1]. Несмотря на охранный статус, находясь в пределах Ставропольской агломерации, озеро испытывает определенную антропогенную нагрузку, что не может не сказываться на экологическом состоянии и перспективах существования этого уникального объекта. Особое опасение вызывает приток загрязняющих веществ в водную массу с близрасположенных дачных участков, автодороги. В настоящее время на озере не ведется постоянного мониторинга состояния. Исследования проводятся эпизодически силами ученых края [2-5].

Исследования экологического состояния озера Кравцово по образцам воды и донных отложений проводились на базе научно-учебной экоаналитической лаборатории Северо-

Кавказского федерального университе-та. Отбор проб воды и донных отложений осуществлялся по ГОСТ 31861–2012 и ГОСТ 17.1.5.01-80 соответственно. Определение содержания в воде солей проводилось согласно РД 52.24.407–2017, РД 52.24.381–2006, ПНД Ф 14.1:2.159–2000, ПНД Ф 14.1:2.112-97 и ПНД Ф 14.1:2:4.262-10 соответственно. Загрязнение озера тяжелыми металлами устанавливалось согласно ПНД Ф 14.1:2:4.139–98. Температуру, рН и минерализацию определили с помощью анализатора жидкости «Эксперт-001» и кондуктометра-солемера «Эксперт-002».

Коэффициент донной аккумуляции рассчитывался по формуле (1) согласно Р 52.24.763–2012, (1):

$$КДА = \frac{C_{до}}{C_{вода}} \quad (1)$$

Собственные исследования проб воды и донных отложений проходили с 2 декабря 2024 г. по 20 декабря 2024 г. Всего проанализировано 24 образца. Координаты точек отбора: N 45°0'28'' E 41°48'51'', N 45°0'43'' E 41°48'56'', N 45°0'46'' E 41°49'50'', N 45°0'35'' E 41°49'50''.

Лабораторные исследования показали, что для озера характерна слабая минерализация, нейтральный рН. Концентрация солей приведена в таблице 1.

Таблица 1. Средние значения показателей гидрохимического анализа проб воды оз. Кравцова

Определяемый ион	Точка забора проб				ПДК _{рыб-хоз}
	1	2	3	4	
Нитрит-анион, мг\л	0,3*	0,29*	0,22*	0,32*	0,08
Аммоний-ион, мг\л	1,95*	3,46*	3,42*	3,38*	0,5
Сульфат-анион, мг\л	256*	157,3*	194,7*	199,3*	100
Хлорид-анион, мг\л	35,5	42,96	42,96	71	300
Фосфат-ион, мг\л	1,32*	1,81*	1,38*	1,73*	0,2

* - превышение концентрации относительно ПДК (согласно Приказу Министерства сельского хозяйства РФ от 13.12.2016 № 552)

Во всех отобранных пробах зафиксировано превышение ПДК_{рыбхоз} нитритов и ион-аммония в 2,75-4 и 3,9-6,92 раза соответственно, что предположительно связано с процессом разложения органики в озере-болоте.

Превышение ПДК_{рыбхоз} сульфатов и фосфатов в 1,573-2,56 и 6,6-9,05 раз соответственно может быть обусловлено наличием на дне озера торфяных отложений и биологической деятельностью бактерий.

Образцы воды и донных отложений были исследованы на содержание тяжелых металлов: цинка, кадмия, свинца, меди и железа. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2. Усреднённые значения содержания тяжёлых металлов в пробах воды оз. Кравцова

№ пробы	Zn	Pb	Cu	Fe	Cd
ПДК _{рыб-хоз}	0,01	0,006	0,001	0,1	0,005
1	0,0181	0,0585	н/о	0,1900	0,0077
2	0,0194	0,0780	н/о	0,5270	0,0123
3	0,0181	0,0462	н/о	0,4040	0,0038
4	0,0205	0,0556	н/о	0,4537	0,0062

Исходя из полученных данных, содержание Zn, Pb, Fe, Cd превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Наибольшая опасность связана с Pb (превышение в 7–13 раз) и Fe (в 1,9–5,3 раза), что может быть связано с естественными геохимическими процессами в котловине озера. Cd превышен в трех пробах (кроме пробы 3). Cu не обнаружен, что соответствует норме.

В донных отложениях содержание тяжелых металлов не превышает ПДК.

Для установления степени и характера загрязнения донных отложений был использован коэффициент донной аккумуляции. В результате расчета было определено: наиболее низким КДА обладает Pb и Cd (кроме 3 точки), что говорит об относительно удовлетворительной обстановке в водном

объекте по данным загрязняющим веществам. В точке 3 наблюдается повышенное значение кадмия. Предположительно, это связано с особенностями циркуляции водной массы озера и накоплением кадмия в наименее проточной части. Наиболее интенсивная аккумуляция в донных отложениях отмечена для Zn и Fe (во 2 точке отбора). Озеро Кравцово является озером-болотом, следовательно повышенное содержание железа в поверхностных водах предположительно связано с увеличением концентрации растворенного органического вещества [6].

Таким образом, водная масса озера Кравцово сильно загрязнена тяжелыми металлами, что угрожает гидробионтам и может накапливаться в пищевой цепи; содержание в донных отложениях - не превышает установленных ПДК. Данная ситуация требует установления источников поступления загрязняющих веществ в озеро, для разработки последующих мероприятий по снижению антропогенного воздействия.

Литература

1. *Степаненко Е.Е. и др.* Антропогенные изменения водного объекта в системе охраны окружающей среды //International Agricultural Journal. 2024. V. 65. №. 5.
2. *Базова М.М.* Оценка фосфорных нагрузок в фоновых озерах Европейской территории России //Современные проблемы естествознания. 2021. С. 7-11.
3. *Кухарук М.Ю., Арустамова С.Н.* Мониторинг сапробности озера Кравцово //Мат. Межрег. научно-практ. конф. Ставрополь. 2018. С. 219-225.
4. *Суюнчева М.Р.* Режим осадков в Государственном природном заказнике «Кравцово озеро» //Инновационная наука. 2023. №. 4-1. С. 106-108.
5. *Суюнчева М.Р.* Экологические риски заказника «Кравцово озеро» //Инновационная наука. 2023. №. 7-1. С. 64-67.

6. Wotter S.E.T., Niencheski L.F.H., Milani M.R. Chemical speciation and dissolved iron in the pore water of Patos lagoon sediments – Brazil // Portugaliae Electrochimica Acta. 2011. V. 29. № 3. P. 155–163.

Pavlikova Yu.M., Shkarlet K.Yu.

**CURRENT ECOLOGICAL STATE OF THE LAKE
KRAVTSOVO OF THE STAVROPOL UPLAND**

The North Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

The article presents an analysis of the ecological state of Lake Kravtsova. The study was conducted using a laboratory method based on selected samples of water and sediments. The results showed heavy metal contamination of the water mass.

Покида Л.С.¹, Костикова В.А.^{1,2}
**ГЕОХИМИЯ И МОРФОЛОГИЯ ТЕХНОГЕННЫХ
ПОЧВ Г. НЕВИННОМЫСКА**

Северо-Кавказский федеральный университет, Россия

lyubov_pokida@mail.ru

В статье приведены результаты исследования техногенных почв города Невинномыска. Проведен анализ морфологических признаков и установлены концентрации тяжелых металлов. Проведено сравнение полученных значений с показателями ПДК. Установлено, что концентрации Ni, Cd, Co превышают установленные нормативом значения ПДК. Приведены также фактические данные о кислотности почв и содержании в них гумуса.

Почвы городских территорий являются одним из депонирующих компонентов ландшафта, который отражает их состояние и многолетний уровень загрязнений. Антропогенное воздействие негативно влияет на почвенный покров, изменяя его физико-химические и морфологические свойства, а также миграционные потоки химических элементов [1].

Особое негативное воздействие испытывают почвы вблизи промышленных территорий, которые в результате химического загрязнения образуют особый тип антропогенных почв – урбохемоземы [2].

Наиболее опасной группой веществ, поступающих в почвенный покров, являются тяжелые металлы. Они характеризуются низкой миграционной и высокой аккумулярующей способностью. Опасность загрязнения почв микроэлементами заключается в том, что они могут выступать источником вторичного загрязнения атмосферного воздуха, накапливаться в растительности и тем самым поступать в организм человека, оказывая негативное влияние на здоровье.

Объектом исследования являются почвы города Невинномыска – крупнейшего промышленного города в Ставропольском крае. Основными источниками негативного воздействия на почвенный покров являются газопылевые

выбросы предприятий: Еврохим ОАО «Азот», АО «Росшинаинвест», Ставропольская ГРЭС, ОАО «Арнест».

Для проведения исследования морфологических свойств и геохимических особенностей почв были заложены 4 почвенных разреза. Отбор проб почв для установления микроэлементного состава производился послойно с каждого генетического горизонта. Анализ на содержание тяжелых металлов в почве проводился по восьми элементам (Cu, Pb, Zn, Ni, Cd, Co, Mn, Fe) методом атомно-абсорбционной спектрометрии [3]. Также в почвенных образцах проводились исследования некоторых физико-химических свойств: содержание гумуса согласно ГОСТ 26213-2021 [4], pH водной и солевой вытяжки [5,6].

В промышленной зоне города Невинномысска были исследованы техногенные почвы, которые испытывают различное антропогенное воздействие. Естественным типом почв являются черноземы обыкновенные солонцеватые малогумусные. В таблице 1 представлены данные, отражающие морфологические свойства почв г. Невинномысска.

Таблица 1. Морфологические признаки почв г. Невинномысска

Почвенный разрез №1				
Горизонт	Цвет	Структура	Гран-кий состав	Плотность
AU	Бурый	Комковато-зернистая	Легкосуглинистый	Уплотнен
BCA	Светло-бурый	Комковатая	Среднесуглинистый	Сильно уплотнен
C _{Ca}	Светло-бурый	Комковато-ореховатая	Тяжелосуглинистый	Очень плотный
Почвенный разрез №2				
AU	Темно-бурый	Крупнокомковатый	Тяжелосуглинистый	Очень плотный
BCA	Бурый	Ореховато-комковатый	Тяжелосуглинистый	Очень плотный
C _{Ca}	Светло-бурый	Крупноореховатый	Тяжелосуглинистый	Очень плотный

Почвенный разрез №3				
AU	Черный	Комковато-крупнозернистый	Легкосуглинистый	Уплотнен
BCA	Темно-бурый	Зернисто-комковатый	Среднесуглинистый	Очень плотный
C _{Ca}	Темно-бурый	Крупнокомковатый	Тяжелосуглинистый	Очень плотный
Фон				
AU	Черный	Комковато-зернистый	Легкосуглинистый	Уплотнен
BCA	Светло-бурый	Мелкоореховатый	Среднесуглинистый	Очень плотный
C _{Ca}	Желтый	Крупноореховатый	Тяжелосуглинистый	Очень плотный

Темногумусовый горизонт исследуемых почв имеет малую мощность, которая колеблется в диапазоне 20-30 см. На фоновом участке плодородный слой достигает 60 см. Карбонатные новообразования в форме белоглазки встречаются во всех почвенных разрезах с глубины 35-40 см. Вскипание от 10% HCl начинается в аккумулятивно-карбонатном горизонте.

Кислотность почв варьируется в диапазоне pH от 5,34 до 7,48. Наиболее кислая реакция почв характерна для верхнего темногумусового горизонта (AU), где pH опускается до 5,34. В нижних горизонтах наблюдается слабощелочная и нейтральная реакция (6,12-7,78), что обусловлено нахождением в данном горизонте карбонатных новообразований.

Наибольшее содержание гумуса выявлено в верхнем органогенном горизонте почв фонового участка (4,74%), которые можно отнести к средне гумусированным. Это может быть обусловлено тем, что участок расположен вдали от промышленной зоны и не претерпевал значительной антропогенной нагрузки. Известно, что на пробных площадках №1-3 производились рекультивация почвенного покрова и строи-

тельные работы, в ходе которых происходило снятие плодородного слоя и нарушение положения генетических горизонтов почв. Вероятно, из-за этого происходит снижение органического вещества в верхнем гумусовом горизонте.

В таблице 2 представлены данные, отражающие микроэлементный состав почв в городе Невинномысске. В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 [7] значение предельно допустимых концентраций (ПДК) в почвах определяется относительно рН солевой вытяжки (KCl). Для темногомусового горизонта (AU) характерны более низкие уровни ПДК, поскольку рН солевой вытяжки составляет в них менее 5,5.

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов в почвах г. Невинномысска

№	Горизонт	Концентрация металла в почве, мг/кг							
		Zn	Cd	Pb	Cu	Fe	Ni	Co	Mn
1	AU	29,52	1,32	10,21	1,97	923,89	45,91	6,14	104,99
	BCA	31,85	0,98	5,5	1,91	929,97	47,66	7,32	124,79
	CCa	32,79	0,5	9,51	1,76	933,69	44,35	6,34	133,56
2	AU	35,95	0,89	12,73	1,72	938,89	43,99	7,45	151,31
	BCA	27	0,92	8,68	1,76	941,63	45,29	6,36	163,39
	CCa	25,06	0,35	7,69	1,63	933,97	51,23	6,54	150,87
3	AU	24,78	0,79	13,82	1,65	915,43	167,16	6,31	147,43
	BCA	24,88	0,48	4,71	1,73	932,71	73,6	6,62	150,64
	CCa	22,04	0,57	7,79	1,28	920,48	57,33	6,6	130,64
Фон	AU	27,9	2,25	16,72	1,63	997,65	36,8	7,7	193,43
	BCA	24,14	1,21	7,87	1,28	984,05	30,42	5,31	83,08
	CCa	31,07	0,7	9,84	1,55	1005,47	25,25	7,58	101,83
ПДК, мг/кг		110-220	1-2	65-130	66-132	-	40-80	5	1500

По результатам исследования, в почвах города Невинномысска зафиксированы превышения по трем микроэлементам – Cd, Ni, Co. Относительно фоновой пробы превышения тяжелых металлов не наблюдается.

Наибольшая концентрация Ni обнаружена в почвенном

разрезах №3, которая составляет 167,16 мг/кг в горизонте АУ и превышает значение ПДК в 4 раза. Участок отбора проб располагался на территории старой свалки, что могло послужить причиной аккумуляции данного металла в почве [9].

Высокое содержание кобальта во всех почвенных разрезах обусловлено нахождением данного металла в почвообразующей породе. Поступление Cd в гумусовые горизонты может являться следствием работы прилегающих промышленных предприятий и внесением минеральных удобрений на прилегающие к территориям сельскохозяйственные угодия [9].

Методом атомно-абсорбционной спектроскопии были выявлены концентрации тяжелых металлов в техногенных почвах города Невинномыска. Установлено, что территории, расположенные в промышленной зоне города имеют повышенное содержание тяжелых металлов.

Загрязнителями, концентрации которых превышают значения ПДК, являются кобальт, никель и кадмий. Коэффициент радиальной дифференциации позволил определить, что Cd, Pb, Cu, Ni и Mn поступают в почвенный покров в результате антропогенной деятельности. Высокое содержание кобальта и превышение ПДК по данному веществу обусловлено природными процессами. Аккумуляция всех загрязняющих веществ происходит в гумусовом горизонте, который может выступать в роли биогеохимического барьера.

Накопление тяжелых металлов в аккумулятивно-карбонатном горизонте (ВСА) может быть обусловлено морфологическим составом почв, поскольку они имеют тяжелосуглинистый гранулометрический состав и обладают низкой фильтрующей способностью.

Литература

1. Касимов Н.С., Власов Д.В., Кошелева Н.В., Никифорова Е.М. Геохимия ландшафтов Восточной Москвы. М.: АПР, 2016. – С.92.
2. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Почвенный покров Ростовской агломерации. Ростов-на-Дону Таганрог: Изд-во: ЮФУ, 2019 - 37с.

3. ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-0 «Количественный химический анализ почв. Методика измерения валового содержания кадмия, кобальта, марганца, меди, никеля, свинца, хрома и цинка в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходов методом пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии».
4. ГОСТ 26213- 2021. Межгосударственный стандарт. Почвы. Методы определения органического вещества.
5. ГОСТ 26423-85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. Группа С-09, дата введения 1986-01-01, издание (май 2011 г.) с Поправкой (ИУС 8-86) Пункт 4.1
6. ГОСТ 26483-85. Приготовление солевой вытяжки и определение ее рН по методу ЦИНАО.
7. СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
8. *Agyeman, P.C., Kebonye, N.M., John, K. et al.* Prediction of nickel concentration in peri-urban and urban soils using hybridized empirical bayesian kriging and support vector machine regression. //Sci Rep. 2022. Vol.12. P.3004.
9. *Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в агроландшафте. СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2008. – С. 60-63.

Pokida L.S., Kosticova V.A.

**GEOCHEMISTRY AND MORPHOLOGY
OF TECHNOGENIC SOILS OF NEVINNOMYSSK CITY**

North Caucasus Federal University, Russia

The article presents the results of research of technogenic soils of Nevinnomyssk city. The analysis of morphological features is carried out and the concentrations of heavy metals are established. The comparison of the obtained values with MAC indicators is carried out. It is established that the concentrations of Ni, Cd, Co exceed the MPC values established by the standard. Actual data on soil acidity and humus content are also given.

Попова Д.С., Ряполова М.Е., Алейникова А.М.
ОСОБЕННОСТИ РЕК ЛИКИИ (ЮЖНАЯ ТУРЦИЯ)

*Российский университет дружбы народов имени Патриса
Лумумбы, Москва, Россия*

anshur@mail.ru

Рассматриваются особенности рек южной Турции: подземный тип питания, аккумулятивная деятельность, роль этих рек в жизни ликийской цивилизации. Также рассмотрены особенности приустьевого строения речных долин, по которым выделены районы тектонических поднятий и опусканий средиземноморского побережья.

Во время зимней студенческой экспедиции 2025 года в Турцию были отмечены и изучены некоторые особенности рек южного склона Ликийского Тавра. На основании полевых наблюдений и дешифрирования космических снимков выявлены интересные черты этих рек. Целью работы является анализ географических особенностей рек Ликии.

Район полевых исследований зимней студенческой экспедиции 2025 г. располагался в окрестностях турецких городов Калкан, Каш и Демре. Южные склоны Ликийского Тавра сложены известняками и доломитами, поверхность которых сильно испещрена каррами, распространен карст. В районе исследования много малых рек, речные долины которых достигают в длину 2-5 км (например, река к западу от г. Демре), самая крупная река – Эшен. Отличительной особенностью рек является их преимущественно подземное питание карстовыми источниками. Выход четырех мощнейших карстовых источников мы наблюдали в ущелье Саклыкент. Подземные воды здесь выходят в каньоне на глубине 400 м от поверхности земли. Полевыми исследованиями был оценен дебит источников – 300 л/с и температура – 3-4 градуса.

Берег в районе исследования представляет собой склоны крутизной 30-40°, местами обрывистый. В устьях рек формируются песчаные пляжи. Так, в устье р. Эшен находится известный песчаный пляж Патары (рис. 1) в формировании

которого участвовали многолетние наносы реки.



Рис. 1. пляж Патары. Фото авторов.

Древний ликийский город Патара сегодня расположен на берегу заболоченного водоема (рис. 2), покрытого влаголюбивой растительностью (белокрыльник болотный, камыш). Площадь открытой акватории водоема составляет около 20% от общего заболоченного водоема. Во времена древней Ликии на месте этих болот был небольшой залив и гавань города. Акватория этого залива площадью 2,5 км² легко выделяется по космическим снимкам (рис. 3). В южной части заболоченного водоема выделяется каменное древнее сооружение, вероятно, плотина, по которой проходила дорога к маяку.



Рис. 2. Бывший резервуар пресной воды древнего города Патара. Фото авторов.



Рис. 3. Гидротехнические сооружения г. Патары. Составлено авторами на основании сервиса Яндекс Карты.

Район исследования – сейсмически активный, неоднократно испытывал землетрясения [2]. Для береговой линии характерно ступенчато-блоковое («клавишное») развитие и строение, которое обусловлено доминирующим вертикальным характером разломов и нисходяще-восходящим типом движений геологических блоков [1]. Благодаря особенностям приустьевого строения речных долин, хорошо выделяющимся на основе полевых наблюдений и дешифрирования космических снимков, можно выделить районы тектонического опускания и поднятия на исследуемом побережье (рис. 4).

Так, в районах тектонического поднятия или стационарных районах реки при впадении в море имеют аккумулятивные дельты-пляжи, приустьевая часть речной долины представлена корытообразным профилем с широким плоским дном

(рис. 5), формирование которого возможно лишь в случае, если в недавнем прошлом это был морской залив. Глубокие затопленные заливы-губы образованны в местах тектонического опускания берега путем затопления речных долин.



Рис. 4. Приустьевая часть долины, бывшая морским заливом. Фото авторов.



Рис. 5. Зоны тектонических опусканий и поднятий. Составлено авторами на основании сервиса Яндекс Карты.

Подтверждением тектонического опускания служит затопленный хребет в виде гряды островов (рис. 6) и знаменитый подводный античный город Кекова, который ушел под воду в результате сильных землетрясений во II в н.э. [3]. На рис. 5 также четко прослеживается тектонический разлом даже под толщей морской воды, его подтверждением на суше является прямой угол изгиба речной долины. Справа от этого разлома можно выделить зону поднятия, т.к. здесь приустьевая часть речной долины – бывший морской залив; слева от линии разлома – зона опускания, т.к. здесь приустьевая часть речной долины затоплена морем.



Рис. 6. Зона тектонического опускания. Затопленный город Кекова. Составлено авторами на основании сервиса Яндекс Карты.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- Реки исследуемого района имеют преимущественно подземное питание.
- Истоком многих рек являются мощные выходы карстовых вод с дебитом 300 л/с.
- Пляжи района побережья во многом сформированы аккумуляцией речных наносов.
- Территория города Патары со времен древней Ликии

претерпела тектоническое поднятие.

- По особенностям приустьевого строения речных долин можно выделить районы тектонических поднятий и опусканий побережья: в районах тектонического поднятия или стационарных районах реки при впадении в море имеют аккумулятивные дельты-пляжи, и приустьевая часть речной долины представлена корытообразным профилем с широким плоским дном; глубокие затопленные заливы-губы образованы в местах тектонического опускания берега путем затопления речных долин.

Литература

1. *Петров Д.В., Медведь И.В., Полат Г.* Изучение глубинной структуры литосферы под южной Турцией методом локальной сейсмической томографии // Добрецовские чтения: Наука из первых рук: Материалы Первой Всероссийской научной конференции, посвященной памяти выдающегося ученого и организатора науки академика РАН Николая Леонтьевича Добрецова (1-5 августа 2022 г. Новосибирск, Россия). – Новосибирск, 2022. – с. 245-247.
2. VolcanoDiscovery [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.volcanodiscovery.com/ru/zemletryaseniya/turkey/antalya/kas-ilcesi/stats.html> (Дата обращения 16.03.2025)
3. *Smith W.* Dictionary of Greek and Roman Geography // London: John Murray, 1854.

D.S. Popova, M.E. Ryapolova, A.M. Aleinikova

FEATURES OF THE RIVERS OF LYCIA

(SOUTHERN TÜRKIYE)

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Russia

The article examines the features of the rivers of southern Turkey: underground type of feeding, accumulative activity, the role of these rivers in the life of the Lycian civilization. It also examines the features of the estuary structure of river valleys, which are used to identify areas of tectonic uplifts and subsidences of the Mediterranean coast.

Ратникова О.Н., Сосновская Н.Е., Борш А.Т.

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТОРФЯНОЙ ЗАЛЕЖИ ПОЙМЕННОГО БОЛОТА

Институт природопользования НАН Беларуси, Минск, Беларусь

306peatlands@mail.ru

Анализ торфяной залежи низинного болота Пещанка в долине р. Ясельда показал повышенную и неоднородную по глубине залежи зольность торфов. Прослеживается процесс концентрации тяжелых металлов, вносимых с водами р. Ясельда при ее разливе в весеннее половодье, в верхнем деятельном горизонте. Большие концентрации *Zn* (41,3 мг/кг), *Ni* (15,0), *Cu* (13,8) и *Cr* (10,9) зафиксированы в ПН 3 недалеко от реки, меньшие значения – на значительном удалении от нее, в ПН 1: *Zn* (4,6), *Ni* (6,7), *Cu* (6,0) и *Cr* (1,6). Отмечается снижение содержания тяжелых металлов по глубине в залежи в ПН 3 и 2, а также их концентрация в деятельном горизонте.

Крупный массив пойменных низинных болот Полесья включает болото Пещанка, расположенное в пойме р. Ясельда, с мощностью торфяной залежи до 3,0 м. Оно является уникальной территорией для Центральной части Европы, дошедшей до нас практически в первозданном виде, что позволило сохраниться многим исчезающим видам растений, животных и птиц. Республиканский биологический заказник «Споровский», на территории которого находится исследуемое болото, – это первая территория в Республике Беларусь, получившая международный статус охраны Рамсарского угодья (с 1999 г.). Наибольшая значимость данного болотного комплекса состоит в том, что он является одним из крупнейших местообитаний вертлявой камышевки в Европе – вида, которому угрожает глобальное исчезновение. В заказнике обитает около 50 % всей европейской популяции вертлявой камышевки [1].

Согласно американскому и западноевропейскому подходам, морфологические признаки торфа увязаны с содержанием органических и минеральных веществ в нем.

Принято считать, что к торфу относятся органогенные отложения с содержанием органического вещества более 30 % и минеральных компонентов менее 70 %. Также эти данные подтверждены белорусскими болотоведами [2]. По оценкам разных авторов [3, 4], за верхний предел зольности нормальнозольных торфов приняты значения около 12 %. Торф с более высокой зольностью считается сформированным под влиянием экзогенных процессов.

Цель исследования заключается в оценке содержания тяжелых металлов в зольном остатке торфяной залежи низинного типа фоновой территории Белорусского Полесья.

Объектом исследования является торфяная залежь низинного типа болота Пещанка (Березовский р-н Брестской обл.). Предмет исследования – особенности распространения тяжелых металлов (никеля, цинка, меди, хром и марганца) в торфяной залежи низинного типа.

Методы исследования – полевой (отбор торфа из залежи), химико-аналитическое исследование образцов торфа на содержание тяжелых металлов проводят с использованием атомно-абсорбционного метода, статистическая обработка результатов исследования.

В естественном состоянии болотные комплексы являются стабильными системами с отрегулированным круговоротом веществ. Осваивая болота, человек способствует резкой смене гидрологических условий, окислительно-восстановительного и кислотно-щелочного режимов, что приводит к геохимической подвижности элементов, в том числе и тяжелых металлов. Также изменение гидрологических и других режимов приводит к появлению геохимических барьеров, на которых возможно осаждение тяжелых металлов.

Исследование торфяной залежи низинного болота Пещанка показало повышенную и неоднородную по глубине залежи зольность. Кроме атмосферных и грунтовых вод, залежь, как правило, дополнительно подпитывается речными водами, в результате чего происходит обогащение торфа зольными

элементами. Зольность торфа в исследуемой торфяной залежи варьирует в пределах 12–65 %.

В торфяной залежи пики зольности, превышающие пороговое значение, выявлены на всех пунктах наблюдения (ПН). Это может свидетельствовать о дополнительном поступлении минеральных веществ в периоды разлива р. Ясельда во время паводков, которые, судя по всему, были довольно частыми явлениями. Также дополнительный привнос минеральных веществ (в том числе тяжелых металлов) может осуществляться за счет увеличения уровня грунтовых вод при открытии дамбы на водохранилище «Селец» и из-за сельскохозяйственного использования прилегающих территорий. Повышенная зольность придонного слоя торфа объясняется влиянием подстилающих пород в начале болотообразования.

Формирование болот обуславливает систематическое поступление в них разнообразных веществ с атмосферными, паводковыми, поверхностными и подземными водами и др. Болотные системы являются огромными естественными аккумуляторами, способными накапливать и сохранять многие тысячелетия различные химические элементы и вещества [2, 5–7]. В результате исследований выявлено превышение содержания *Cu*, *Ni*, *Cr* и *Zn* относительно фоновых значений исследуемой территории и отсутствие превышений их ПДК [8]. Для торфяной залежи типичен процесс аккумуляции химических элементов в верхнем деятельном (активном) горизонте, вносимых с водами р. Ясельда в весеннее половодье. Высокие концентрации, мг/кг: *Zn* (41,3), *Ni* (15,0), *Cu* (13,8) и *Cr* (10,9) зафиксированы в ПН 3, который находится в 90 м от реки, низкие значения – на удалении 470 м от нее, в ПН 1: *Cu* (14,6), *Ni* (13,5) и *Cr* (13,4) в тех же слоях.

Прослеживается концентрация *Cu*, *Ni* и *Cr* в 0,25–0,5 м слое торфяной залежи и *Zn* в 0–0,25 м слое и уменьшение содержания всех исследуемых тяжелых металлов далее по

глубине в ПН 3 и 2. На ПН 1 четкой зависимости нет, высокие значения *Cu* (14,6) и *Ni* (12,3) обнаружены в нижних слоях торфяной залежи (0,75–1,00 м), что обуславливается влиянием не реки, а прилегающих суходолов.

Таким образом антропогенная нагрузка на торфяную залежь низинного болота Пещанка неблагоприятно сказывается на гидрологических условиях, способствуя увеличению деятельного горизонта (среднемноголетние минимальные значения УГВ – 1,3 м ниже поверхности земли) и амплитуды колебаний УГВ (до 1,6 м), что усиливает процессы минерализации органического вещества, повышая геохимическую подвижность элементов в торфяной залежи и аккумуляции тяжелых металлов.

Литература

1. Ежегодные обзоры «Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nsmos.by/sites/default/files/2024-06/13-komplek-snyu-monitoring-torfyanikov.pdf> (дата обращения: 20.12.2024).
2. Бамбалов Н. Н., Ракович В. А. Роль болот в биосфере. – Мн.: Бел. наука, 2005. – 285 с.
3. Лиштвак И. И., Король Н. Т. Основные свойства торфа и методы их определения. Мн.: Наука и техника, 1975. – 320 с.
4. Иванов К. Е. Водообмен в болотных ландшафтах. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 280 с.
5. Косов В. И., Панов В. В. Торфяно-болотные системы в экосфере Тверь: Твер. гос. техн. ун-т, 2001. – 188 с.
6. Позняк С. С., Шиманская А. А. Оценка содержания тяжелых металлов в торфяной низинной почве Мозырского Полесья. //Мозырь: Вестник МГПУ им. И. П. Шамякина, 2012. С. 37–44.
7. Ларина Н.С., Ларин С.И., Моисеенко Т.И. Геохимическая дифференциация профиля торфяной залежи в индикации условий ее формирования в голоцене // Геохимия. 2013. № 2. С. 145–155.
8. ТКП 17.03-06-2019 (33140) «Порядок выполнения работ по

дифференцированному нормированию содержания химических веществ в землях (включая почвы)». – Мн.: Минприроды, 2019. – 21 с.

O. Ratnikova, A. Borsh, N. Sosnovskaya
**ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN PEAT DEPOSITS
OF A FLOODPLAIN SWAMP**

*Institute of Nature Management of the National Academy of Sciences
of Belarus, Minsk, Belarus*

Analysis of the peat deposit of the lowland swamp of the Cave in the valley of the river. Manger, showed an increased and heterogeneous depth of peat ash deposits. The process of concentration of heavy metals in the upper active horizon introduced with the waters of the river is traced. Manger at its overflow in the spring flood. High concentrations were recorded in PN 3 *Zn* (41,3 mg/kg), *Ni* (15,0), *Cu* (13,8) and *Cr* (10,9) near the river, lower values for PN 1 *Cu* (4,6), *Ni* (6,7), *Cu* (6,0) and *Cr* (1,6) at a considerable distance from it. There is a decrease in all indicators of heavy metals in depth in PN 3 and 2, as well as their concentration in the active horizon.

Рысин И.И., Григорьев И.И.
РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
РАЗМЫВА БЕРЕГОВ РЕК УДМУРТИИ

Удмуртский государственный университет, г. Ижевск, Россия

rysin.iwan@yandex.ru

Представлены результаты исследования смещения русел за 2003–2023 годы на 8 ключевых участках, расположенных на малых и средних реках Удмуртии. Средняя и максимальная ширина, площадь и объем размыва определялись с применением тахеометрической съемки. Для средних рек скорости максимальных размывов составляли 5.96–6.15 м/год. Для малых рек наибольшие величины размывов изменяются в пределах: от 2.26 м до 8.14 м. В многолетней динамике размывов на р. Чепца и р. Кырыкмас отчетливо прослеживается положительный тренд с максимумами размывов в 2012–2014, 2019 и 2021 годах. Установлена тесная корреляционная связь между максимальной шириной, площадью, объемом размывов на р. Чепца и р. Сива и максимальными годовыми расходами рек.

Одним из опасных рельефообразующих процессов на равнинных территориях являются размывы берегов рек и наводнения во время аномальных половодий и паводков. Для их прогноза актуальными являются исследования горизонтальных русловых деформаций на различных по водности реках в условиях современных климатических изменений. В дополнение к климатическим факторам, преобразование ландшафтов в результате хозяйственной деятельности оказывает еще более выраженное воздействие на изменения эрозионно-русловых систем. Размыв берегов рек представляет собой наиболее яркое проявление русловых деформаций, что в свою очередь приводит к значительным потерям в сельском хозяйстве и инфраструктуре территории.

Целью данной статьи является количественная оценка многолетней динамики размывов берегов на малых и средних реках Удмуртской Республики (УР), полученных путем тахеометрической съемки участков излучин, различающихся

как расходами воды, так и ландшафтными особенностями их бассейнов. Сопоставление данных, полученных разными методами, и выявление наиболее значимых факторов с помощью корреляционного анализа.

Одним из надежных и доступных методов изучения динамики рельефа является метод стержней и марок. Детальное описание применяемой методики и анализ результатов представлен в нашей работе [1]. В пределах 30 ключевых участков осуществлялась нерегулярная тахеометрическая съемка размываемого берегового уступа. Здесь же представлены результаты относительно регулярной геодезической съемки размываемых береговых уступов на 8 участках рек, которые проводились в течение 2003 – 2023 гг. (рис. 1).

Геодезическая съемка, как правило, проводилась на активно размываемых участках излучин рек с помощью лазерных тахеометров: «Trimble 3305», затем «Nikon NPR-332». Тахеометрическая съемка позволяет рассчитать не только линейные параметры размыва, но также площадные и объемные показатели [2].

С лета 2019 года при инструментальной съемке исследуемых объектов нами применяется спутниковый приемник «EFT» вместе с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА): вначале «DJI Phantom 4», позднее «Autel Evo II PRO».

Обработка аэрофотоснимков проводится в отечественной программе «Agisoft Metashape Professional». Подготовка топографических планов, расчет площадей и объемов размываемого материала осуществляется с использованием программного комплекса «Кредо».

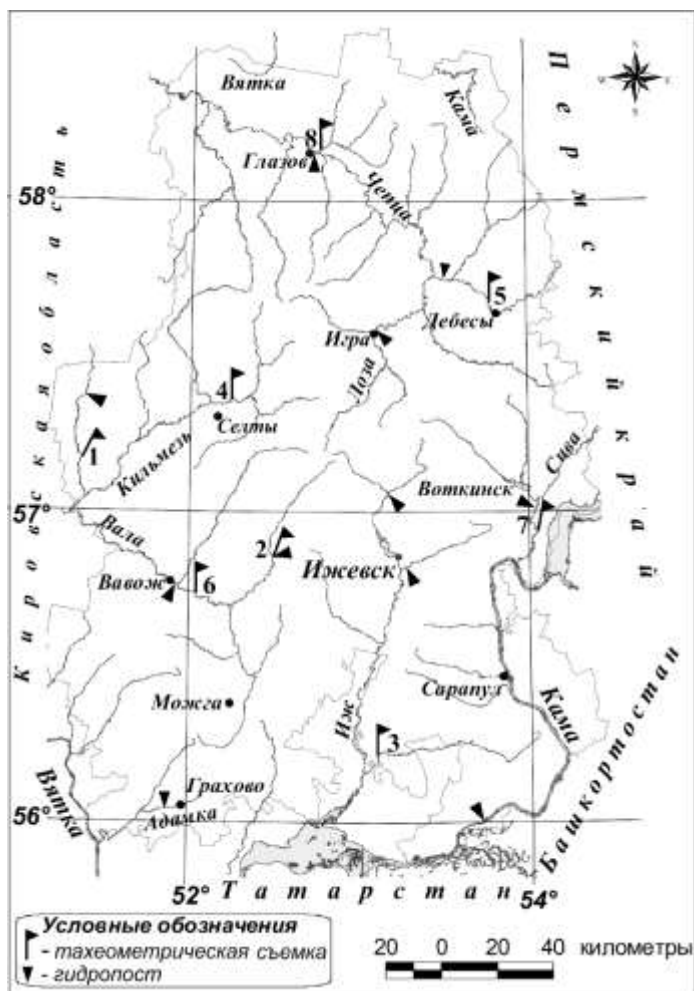


Рис. 1. Карта-схема расположения ключевых участков по изучению морфодинамики русел рек УР с применением инструментальных методов.

Условные обозначения ключевых участков:

- 1 – р. Лумпун (д. Харламовская Пристань), 2 – р. Нылга (с. Нылга),
- 3 – р. Кырыкмас (д. Тавзямал), 4 – р. Кильмезь (д. Головизнин Язок),
- 5 – р. Чепца (д. Варни), 6 – р. Вала (д. Макарово),
- 7 – р. Сива (д. Метляки), 8 – р. Чепца (с. Адам)

Одним из важных показателей речного потока, дающим усредненное представление о ее размере, своеобразным индексом водотока является порядок реки. С этим показателем тесно связаны и ряд важнейших морфодинамических характеристик русла, такие как ее ширина и глубина, их отношение между собой, а также среднегодовые расходы реки [3, 4, 5].

Для исследуемых рек расчет их порядков выполнялся по известной методике А.Е. Шайдеггера [6], базирующейся на подсчете притоков первого порядка, имеющим длину менее 10 км. Для территории УР и прилегающих равнинных регионов предлагается относить реки 6-го и меньшего порядка к очень малым, 6.1–9-го порядка к малым, реки 9.1 – 14-го порядка к средним и свыше 14.1 порядка – к большим.

Ниже впервые представлены к обсуждению количественные данные тахеометрических съемок на размываемых участках свободных излучин малых и средних рек УР за период 2003-2023 годы. Большая часть участков русел, где осуществлялась тахеометрическая съемка, относится к группе малых рек, согласно нашей классификации.

На р. Лумпун (пр. приток р. Кильмезь) в 80 м от моста вверх по течению в д. Харламовская Пристань (рис.1) геодезическая съемка береговой линии осуществлялась на протяжении 111 м, здесь средняя высота размываемого берегового уступа равна 8,8 м. Как и в большинстве случаев, тахеометрическая съемка осуществлялась ежегодно с 2003 по 2014 годы, в 2015 - 2022 гг. съемка не проводилась. В эти годы осуществлялись только реперные наблюдения.

Максимальные значения ширины размывов на участке зафиксированы в 2005 (2.26 м), 2006 (1.85 м) и 2010 (1.44 м) годах (табл.1).

Таблица 1. Данные тахеометрической съемки на р. Лумпун за 2004 – 2023 годы (в скобках приведены суммарные значения)

Годы	Показатели участка				
	Протяженность размываемого участка, м	Средняя ширина размыва, м	Максимальная ширина размыва, м	Площадь размыва, м ²	Объем размыва, м ³
2004	58,9	0,23	0,6	13,4	121
2005	110	0,6	2,26	66	594
2006	109,3	0,75	1,85	81,9	737
2007	103,7	0,4	1,02	41,7	375
2008	86,7	0,23	0,85	19,7	177
2009	82,1	0,32	0,84	25,9	233
2010	103,1	0,45	1,44	46,4	418
2011	92,3	0,41	1,07	38,3	345
2012	48,2	0,18	0,52	8,9	80
2013	61,8	0,21	0,62	12,9	116
2014	63,1	0,23	0,69	14,6	131
2015-2023	106,6	0,19 (1,7)	0,32 (2,91)	20,1 (180,7)	181 (1626)

Максимальные значения площади (81.9 м²) и объема размыва (737 м³) были зафиксированы в 2006 году (табл. 1), когда на реке в апреле был зафиксирован наивысший уровень (912 см) за весь рассматриваемый период.

В 2005 же году площади и объемы размыва были значительно ниже, в тот год были заметно ниже среднемесячные расходы и уровни в апреле. Существенные размывы в 2007 и 2010 годах хорошо коррелируют с высокими уровнями половодья в эти годы, когда они составили 830 и 807 см, соответственно.

Наиболее продолжительный ряд непрерывных

инструментальных наблюдений на малых реках в настоящее время имеется лишь для реки Кырыкмас (лев. приток р. Иж) (рис. 1). Здесь геодезическая съемка у д. Тавзямал началась в 2003 году и продолжается до настоящего времени. Перерывы в съемочных работах по различным причинам были только дважды: в 2015 и 2022 годах. Протяженность береговой линии, где осуществляется тахеометрическая съемка составляет 290 м, высота размываемого берегового уступа, соответственно 6.8 м.

Аналогичные показатели, а также детальные схемы тахеометрических съемок были получены и для других исследуемых рек, которые будут представлены в статье.

Корреляционная связь между наибольшей шириной размыва и максимальными годовыми расходами на р. Чепца получилась очень высокой ($r = 0.899$), а для р. Сива высокой ($r = 0.600$). На р. Чепца для участка у с. Адам связь между площадью и объемом размыва с одной стороны и максимальными годовыми расходами с другой, также оказалась высокой и получилась равной для обеих показателей ($r = 0.787$). Аналогичная ситуация отмечена и для р. Сива, где зависимость площадей и объемов размыва от максимальных годовых расходов также высокая ($r = 0.794$) и превышает показатель связи с максимальной шириной размывов.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-27-20003, <https://rscf.ru/project/25-27-20003>

Литература

1. Рысин И.И., Григорьев И.И., Петухова Л.Н., Перевоицков А.А. Многолетняя динамика скоростей горизонтальных русловых размывов на реках Удмуртии // Геоморфология и палеогеография. 2024, № 1. С. 24 – 37.
2. Гафуров А.М., Рысин И.И., Голосов В.Н. и др. Оценка современного роста вершин оврагов южного мегасклона Восточно-Европейской равнины с применением набора инструментальных

методов. // Вестник Моск. ун-та, Сер. 5. География. 2018, № 5. С 61 - 71.

3. *Завадский А.С., Чалов Р.С.* Региональный анализ свободного меандрирования. // Вестник Моск. Ун-та. Сер. 5. География. 1997, № 3. С. 32 – 36.

4. *Назаров Н.Н., Егоркина С.С.* Реки Пермского Прикамья: Горизонтальные русловые деформации. Пермь: ИПК «Звезда», 2004. - 155 с.

5. *Павлов И.Н.* Морфология русел рек равнинной части Алтайского края. // Геоморфология. 1994. № 3. С. 78 – 85.

6. *Шайдеггер А.Е.* Теоретическая геоморфология. М.: Прогресс, 1964. – 450 с.

Ivan I. Rysin, Ivan I. Grigoriev
**RESULTS OF LONG-TERM OBSERVATIONS EROSION
OF RIVER BANKS IN UDMURTIA**

Udmurt State University, Izhevsk, Russia

The results of the study of channel displacement for 2003-2023 at 8 key sites located on small and medium-sized rivers of Udmurtia are presented. Average and maximum width, area and volume of scour were determined using tacheometric survey. For medium-sized rivers the maximum scour rates were 5.96-6.15 m/year. For small rivers, the largest scour rates varied from 2.26 m to 8.14 m. In the long-term dynamics of scour on the Cheptsya River and the Kyrkmas River, a positive trend with scour maxima in 2012-2014, 2019 and 2021 is clearly visible. A close correlation between the maximum scour width, area, scour volume on the Cheptsya River and the Kyrkmas River and the maximum annual discharge on the Cheptsya River and the Siva River was found. Siva and the maximum annual river discharge.

Семакина А.В., Губко Ж.В., Рысин И.И., Рублева Е.А.
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ПРИ ОЦЕНКЕ
СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Удмуртский государственный университет, Россия
alsen13@list.ru

Цель исследования - отработка количественной методики по определению площади ареалов распространения инвазивных видов, на примере борщевика Сосновского на основе количественного анализа данных многоспектральных космических снимков спутника Landsat 8. В рамках исследования были использованы индексы NDVI и clGreen. Расхождения значений площади ареалов по данным ДЗЗ и по результатам полевых исследования в относительных величинах составили 11.10 до 26.56%. Высокая сходимость полученных результатов с данными полевых исследований подтверждает корректность выбранного подхода и используемых методов исследования. Таким образом, используемая методика может быть применена для получения точных значений площади распространения ареала борщевика Сосновского на конкретной территории.

Методы дистанционного зондирования стали использовать для наблюдения за окружающей средой и оценки развития территорий в 60-х годах XX века [1, 2]. В рамках исследования состояния биосферы, в связи со значительным расширением ареалов обитания отдельных видов растительности, актуальным является применение методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) при оценке динамики ареалов произрастания инвазивных видов [3].

В настоящее время, благодаря способности к агрессивной инвазии в естественные экосистемы, ситуация с распространением в европейской части России борщевика Сосновского носит стихийный характер [4 – 7] и перед учеными стоит задача определения площади, степени засорения инвазивным видом территории России для организации работ по борьбе с ним. Использование полевого метода исследования

в мониторинге ареалов распространения борщевика Сосновского усложняется по причине негативного воздействия на кожу и слизистые ткани человека, приводящего, в крайних случаях, к летальному исходу [8]. Несмотря на имеющийся положительный опыт в оценке динамики ареалов борщевика Сосновского с применением ДЗЗ [3, 9 – 11], не разработана универсальная количественная методика применения методов ДЗЗ при характеристике размеров инвазий данного вида в пределах конкретных ландшафтов.

Цель исследования - отработка количественной методики по определению площади ареалов распространения инвазивных видов, на примере борщевика Сосновского на основе количественного анализа данных многоспектральных космических снимков спутника Landsat 8.

В рамках данного исследования, для отработки методики оценки ареалов распространения борщевика Сосновского была выбрана территория центральной части УР. Площадь анализируемой территории составила 3430.3 км². Выбор данной территории опирался на следующие основания:

Территория исследования находится в пределах, освоенных в аграрном отношении ландшафтов. Наличие заброшенных участков сельскохозяйственных полей [12], создает благоприятные условия для инвазии борщевика Сосновского [11].

Охват территории на используемых космических снимках в максимально-доступном разрешении, что позволяет исключить погрешности, связанные с разновременным характером исследования. При исследовании были взяты космические снимки программы Landsat 8 OLI за период 2021 гг. В связи с особенностью вегетационного поведения борщевика Сосновского (быстрый прирост биомассы в ранне-весенний период и максимум вегетации в августе) наиболее контрастные значения вегетационных индексов были получены при обработке снимков за май (начало вегетации)

и август (максимум вегетации) [3].

Наличие данных натурных исследований ареалов произрастания борщевика Сосновского на рассматриваемой территории. Исследования проводились в вегетационный период 2021г. в формате полевых маршрутов. Границы ареалов распространения фиксировались с применением GPS – навигатора.

По результатам обработки многозональных снимков Landsat 8 OLI были рассчитаны относительный индекс хлорофилла ClGreen и нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI. Расчет площади ареалов распространения борщевика Сосновского территории производился посредством работы с каналами в модуле Semi-Automatic Classification Qgis.

Расчётная площадь ареалов распространения борщевика Сосновского для исследуемой территории по результатам обработки разновременных снимков представлена в табл.1.

Таблица 1. Результаты расчета площадей ареалов распространения борщевика Сосновского на основании разновременных снимков с применением индексов NDVI и ClGreen (км²)

Временной период, который охватывают многозональных снимков Landsat 8 OLI	Используемый показатель	
	Вегетационный индекс NDVI	Относительный индекс хлорофилла ClGreen
Май 2021	60.20	75.35
Август 2021	58.44	59.79
Среднее значение за вегетационный период 2021г.	59.32	67.57

В целом анализ полученных значений площади произрастания борщевика Сосновского с применением индексов NDVI и clGreen показал схожую в крайних значениях пространственно-временную динамику ареалов. Средняя площадь ареала борщевика Сосновского составила

63.45 км² или 1.8% от исследуемой территории. В весенний период площадь ареалов распространения борщевика Сосновского была выше (в августе 2021г. средняя площадь составила 87.3% от среднего весеннего значения). Снижение площади ареала произрастания борщевика к концу лета может быть связано как с неполным учетом данного вида растения при в целом большей биомассе (его попадание в другие диапазоны значений), так и с реализацией в течение вегетационного периода мероприятий по борьбе с данным видом сорных растений [13].

В рамках натурных исследований, проведенных в вегетационный период 2021г., площадь распространения борщевика для исследуемой территории составила 63.39 км². Верификация расчетных размеров ареалов распространения борщевика Сосновского с данными натурных исследований показала расхождения абсолютных значений на 5.93 – 14.18 км². В относительных величинах расхождение составило от 11.10 до 26.56%. Полученные результаты совпадают в крайних значениях с имеющимся наработками в области применения методов ДЗЗ при оценке ареалов распространения борщевика Сосновского (например, [3, 11]). Основные расхождения связаны со значительным влиянием специфических особенностей местности на результаты обработки космических снимков. Таким образом, используемая методика может быть применена для получения точных значений площади распространения ареала борщевика Сосновского на конкретной территории. Данные результаты могут быть использованы при административном планировании мероприятий по борьбе с инвазивными видами растений.

Исследование выполнено при поддержке РНФ, проект № 25-27-20003.

Литература

1. Копенков В.Н., Сергеев В.В., Сойфер В.А., Чернов А.В. Дистанционное зондирование Земли и геоинформационные

системы // Вестник РФФИ. №3 (95). 2017. С.78-96

2. USGS. EarthExplorer. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения 08.10.2024)

3. Товстик Е.В., Адамович Т.А., Ашихмина Т.Я. Идентификация участков массового роста борщевика Сосновского с помощью спектральных индексов по данным Sentinel-2 // Теоретическая и прикладная экология. №3. 2019. С.34-40

4. Майоров, С.Р. Ботанико-географическое своеобразие инвазионных видов флоры Средней России / Материалы конференции, приуроченной к 80 -летию Вадима Николаевича Тихомирова (1932 – 1997) (Москва, 30 января – 3 февраля 2012 г.). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. С. 124 – 126.

5. Манденова И.П. Фрагменты монографии кавказских борщевиков // Заметки по систематике и географии растений. 1944. вып.12. С.15-19.

6. Лунева Н.Н., Конечная Г.Ю., Смекалова Т.Н., Чухина И.Г. О статусе вида борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi manden.*) на территории РФ // Вестник защиты растений. 2018. №3(97). С.10-15

7. Петрова И.Ф., Королева Е.Г. Оценка опасности распространения борщевика Сосновского в России // Известия РАН. Серия географическая. 2022. Т.86. №5. С.788-798

8. Житель Зеленограда умер после ожогов от борщевика. Известия. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://iz.ru/1049758/2020-08-18/zhitel-zelenograda-umer-posle-ozhogov-ot-borshchevika> (дата обращение 26.07.2024)

9. Черепанов А.С. Вегетационные индексы // Геоматика. №2. 2011. С. 98-102

10. Савин И.Ю., Андронов Д.П., Шишконокова Е.А., Вернюк Ю.И. Детектирование борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi manden.*) на основе данных съемки с беспилотного летательного аппарата // Российская сельскохозяйственная наука, №6, 2021. С. 50-55;

11. Далькэ И.В., Чадин И.Ф., Захожий И.Г. Анализ мероприятий по ликвидации нежелательных зарослей борщевика Сосновского

(*Heracleum sosnowskyi manden.*) на территории Российской Федерации // Российский журнал биологических инвазий. №3. 2018. С.44-61

12. *Халявина Ж.В.* Применение методов дистанционного зондирования Земли при исследовании состояния растительного покрова территории города Ижевска и прилегающих районов // Материалы всероссийской научно-практической конференции "Природопользование и правовая охрана окружающей среды" Ижевск, 2020. С.172-179

13. Udm-info. 3,5 тысячи га борщевика уничтожат в Удмуртии в 2021 году [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://udm-info.ru/news/2021-01-17/3-5-tysyachi-ga-borshevika-unichtozhat-v-udmurtii-v-2021-godu-1987152> (дата обращения 07.11.2024)

A.V. Semakina , J.V. Gubko, I.I. Rysin, E.A. Rubleva
**APPLICATION OF EARTH REMOTE SENSING
METHODS IN ENVIRONMENTAL ASSESSMENT**

Udmurt State University, Russia

The purpose of the study is to develop a quantitative methodology for determining the area of distribution areas of invasive species, using the example of Sosnovsky hogweed based on a quantitative analysis of multispectral satellite imagery data from Landsat 8. The NDVI and clGreen indexes were used as part of the study. The differences in the values of the area of the ranges according to remote sensing data and according to the results of field research in relative values ranged from 11.10 до 26.56%. The high convergence of the results obtained with the field research data confirms the correctness of the chosen approach and the research methods used. Thus, the method used can be applied to obtain accurate values of the distribution area of the borscht of Sosnovsky in a specific territory.

**Спирин Ю.А.¹, Зотов С.И.²,
Таран В.С.², Платоненко Г.О.²**

**ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОСБОРОВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЯ
РЕЧНЫХ ВОД (НА ПРИМЕРЕ РЕК ЮГО-ВОСТОЧНОЙ
ЧАСТИ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ)**

¹ *Российский университет дружбы народов имени Патриса
Лумумбы, Россия*

² *Балтийский федеральный университет имени Иммануила
Канта, Россия*

spirin.yuriy@rambler.ru

Работа направлена на выявление и оценку степени воздействия природно-хозяйственных факторов на качество воды в бассейне реки Анграпы Калининградской области. В течение двух гидрологических лет проводился мониторинг качества воды четырех водотоков. Выявлены сильные корреляционные связи между УКИЗВ участков и процентом лесных и сельскохозяйственных земель на них в бассейне реки Анграпы.

Юго-восточная часть Калининградской области относится к водосборному бассейну реки Анграпы, играющей важную роль в гидрографической системе региона. Анграпа, вместе с ее основными притоками — Писсой, Красной и Русской, формирует сеть водотоков, входящих в бассейн реки Преголи, которая впадает в Вислинскую лагуну Балтийского моря. Геоэкологическое состояние рек бассейна Анграпы определяется сочетанием природных и антропогенных факторов, причем последние играют доминирующую роль. Интенсивная хозяйственная деятельность, включая сельское хозяйство, промышленность и урбанизацию, оказывает значительное влияние на качество воды. Это делает актуальным вопрос оценки степени воздействия этих факторов на экологическое состояние водных объектов [1-3].

Целью исследования является анализ и оценка влияния природно-хозяйственных факторов на качество воды в бассейне Анграпы. Для этого необходимо провести монито-

ринг химического состояния рек, пространственно экстраполировать полученные результаты на соответствующие участки и выявить основные источники загрязнения [4-6]. Такие меры позволят в будущем обеспечить устойчивое использование водных ресурсов в Калининградской области.

Для каждого исследуемого водотока (Анграпа, Писса, Красная, Русская) были выбраны четыре контрольные точки мониторинга, расположенные от верховьев до приустьевых участков. Исключением стала река Анграпа, где первая точка была установлена не в верховьях, а вблизи государственной границы. Это связано с особенностями ее географического положения и доступностью для исследований.

Мониторинг проводился в течение двух гидрологических лет (осень 2022 – лето 2024) с учетом сезонных изменений. Такой подход позволил учесть цикличность природно-хозяйственных факторов, влияющих на качество воды, таких как сельскохозяйственная деятельность, влияние растительности и гидрологический режим. Всего было выполнено 8 полевых выездов, в ходе которых отобрано 126 проб воды.

Химические анализы проб проводились в лаборатории высшей школы живых систем БФУ им. И. Канта на перечень важнейших показателей: органолептические показатели, взвешенные вещества, химическое потребление кислорода (ХПК), биологическому потреблению кислорода за 5 суток (БПК₅), нитраты, нитриты, аммоний и аммонийный азот, фосфаты, сухой остаток, хлориды, сульфаты, натрий, магний, калий, кальций, железо, нефтепродукты. Полученные результаты были сопоставлены со значениями ПДК актуального рыбохозяйственного норматива.

Качество воды по УКИЗВ за 2022-2024 гг. варьируется от 3б - очень загрязненная до 4в - очень грязная. Уровень загрязнения растет от истока к устью, чему сопутствует уменьшение лесных и рост сельскохозяйственных зон, а также аккумуляция химических веществ вниз по течению водотоков. Основными показателями несоответствующими

нормам ПДК стали: нефтепродукты, железо, растворенный кислород, ХПК, БПК₅, фосфаты, аммоний, нитриты. Исходя из этого нами выделены следующие потенциальные источники загрязнения: сельское хозяйство, урбанизация, грунтовые воды с высоким содержанием железа, природные циклы водной и береговой растительности.

Получены связи между УКИЗВ участков и процентом лесных и сельскохозяйственных земель на них в бассейне реки Анграпы за различные периоды с 2022 по 2024 гг. Связь между рассматриваемыми характеристика выражена следующими значениями: УКИЗВ и сельскохозяйственные земли – $\text{corr} = 0,70$ и $R^2 = 0,49$; УКИЗВ и лесные земли – $\text{corr} = -0,81$ и $R^2 = 0,66$.

Литература

1. *Спирин Ю.А.* Гидрологические характеристики речного стока в геоэкологических исследованиях поверхностных вод Славского района Калининградской области // Вестник Удмуртского университета. Сер. Биология. Науки о Земле. 2021. Т. 31. № 2. С. 185–197.
2. *Спирин Ю.А., Ахмедова Н.Р.* К вопросу о состоянии водоприемников осушительной мелиоративной сети в Калининградской области // Вестн. молодёжной науки: сб. науч. ст. Калининград: ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. С. 391-393.
3. *Спирин Ю.А., Зотов С.И., Таран В.С., Королева Ю.В.* Оценка геоэкологического состояния поверхностных водотоков Славского района Калининградской области // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология. 2021. 7 (73). № 1. С. 183–202.
4. *Великанов Н.Л., Наумов В.А., Маркова Л.В., Смирнова А.А.* Результаты натурных исследований малых водотоков на мелиорированных землях региона // Вода: химия и экология. 2013. № 7. С. 18–26.
5. *Домнин Д.А., Домнина А.Ю., Попова И.Ю.* Анализ состояния биогенной нагрузки в бассейнах рек муниципального уровня с учётом удерживающей роли прудов // Астраханский вестник

экологического образования. 2021. № 1(61). С. 160–168.

6. Цупикова Н.А., Берникова Т.А., Кривоускова Е.В., Цветкова Н.Н. Экологическое состояние реки Неман в пределах Калининградской области // Известия КГТУ. 2018. № 50. С. 66–78.

Spirin Yu.A.¹, Zotov S.I.², Taran V.S.², Platonenko G.O.²
**INFLUENCE OF NATURAL AND ECONOMIC
CHARACTERISTICS OF WATER CATCHMENTS
ON POLLUTION OF RIVER WATER (ON THE EXAMPLE
OF RIVERS OF THE SOUTH-EASTERN PART OF THE
KALININGRAD REGION)**

¹ *Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Russia*

² *Immanuel Kant Baltic Federal University, Russia*

The study is aimed at identifying and assessing the degree of impact of natural and economic factors on water quality in the Angrapa River basin of the Kaliningrad Region. Water quality of four watercourses was monitored for two hydrological years. Strong correlations were found between the specific combinatorial index of water pollution of sites and the percentage of forest and agricultural land on them in the Angrapy River basin.

Стурман В.И.
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ
КОНЦЕНТРАЦИЙ ДИОКСИДА АЗОТА ПО ДАННЫМ
РАЗНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ
(НА ПРИМЕРЕ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЦЕНТРОВ
И ПРОМЫШЛЕННЫХ ГОРОДОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА
РОССИИ)

*Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, Россия*
st@izh.com

Исследована динамика концентраций диоксида азота, по данным наземных наблюдений и дистанционного мониторинга. Выявлены зависимости от скоростей ветра, атмосферного давления, рабочих/нерабочих дней. Закономерности по-разному проявляются в городах с преобладанием промышленных источников выбросов или автотранспорта.

Развитие телекоммуникаций и технологий дистанционного зондирования атмосферы создает новые возможности для мониторинга воздушного загрязнения, дополняющие традиционные официальные источники. Публикуемые с задержкой на 1-2 года данные включают сведения об объемах выбросов и уровнях загрязнения атмосферы [1], а также среднегодовые концентрации загрязняющих веществ по городам [2-7]. Более оперативные данные ограничиваются информацией о превышении/непревышении ПДК за прошедший день на сайтах региональных управлений Росгидромета, а в Санкт-Петербурге – также средними за предыдущий день концентрациями основных загрязняющих веществ по постам наблюдения за загрязнением атмосферы (ПНЗ) [8].

В рамках настоящего исследования выполнено сопоставление указанных выше показателей из официальных источников [1-8] с находящимися в свободном доступе данными о текущих концентрациях загрязняющих веществ [9] и метеорологических характеристиках [10]. Исследование

выполнено в феврале-марте 2025 г., на примере одного вещества – диоксида азота. Это вещество, будучи одним из наиболее характерных как для стационарных источников, так и для автотранспорта, в то же время важно для контроля в связи с выявленной в последние годы [11, 12] способностью вызывать нарушение дыхания, кашель и другие негативные последствия даже при концентрациях порядка 10-30 мкг/м³, что существенно ниже действующих гигиенических нормативов.

За текущие показатели по дистанционным данным [9] принимались наибольшие значения в пределах приуроченной к городу зоны повышенных концентраций, в пределах городской территории или на удалении от неё. Снятие значений производилось дважды по рабочим дням (утренние и вечерние часы «пик») и один раз в середине нерабочих дней. Всего получено по 58 значений для каждого города.

Основные результаты исследования представлены в таблице 1. Как видно из неё, за исключением гг. Великий Новгород и Кириши, где велика роль расположенных на удалении от городской застройки промышленных предприятий с непрерывным производственным циклом, в остальных случаях максимальные концентрации по дистанционным данным существенно ниже, чем по ПНЗ. Это связано с тем, что дистанционные данные характеризуют слой атмосферы неопределенной мощности, тогда как ПНЗ располагаются на поверхности. Размеры зон загрязнения четко коррелируют с концентрациями и объемами выбросов ($r > 0,9$).

Таблица 1. Характерные значения и площади распространения концентраций диоксида азота.

Города	Среднегодовые по ПНЗ, мг/м ³	Максимальные по ПНЗ, мг/м ³	Средние из максимальных по данным [9], мг/м ³	Максимальные по данным [9], мг/м ³	Средняя протяженность зоны значений выше 10 мг/м ³ , км	Средняя площадь зоны значений выше 10 мг/м ³ , км ²
Калининград	0,04 [2]	0,31 [2]	0,032	0,096	164	3000
Псков	0,048 [3]	0,38 [3]	0,008	0,033	8	80
Великий Новгород	0,015 [4]	0,087 [4]	0,020	0,067	93	1400
Санкт-Петербург	0,024 [5]	0,54 [5]	0,053	0,125	194	6000
Кириши	0,016 [6]	0,056 [6]	0,026	0,063	84	1400
Пикалево	0,047 [6]	0,099 [6]	0,016	0,049	35	500
Петрозаводск	<0,04 [7]	<0,2 [7]	0,005	0,021	4	32

Сведения о концентрациях в рабочие и нерабочие дни, а также в зависимости от наличия или отсутствия атмосферных осадков представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2. Средние значения концентраций диоксида азота по ПНЗ (Санкт-Петербург [8]) в зависимости от условий измерения, мг/м³.

Показатели	Все дни	Рабочие	Нерабочие	Без осадков	С осадками
Средние	0,065	0,070	0,050	0,067	0,049
Максимальные	0,125	0,137	0,089	0,127	0,110

Таблица 3. Средние (из максимальных) значения концентраций диоксида азота по дистанционным данным [9] в зависимости от условий измерения, мг/м³.

Города	Все дни	Рабочие	Не-рабочие	Без осадков	С осадками
Калининград	0,032	0,033	0,024	0,032	0,031
Псков	0,008	0,009	0,005	0,009	0,004
Великий Новгород	0,020	0,020	0,020	0,022	0,014
Санкт-Петербург	0,053	0,057	0,034	0,054	0,049
Кириши	0,026	0,027	0,019	0,026	0,022
Пикалево	0,016	0,017	0,013	0,017	0,011
Петрозаводск	0,005	0,006	0,003	0,005	0,004

При этом характерно, что снижение концентраций в нерабочие дни отсутствует или слабо выражено в городах с преобладанием выбросов от промышленных объектов с непрерывным производством (Великий Новгород, Пикалево) и заметно проявляется в остальных, где доминирует автотранспорт. Снижение концентраций вследствие выпадения атмосферных осадков проявляется повсеместно. Связи со скоростями ветра слабые и средней силы (r от -0,259 до -0,672), с атмосферным давлением слабые (r от 0,177 до 0,364). Интересно отметить, что теснота связей увеличивается с запада на восток, по мере роста континентальности климата и увеличения контрастности метеорологических характеристик.

Таким образом, показатели загрязнения воздуха по дистанционным и наземным данным сопоставимы и подчиняются одним и тем же закономерностям (рабочие и нерабочие дни, влияние ветров и осадков). Концентрации в рабочие дни на 31% - 100% больше, чем в нерабочие (в городах с преобладанием промышленных выбросов это не выражено), а в дни без осадков на 25% - 125% больше, чем

в дни с осадками, причем в Калининграде и Санкт-Петербурге разница существенно меньше – 3% и 10%. При преобладании промышленных объектов с высокими выбросами дистанционный мониторинг дает более высокие значения, тогда как при преобладающей роли автотранспорта ситуация менее однозначна.

Литература

1. Ежегодник Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2023 г. СПб., 2024. – 265 с.
2. Государственный доклад «Об экологической обстановке в Калининградской области в 2023 году». Калининград: Министерство природных ресурсов и экологии Калининградской области, 2024. – 200 с.
3. Доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Псковской области в 2023 году». Псков: Комитет по природным ресурсам и экологии Псковской области, 2024. – 170 с.
4. Обзор «О состоянии и об охране окружающей среды Новгородской области в 2022 г.» Великий Новгород: Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Новгородской области, 2023. – 434 с.
5. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2023 году/ Под редакцией А.В. Германа, И.А. Серебрицкого. СПб.: 2024. – 221.с.
6. Об экологической ситуации в Ленинградской области в 2022 году. СПб., 2023. – 219 с.
7. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Республики Карелия в 2022 году. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2023. – 265 с.
8. Экологический портал Санкт-Петербурга. Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности. [Электронный документ] <https://public.mon.ecopass.adc.spb.ru/air/concentrate> (дата обращения 09.03.2025).
9. <https://www.ventusky.com/> [Электронный документ] (дата

обращения 09.03.2025).

10. Интернет-сервис Погода в России [Электронный ресурс] <https://rp5.ru/> (дата обращения 29.09.2022).

11. Мониторинг качества атмосферного воздуха для оценки воздействия на здоровье человека. //Копенгаген. Региональные публикации. ВОЗ, Европ. серия, № 85. 2001. – 293 с.

12. WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.: WHO European Centre for Environment and Health, Platz der Vereinten Nationen 1, D-53113 Bonn, Germany, 2021.

V. Sturman

COMPARATIVE STUDY OF THE DYNAMICS OF NITROGEN DIOXIDE CONCENTRATIONS ACCORDING TO DATA FROM VARIOUS INFORMATION SOURCES (USING THE EXAMPLE OF ADMINISTRATIVE CENTERS AND INDUSTRIAL CITIES IN NORTHWESTERN RUSSIA)

The Bonch-Bruевич Saint-Petersburg State University of Telecommunications, Russia

The dynamics of nitrogen dioxide concentrations in cities has been studied according to ground-based observations and remote monitoring.

The dependences on wind speeds, atmospheric pressure, and working/non-working days are revealed. Patterns manifest themselves in different ways in cities with a predominance in emissions from industrial sources and motor vehicles.

Тобратов С.А, Железнова О.С.
**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ
ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАВНИННОГО
РЕЛЬЕФА (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОЙ МЕЩЕРЫ
И ПОЙМЫ СРЕДНЕЙ ОКИ)**

*Рязанский государственный университет
имени С.А. Есенина, Россия*
tobratovsa@mail.ru

На примере ландшафтов бассейна Средней Оки изучены пространственные закономерности атмосферной миграции продуктов техногенеза – тяжелых металлов, подщелачивающих агентов, радионуклидов, углекислого газа. Установлено выраженное канализирующее влияние понижений равнинного рельефа (поймы Оки и сниженных блоков Мещеры), приводящее к формированию полиэлементных техногенных аномалий. Прямыми измерениями (экспедиционное радиозондирование) установлено влияние пойма и долин на течения в нижней тропосфере и определены его синоптические ограничения. Отмечены отличия динамики концентрации CO_2 в приземном воздухе поймы Оки от глобальных закономерностей, обусловленные инверсионным режимом и вкладом почвенного дыхания.

Учет фактора рельефа при изучении распространения загрязняющих веществ из техногенных источников остается методологически сложной задачей. Для этого необходимо математическое описание турбулентной вязкости и вихревых неоднородностей, порождаемых морфологией земной поверхности в воздушных потоках, но традиционный аппарат уравнений турбулентной диффузии не позволяет это сделать в силу фундаментальных ограничений [1]. В этой связи наиболее достоверную информацию о геометрии траекторий рассеяния продуктов техногенеза можно получить в ходе непосредственных измерений (шаропилотного зондирования, почвенных исследований, снегосъемки) [2].

Район ландшафтно-геохимических исследований,

проводимых нами с 2009 г., расположен в бассейне Средней Оки (территория Рязанской области) на стыке крупных морфоструктур Русской равнины (Мещерской низины, Окско-Донской равнины и Среднерусской возвышенности). Наиболее сниженным геоморфологическим элементом является голоценовая пойма Оки, трассирующая рубеж указанных морфоструктур. Почвенное опробование осуществляется по ГОСТ Р 58595-2019, снегосъемка – по специальной методике [3], определение удельной активности радионуклидов производится гамма-спектрометрическим методом на УСК «Мультирад-гамма», тяжелых металлов – атомоно-абсорбционным методом (пламенный вариант), pH почвенных вытяжек – потенциометрически. Кроме того, для трассировки воздушных течений применяется оригинальный метод экспедиционного радиозондирования (зонды МРЗ-Н1 «Радий», регистрация сигнала RTL-SDR приемником). Для мониторинга концентрации CO₂ в приземном воздухе используются датчики качества воздуха IQAir AirVisual Pro.

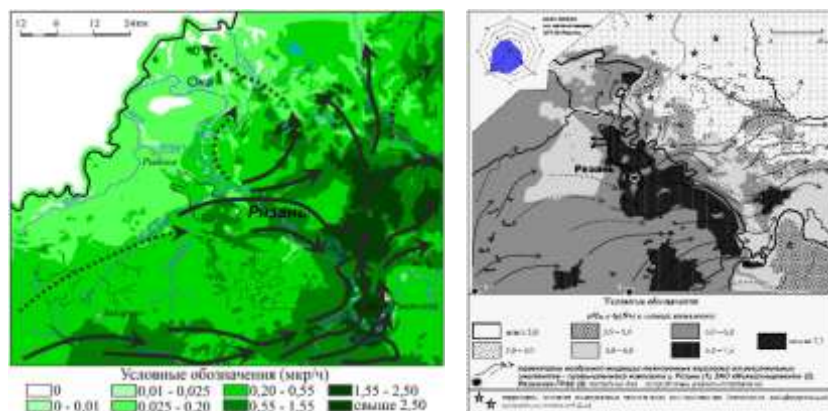


Рис. 1. Траектории атмотехногенной миграции на примере черновыльскаго радиоцезия (трансграничное загрязнение) и карбонатной пыли (местные источники)

Примечание: слева – вклад ¹³⁷Cs в гамма-фон (методика расчета описана в [4]), справа – обменная кислотность почв. Картошхемы выполнены авторами на материале собственных исследований.

Установлено, что в регионе существуют устойчивые траектории воздушной миграции загрязняющих веществ, в основных чертах сходные для таких разнородных по генезису и химическим свойствам компонентов, как черновобильский ^{137}Cs , свинец и иные тяжелые металлы, соединения серы, азота, техногенные карбонаты (рис. 1). Указанные траектории контролируются ландшафтной структурой и ориентированы вдоль крупных понижений рельефа. Геохимическим фокусом региона является пойма Оки (особенно ее расширения) и прилегающие сниженные блоки юго-восточной Мещеры. Траектории атмотехногенной миграции в Мещерской низменности чувствительны даже к небольшим (10-15 м) перепадам относительных высот (рис. 2), а также к морфологии растительного покрова – трассируют заболоченные понижения с растительностью фильтрующего типа (рис. 3).

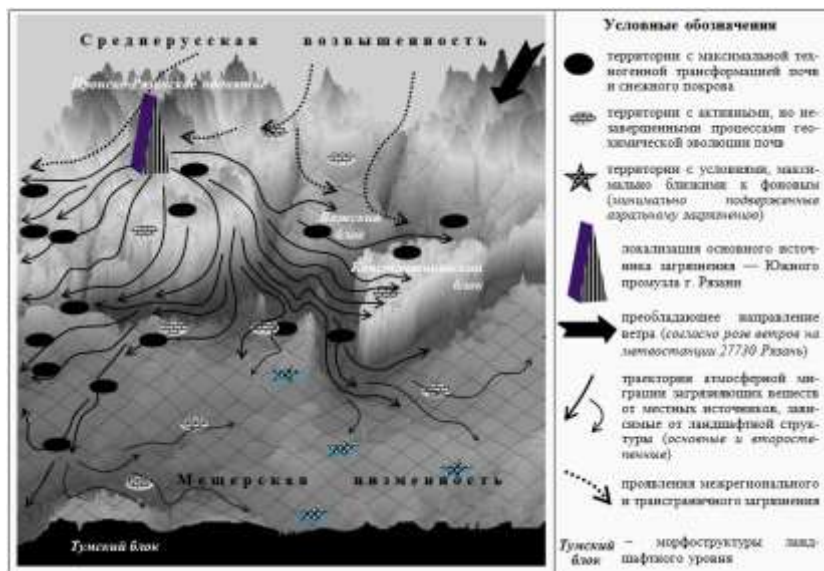


Рис. 2. Картограмма пространственных закономерностей аэральности миграции на основе трехмерной цифровой модели местности



Рис. 3. Желудное болото в Мещере покрыто сосново-березовыми редколесьями фильтрующего типа (фото авторов)

Интегральным показателем техногенеза в ландшафтах Центра России можно считать подщелачивание (выпадения карбонатной техногенной пыли), способное распространяться на десятки километров от источника эмиссии вдоль понижений рельефа (рис. 1). Индикатором текущих техногенных геохимических преобразований в почвах является арифметическая разность актуальной и обменной кислотностей ΔpH [5]:

$$\Delta pH = pH_{\text{вод}} - pH_{\text{KCl}} \quad (1)$$

В почвах с незавершенными процессами трансформации химических равновесий наблюдаются нетипичные отрицательные значения ΔpH . Картирование данного параметра позволяет уточнить границы техногенных ореолов рассеяния (рис. 2). Для зональных почвенных группировок нами установлены диапазоны нормальных и аномальных величин кислотности (табл. 1), которые могут быть экстраполированы на смежные регионы со сходными ландшафтными условиями (в т.ч. на Московскую область).

Радиозондирование воздушных потоков над поймой Оки показало, что в ряде случаев их направление и скорость до высоты 3,5 км напрямую управляется отрицательными элементами рельефа, в т.ч. долинами окских притоков (рис. 4). Однако такое однозначное влияние рельефа наблюдается при горизонтальных барических градиентах не выше 0,4-0,6 гПа /

100 км, при большей кинетической энергии ветра связь его направления с ландшафтным покровом уменьшается.

Таблица 1. Диапазоны актуальной кислотности зональных почв в зависимости от уровня техногенного воздействия через атмосферу

Зональный тип почв	Фоновый диапазон	Слабое антропогенное подщелачивание	Зоны прямого влияния промышленных эмитентов
Дерново-подзолистые песчаные	4,0-4,1	4,2-4,5	4,8-7,2
Дерново-подзолистые легкосуглинистые	4,7-4,9	5,5-6,0	6,0-7,3
Серые лесные среднесуглинистые	5,0-5,2	5,6-6,2	6,5-8,1
Черноземы выщелоченные средне- и тяжело- суглинистые	-	6,0-6,5	свыше 6,8

Динамика CO_2 в приземном воздухе поймы Оки в течение года крайне неоднородна (рис. 5), контролируется инверсионным режимом и колебаниями продуваемости поймы и существенно отличается от закономерностей, фиксируемых как на морских побережьях [6, 7], так и на обсерватории Мауна-Лоа (классическая кривая Киллинга, или «гавайская пила»). Накопление CO_2 в атмосфере Центра России отстает от хода «гавайской пилы» примерно на 3 года (эквивалентно 8 ppm), затушевано многочисленными локальными факторами и в рамках отдельного года статистически не достоверно. Октябрьский минимум CO_2 (390 ppm) отчасти отражает глобальные закономерности (он типичен для всего северного полушария), а августовский максимум (до 460 ppm) обусловлен вкладом почвенного дыхания и аккумуляцией

биогенной углекислоты в пойменном понижении (рис. 6).

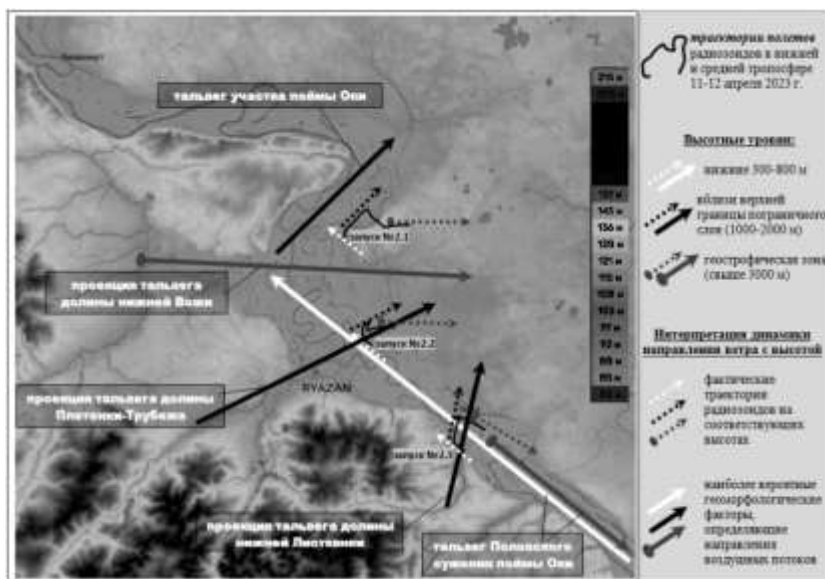


Рис. 4. Пространственные отношения воздушных потоков и отрицательных линейных форм рельефа (составлено авторами по результатам экспедиционного радиозондирования)

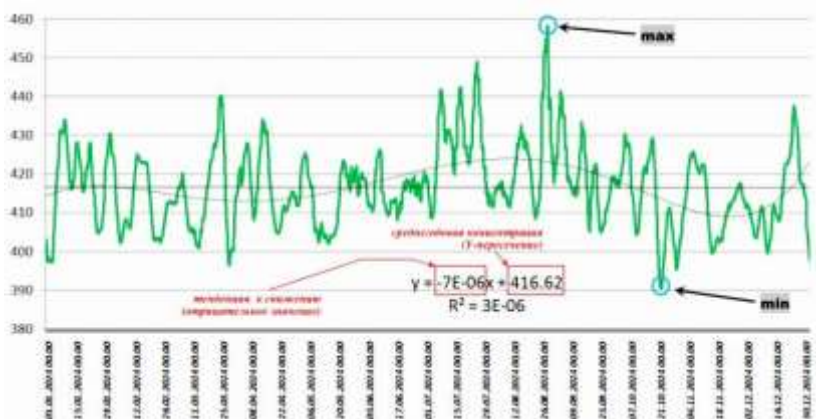


Рис. 5. Динамика CO₂ (ppm) в пойме Средней Оки в 2024 г. (составлено авторами по данным экомониторинга приземной атмосферы)

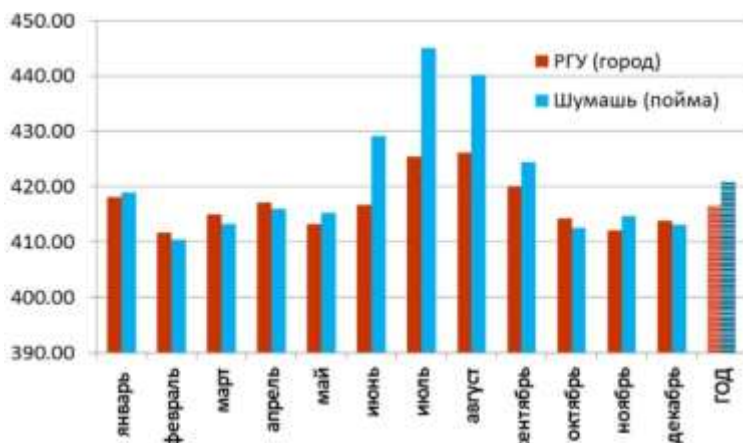


Рис. 6. Биогенный летний максимум CO_2 (ppm), лучше выраженный в пойме Оки на ее рязанском участке (составлено авторами по данным экомониторинга приземной атмосферы)

Таким образом, морфология равнинных ландшафтов значительно усложняет процессы распространения и динамики загрязняющих веществ и иных малых компонентов атмосферы. Но набор ландшафтно-геофизических факторов, действующих на воздушные потоки, вполне закономерен, что позволяет исследовать и прогнозировать атмосферно-ландшафтные взаимосвязи, несмотря на их сложность. Отрицательные элементы рельефа при этом выступают в роли важнейших каналов воздушной миграции и аккумуляции вещества, в т.ч. продуктов техногенеза.

Литература

1. *Ступин А.Б., Оверко В.С.* Влияние неоднородности рельефа на рассеивание выбросов в атмосфере // Наукові праці Донецького національного технічного університету. 2006. №107. С. 76-80.
2. *Замай С.С., Якубайлик О.Э.* Модели оценки и прогноза загрязнения атмосферы промышленными выбросами в информационно-аналитической системе природоохранных служб крупного города. Красноярск : Изд-во Красноярского гос. ун-та, 1998. – 109 с.

3. Глазовский Н.Ф., Злобина А.И., Учватов В.П. Химический состав снежного покрова некоторых районов Верхнеокского бассейна. Пущино: НЦБИ, 1978. – 28 с.
4. Кривцов В.А., Тобратов С.А., Водорезов А.В., Комаров М.М., Железнова О.С., Соловьева Е.А. Природный потенциал ландшафтов Рязанской области. Рязань : Ряз. гос. ун-т им. С. А. Есенина, 2011. – 760 с.
5. Тобратов С.А., Железнова О.С. Индикация техногенного подщелачивания почв бореального экотона Русской равнины / Фундаментальные основы биогеохимических технологий и перспективы их применения в охране природы, сельском хозяйстве и медицине : Труды XII Международной биогеохимической школы. Тула, 2021. С. 207-211.
6. Karina E. Adcock et. al. 12 years of continuous atmospheric O₂, CO₂ and APO data from Weybourne Atmospheric Observatory in the United Kingdom. Preprint.
7. Alexey Panov et. al. Continuous CO₂ and CH₄ Observations in the Coastal Arctic Atmosphere of the Western Taimyr Peninsula, Siberia: The First Results from a New Measurement Station in Dikson // Atmosphere 2021, 12(7), 876.

Tobratov S.A., Zheleznova O.S.

GEOECOLOGICAL FUNCTIONS OF NEGATIVE ELEMENTS OF THE LOWLAND RELIEF (ON THE EXAMPLE OF THE SOUTHERN MESCHERA AND THE FLOODPLAIN OF THE MIDDLE OKA)

Ryazan State University named after S.A. Yesenin, Russia

Using the landscapes of the Middle Oka basin as an example, spatial patterns of atmospheric migration of products of technogenesis have been studied. A pronounced channeling effect of lowland relief depressions has been established, leading to the formation of polyelement technogenic anomalies. Direct measurements have established the influence of floodplains and valleys on currents in the lower troposphere and determined its synoptic limitations. The differences between the dynamics of CO₂ concentration in the surface air of the Oka floodplain and global patterns due to the inversion regime and the contribution of soil respiration are noted.

Третьяков В.Ю.¹, Дмитриев В.В.¹,

Клубов С.М.², Никулина А.Р.¹

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СТЕПЕНИ
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОДНОРОДНОСТИ
АКВАТОРИИ ПО ДАННЫМ ДЗЗ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ
МОДЕЛИ ЕЁ ЭКОСИСТЕМЫ**

¹Санкт-Петербургский государственный университет,

Институт наук о Земле, Россия

*²Государственное бюджетное учреждение дополнительного
образования Дворец творчества «У Вознесенского моста»*

Адмиралтейского района, Санкт-Петербург, Россия

v_yu_tretyakov@mail.ru

Рассматривается методика определения пространственного подразделения акваторий с помощью данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) для его учёта при разработке компьютерных имитационных моделей функционирования водных экосистем. Подобные модели необходимы для определения экологически обоснованных норм антропогенного воздействия на водные экосистемы. Одним из этапов разработки имитационной модели является выбор способа имитации в модели пространственных особенностей акватории. В статье представлен алгоритм выявления объективного подразделения водной экосистемы с помощью анализа пространственной и временной изменчивости значений нормализованного вегетационного индекса NDVI и индекса мутности NDTI на акватории Невской губы, подверженной антропогенному воздействию как крупного мегаполиса – Санкт-Петербурга, так и обширного водосборного бассейна реки Невы.

Актуальность разработки имитационных моделей экосистем эстуариев больших рек и приустьевых морских акваторий определяется тем, что они особенно подвержены антропогенному воздействию. Большие реки дренируют обширные водосборные бассейны, собирая с них разнообразные загрязняющие вещества. В устьях больших рек или недалеко от них обычно расположены крупные города или даже мегаполисы, которые также служат источниками

антропогенных загрязнений.

В имитационных моделях водных экосистем возможны три способа отражения пространства по горизонтали. При первом способе экосистема считается полностью однородной по горизонтали, это точечная модель. Она может подразделяться на отдельные слои по вертикали: это будет резервуарная модель по вертикали. При втором способе акватория моделируемой экосистемы подразделяется на отдельные участки – резервуары, между которыми в модели формализуется водообмен. Если акватория объективно разделена на отдельные участки, например, как озеро Селигер на отдельные плёсы, то подразделение в модели акватории на отдельные резервуары совершенно очевидно. В противном случае необходимо исследование однородности экосистемы по горизонтали. Наконец, при третьем способе вся акватория разбивается на равные квадратные ячейки, между которыми в модели имитируется водообмен из-за адвекции и турбулентности. Это – пространственно-неоднородная модель водной экосистемы. Возможна модификация данного подхода методом «криволинейных сеток», когда акватория разбивается на ячейки разной формы и размера, а потом преобразуется в прямоугольник с формально равными ячейками. Если натурные исследования показывают существенную неоднородность характеристик экосистемы по горизонтали, то необходимо создавать не точечную, а резервуарную или пространственно-неоднородную модель.

Проведение натурных исследований акватории требует значительных затрат средств и времени. Необходимо в течение всего безлёдного периода с интервалом как минимум одна неделя или декада выполнять площадную съёмку акватории. При использовании только одного плавсредства существует риск принять временную изменчивость характеристик за пространственную. Использование свободно распространяемых данных ДЗЗ имеет неоспоримые преимущества: на изображениях

преобразованных спутниковых снимков ситуация на всей акватории относится к одному моменту времени, временные интервалы между съёмками одной и той же акватории составляют всего несколько суток.

Невская губа служит основным местом размножения большинства частиковых рыб и корюшки [1, 2]. Для создания непрерывных и резервуарных моделей водных экосистем необходимо обобщение характерных особенностей Невской губы, опыта моделирования её экосистемы [3-5], а также опыта методов оценки чувствительности и адекватности имитационных моделей водных экосистем [6]. Подробная характеристика пространственной структуры Невской губы рассмотрена в ряде публикаций [1, 2, 7, 8].

Для оценки степени однородности экосистемы Невской губы нами выполнены расчёты и анализ значений индексов NDVI и NDTI в среде QGIS. Исходными данными служили созданные по спутниковым снимкам растровые файлы системы Landsat с разрешением 30 на 30 м. Выделение чистой водной поверхности без зон распространения высшей водной растительности производится по соотношению коэффициентов отражательной способности в диапазонах 630-680 и 845-885 нм [9]. Всего в зоне чистой воды расположено 400833 ячейки растров данных диапазонов Landsat и рассчитанных растров NDVI и NDTI. Растры индексов были преобразованы в точки, которые затем были распределены по 427 квадратам сетки размером 1 на 1 км. В каждом квадрате рассчитываются средние значения индексов и коэффициент корреляции между ними. Выполняется статистический анализ акватории на однородность, с помощью метода естественных границ выделяются зоны с различными значениями индексов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ и СПбНФ, грант № 23-27-10011.

Литература

1. *Шилин М.Б. и др.* Результаты исследований техносферы Невской губы в РГГМУ. // Гидрометеорология и экология. 2020, №60. С. 351—370
2. *Жигульский В.А. и др.* Плавни Невской губы. Научно-исследовательская программа. Итоги I этапа / ООО «Эко-Экспресс-Сервис». – СПб.: «Реноме», 2020. – 304 с.
3. *Сергеев Ю.Н., Кулеш В.П., Дмитриев В.В.* Пространственно-неоднородная модель экосистемы эстуария р. Невы. Имитации последствий строительства Санкт-Петербургской дамбы / под редакцией Ю. Н. Сергеева. — СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2021. — 310 с.
4. *Подгорный К.А., Дмитриева О.А., Семенова А.С.* Сравнительный анализ применения алгоритмов прямого поиска для оценки значений параметров в моделях экосистем Невской губы и Вислинского залива Балтийского моря // Труды Карельского научного центра РАН. 2024. № 2. С. 79–94. doi: 10.17076/lim1860
5. *Victor Tretyakov et al.* Role of unaccounted sources of total nitrogen and phosphorus in the Neva Bay anthropogenic eutrophication. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM. 2024, 3.1. 10.5593/sgem2024/3.1/s15.50
6. *Подгорный К. А., Леонов А. В.* Обзор современных методов оценки значений коэффициентов, чувствительности и адекватности имитационных моделей водных экосистем // Водные ресурсы, 2015, том 42, № 4, с. 406–432.
7. Экосистема эстуария реки Невы: биологическое разнообразие и экологические проблемы. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 477 с.
8. *Golubkov S et al.* Long-term changes in primary production and mineralization of organic matter in the Neva Estuary (Baltic Sea) // Journal of Marine Systems. 2017. V. 171. P. 73-80.
9. *Бочаров А.В. и др.* Способ выделения границ водных объектов и ареалов распространения воздушно-водной растительности по многоспектральным данным дистанционного зондирования Земли / Патент на изобретение RU 2750853 C1, 05.07.2021.

Victor Tretyakov¹, Vasiliy Dmitriev¹, Stepan Klubov², Anna Nikulina¹

**METHODOLOGY FOR A WATER AREA SPATIAL
HOMOGENEITY DEGREE EVALUATION BY REMOTE
EARTH SENSING DATA FOR THE AREA ECOSYSTEM
SIMULATION MODEL DESIGN**

¹Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Russia

*²State budgetary institution of additional education, Palace of Child
Youth Art «At the Voznesensky Bridge» of the Admiralteyskiy district,
S.-Petersburg, Russia*

There is considered methodology for spatial partition of water areas by remote Earth sensing data for the design of computer simulation models of aquatic ecosystems functioning. The models are necessary for the determination of ecologically valid limits of anthropogenic influence on aquatic ecosystems. One of a simulation model design stage is the choice of way for the water area spatial particularity simulation. The paper presents the algorithm for objective partition of an aquatic ecosystem by the analysis of spatial and temporal dynamics of the normalized difference vegetation index (NDVI) and the normalized difference turbidity index (NDTI) within the Neva Bay. The bay ecosystem is influenced by the anthropogenic impact of the big megapolis of St. Petersburg and the vast catchment area of the Neva River.

**Трофимов Ю.В., Каманина И.З., Аверкин А.Н.,
Кузнецов Е.М., Муравьев И.П.**
**ИНТЕГРАЦИЯ ОБЪЯСНИМОГО ИСКУССТВЕННОГО
ИНТЕЛЕКТА И СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ
РАЙОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ**

Университет «Дубна», Россия

ura_trofim@bk.ru

В работе рассмотрено интеграционное решение задачи районирования территорий, основанное на совокупном использовании спутниковых данных дистанционного зондирования Земли и методов объяснимого искусственного интеллекта. Предложена комплексная методика, учитывающая специфику многоспектральных снимков, а также применимость ХАИ технологий для формирования прозрачных, объяснимых моделей, позволяющих детально анализировать вклад каждого признака в классификацию. Представлены результаты обработки открытых спутниковых данных, оценка точности моделей и факторы, влияющие на формирование граничных зон районов. Показана эффективность предложенного подхода для задач территориального зонирования в естественно-научных исследованиях и прикладной экологии.

Несмотря на растущую доступность высококачественных спутниковых снимков, извлечение полезных знаний из гетерогенных массивов данных по-прежнему представляет собой нетривиальную задачу. Использование традиционных методов компьютерного зрения, основанных на машинном обучении, не всегда даёт удовлетворительный уровень интерпретируемости результатов, особенно при решении социально значимых задач территориального планирования, природопользования и мониторинга окружающей среды [1]. В связи с этим всё большее внимание уделяется концепции объяснимого искусственного интеллекта (Explainable AI, ХАИ), позволяющей анализировать вклад каждого признака на этапе принятия решения моделью и таким образом обеспечивать высокую прозрачность верификации итоговых выводов [2].

Целью настоящего исследования явилась разработка комплексного подхода к районированию территории на основе глубокой интеграции объяснимого искусственного интеллекта и открытых данных дистанционного зондирования Земли. Спутниковые снимки, в частности с платформ Sentinel-2, Landsat и других открытых ресурсов, позволяют формировать мультиспектральные индексы (NDVI, NDWI, NDSI), отражающие особенности растительного покрова, гидрографической сети и снежного покрова. Но интерпретация классификационных решений, принимаемых нейросетевыми моделями или алгоритмами ансамблевого обучения, требует внедрения XAI-инструментария: методов LIME, SHAP, Grad-CAM и т.д. [3].

В ходе выполненного практического этапа мы последовательно осуществили сбор и предобработку открытых спутниковых данных, включая устранение атмосферных искажений и аномалий освещённости. Далее были вычислены индексы вегетационной активности, влажности почвы и тематические показатели (NDVI, GLCM-фичи текстурной сегментации). При помощи алгоритма случайного леса (Random Forest) и метода градиентного бустинга (CatBoost) были построены модели классификации, предназначенные для выделения районов по однородным признакам и формирования соответствующих зон. Для обеспечения объяснимости итоговой структуры районов мы применили методики LIME и SHAP, позволяющие визуализировать значимость каждого спектрального признака или индексной компоненты [4].

Существенным элементом данного исследования стала формализация качественных характеристик в терминах статистических критериев. Для оценки степени контрастности радиометрических показателей, в частности, применялась стандартная формула вычисления вегетационного индекса NDVI:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

где *NIR* – яркость в ближней инфракрасной области, а *RED* – яркость в красной области спектра [5]. Использование NDVI позволяет выделять области интенсивного роста растительности и, соответственно, формировать первичное зонирование по степени антропогенной и природной нагрузки на экосистему.

Для количественной оценки эффективности полученной модели мы провели анализ матрицы ошибок, оценили точность (Accuracy), полноту (Recall), специфичность (Specificity) и F1-меру для каждого класса районов. Итоговая точность на тестовой выборке, составленной из выборочных точек поля и независимых GIS-данных, превысила 85%, что является достаточно высоким показателем для многоклассовой задачи районирования.

Таблица 1 иллюстрирует фрагмент сравнительного анализа точности классификации для разных алгоритмов:

Таблица 1. Сравнительные результаты классификации (фрагмент)

Алгоритм	Точность, %	F1-мера, %
Случайный лес (Random Forest)	87.4	86.1
Градиентный бустинг (CatBoost)	89.2	88.5
Нейронная сеть (ResNet-модификация)	85.7	84.3

Показатели выше в случае использования ансамблевых методов, что свидетельствует о высокой эффективности и гибкости подобных алгоритмов для задач полигонизированного районирования. При этом, за счёт применения методов ХАИ, появилась возможность подробно интерпретировать вклад каждой спектральной компоненты (*NIR*, *RED*, *SWIR* и т.д.) и текстурных признаков в итоговую классификацию, а также гибко корректировать пороговые значения для генерации зон.

Отдельное внимание мы уделили междисциплинарным аспектам применения объяснимого искусственного интеллекта, так как понимание процессов моделирования облегчает

взаимодействие с экспертами в области географии, экологии и геоэкологии [6]. В рамках проведённого исследования было показано, что комбинирование спутниковых данных и ХАИ-инструментов способствует повышению прозрачности, воспроизводимости и надёжности при принятии решений о районировании и оптимизации природопользования.

Таким образом, интеграция открытых спутниковых данных и объяснимых моделей машинного обучения демонстрирует высокую применимость в различных естественно-научных исследованиях, будь то экологический мониторинг, оценка состояния лесного фонда, управление водными ресурсами или биогеографический анализ. Полученные результаты подтверждают, что целенаправленное использование методов ХАИ даёт возможность глубже понять поведение алгоритма, минимизировать риск систематических ошибок и разработать наукоёмкие решения, которые учитывают сложный характер пространственных взаимосвязей в многомерных данных дистанционного зондирования.

В качестве перспектив дальнейших исследований планируется расширить число тестовых полигонов, а также использовать более детализированные индексы, получаемые с применением радарных спутниковых систем. Кроме того, необходимо задействовать более широкий спектр ХАИ-подходов, включая визуализацию скрытых слоёв нейронных сетей методами Grad-CAM, что позволит детальнее анализировать формирование граничных участков районирования. Такой интегрированный подход способствует повышению обоснованности решений, принимаемых в рамках естественно-научных исследований, и является стратегически важным направлением развития высокопроизводительных вычислений (HPC) и технологий Big Data в сфере экологического мониторинга и планирования территорий.

Литература

1. Козлов А.В., Зайцева И.С. Методы анализа многоспектральных

- спутниковых данных: монография. М.: Технополис, 2019. – 284 с.
2. Zhang Q., Zhu S. Visual interpretability for deep learning: a survey. *Frontiers of Information // Technology & Electronic Engineering*. 2018. №19(1). С. 27–39.
 3. Ribeiro M.T., Singh S., Guestrin C. "Why should I trust you?": Explaining the predictions of any classifier. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 2016, Pp. 1135–1144.
 4. Lundberg S.M., Lee S.-I. A unified approach to interpreting model predictions. // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2017. Vol.30. DOI: 10.48550/arXiv.1705.07874
 5. Jiang Z., Huete A.R., Didan K. et al. Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. // *Remote Sensing of Environment*. 2008. Vol. 112(10). Pp.3833–3845.
 6. Petrosyan A.S. Explainable AI in environmental monitoring systems // *Journal of Advanced Research in Geography & Environmental Studies*. 2021. Vol. 5(2). Pp.56–64.

***Trofimov Y.V., Kamanina I.Z., Averkin A.N.,
Kuznetsov E.M., Muravyev I.P.***
**INTEGRATION OF EXPLICABLE ARTIFICIAL
INTELLIGENCE AND SATELLITE DATA
IN THE TERRITORY DISTRIBUTION TASK**

Dubna University, Russia

The paper considers the integration solution of the problem of territory zoning based on the combined use of satellite data of Earth remote sensing and methods of explicable artificial intelligence. An integrated methodology is proposed, taking into account the specificity of multispectral images, as well as the applicability of XAI technologies for the formation of transparent, explainable models, allowing to analyze in detail the contribution of each feature to the classification. The results of open satellite data processing, estimation of model accuracy and factors influencing the formation of neighborhood boundary zones are presented. The effectiveness of the proposed approach for the tasks of territorial zoning in natural science research and applied ecology is shown.

Фозилов А.С.

ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА СНИЖЕНИЕ УРОВНЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В УЗБЕКИСТАНЕ

*Самаркандский государственный университет имени Шарафа
Рашидова. г.Самарканд, Узбекистан.*

azamat-fozilov@mail.ru

В статье рассматриваются проблемы глобального изменения климата, его непосредственное влияние на ресурсы подземных и поверхностных вод, проблемы дефицита воды в Узбекистане, объемы ресурсов подземных вод и их распределение по регионам республики, эффективное использование водных ресурсов, а также рациональное использование водных ресурсов в промышленности, сельском хозяйстве и потреблении населения. Также были освещены причины снижения уровня грунтовых вод, а населению даны необходимые инструкции о том, как защитить источники питьевой воды в условиях глобального изменения климата.

Глобальное изменение климата является одной из самых острых экологических проблем нашего времени, влияющей на экосистемы, погодные условия и водные ресурсы во всем мире. В Узбекистане, засушливой и полузасушливой стране в Центральной Азии, последствия изменения климата особенно выражены. Среди наиболее тревожных проблем — значительное снижение уровня грунтовых вод, что ставит под угрозу устойчивость водных ресурсов, необходимых для сельского хозяйства, промышленности и потребления человеком. В этой статье рассматривается, как глобальное изменение климата влияет на снижение уровня грунтовых вод в Узбекистане, рассматриваются способствующие факторы и потенциальные последствия для будущего страны [1-4].

В настоящее время все большую актуальность приобретает вопрос правильного и рационального использования подземных вод и их охраны населением и сельскохозяйственными потребителями. В результате глобального изменения климата в нашем регионе наблюдаются антропогенные эффекты,

связанные с обезвоживанием водоемов, сокращением водопотребления, чрезмерным использованием подземных водных источников для развития сельского хозяйства. Особое внимание в нашей стране уделяется эффективному использованию воды. Важным правовым документом в этом отношении является Закон Республики Узбекистан «О воде и водопользовании» [5-8].

В настоящее время в республике выявлено 97 месторождений подземных вод, а их общие водные ресурсы составляют 63,9 млн. куб. м/сут (25% от общих водных ресурсов), из них воды с минерализацией до 1 г/л составляют 25,8 млн. м³/сут (40%). Подземные воды по степени минерализации или содержанию растворенных солей делятся на 4 типа: пресные (до 1 г/л), слабоминерализованные (1-10 г/л), среднеминерализованные (10-50 г/л) и сильноминерализованные (более 50 г). Запасы подземных пресных вод распределены по территории республики неравномерно, в основном в Ташкентской области 28%, Самаркандской 14%, Сурхандарьинской и Наманганской 13%, Андижанской 12% и Ферганской 8%, и составляют 67% питьевого водоснабжения республики. Из них подземные воды широко используются в Ферганской (29,1%), Наманганской (13,2%), Кашкадарьинской (10,8%), Самаркандской (11,5%), Ташкентской (10,3%) областях. Подземные воды широко используются в сельскохозяйственных и промышленных целях, в общем объеме 18,6 млн. куб. м/сутки или 6,8 куб. км/год. Действующая система мониторинга подземных вод анализируется на основе уровня минерализации проб воды, отобранных из 1465 контрольных скважин [5, 8-10].

По данным мониторинга загрязнения объектов окружающей среды, основными загрязнителями подземных вод являются промышленные, сельскохозяйственные и коммунальные предприятия. Неудовлетворительное состояние сетей поверхностного водоснабжения и дренажных систем в некоторых регионах нашей республики привело

к интенсивному подъему уровня подземных вод в некоторых городах и других населенных пунктах. В частности, на территории Республики Каракалпакстан имеется 6 месторождений подземных вод. Сегодня из 662 эксплуатируемых скважин на различные нужды забирается 46,41 тыс. м³/сут воды [3,11,12].

В последние годы поверхностный сток Амударьи снизился, а качество поверхностных вод ухудшилось. Минерализация подземных вод особенно распространена в меженный период в линзах (слоях грунтовых вод), приречных Увеличиваясь до 1,3-2,4 г. Орошение сельскохозяйственных угодий обусловило развитие региональных вторичных процессов засоления. Минерализация подземных вод находится в пределах 0,6-60,8 г/л, в основном наблюдается засоление сульфатно-хлоридно-натриевыми солями [11, 13, 14].

В результате снижения уровня воды в каналах в районе Каракалпакского месторождения подземных вод в Шуманайском районе (в наблюдательной скважине № 1/3) отмечено снижение уровня подземных вод до 1,5-3,5 м и увеличение минерализации до 0,7-1,2 г/л. Установлено В 2019-2021 годах в наблюдательной скважине № 2з, расположенной на комплексе «Устюртгазкимё» (участок Акшопак) в районе Устюртского месторождения подземных вод, отмечено снижение уровня подземных вод с 1,8 м до 5,0 м и снижение их минерализации с 2 г/л до 8,0 г/л, отмечен рост. Проводится практическая работа по усилению контроля за истощением и предотвращением загрязнения подземных вод, проведению мероприятий по локальному контролю за состоянием окружающей среды. При обследовании 3886 подземных скважин, используемых субъектами хозяйствования, установлено, что 2299 подземных скважин использовались без соответствующих документов [8; 15].

Из них 2472 (QR 11, Бухарская 1226, Джизакская 237, Кашкадарьинская 44, Навойская 310, Наманганская 3, Сурхандарьинская 438, Сырдарьинская 97, Ферганская 16, Ташкентская область 90) скважины эксплуатируются без

надлежащей документации, 760 скважин не получили геологических заключений, 801 скважина не получили разрешений на бурение скважин на подземные воды, 2237 скважин не имеют технических паспортов, 1578 скважин не получили разрешений на водопользование, а в 112 случаях (в Джизакской области 63, в Навоийской 22, Сырдарьинской 27) было установлено нарушение законодательства при бурении скважин [1 5, 9, 10].

В настоящее время проводятся работы по устранению случаев нарушения законодательства, обеспечению законного оформления скважин. На сегодняшний день из 2472 скважин, эксплуатируемых без выдачи соответствующих документов, 1032 скважины обеспечены выдачей соответствующих документов в соответствии с законодательством. Кроме того, учитывая резкое увеличение потребности в воде, особенно подземных водах, во всех отраслях народного хозяйства, считается целесообразным принятие мер, направленных на выявление дополнительных ресурсов подземных вод и усиление мониторинга подземных вод геологическими и гидрогеологическими подразделениями [11, 13, 14].

Подземные воды являются важнейшим компонентом водоснабжения Узбекистана, особенно в регионах, где наблюдается дефицит поверхностных вод. Они служат основным источником питьевой воды для сельских общин и жизненно важны для орошения, что является основой экономики страны, в которой доминирует сельское хозяйство. Подземные воды также играют важную роль в поддержании экологического баланса, поддерживая водно-болотные угодья, реки и другие экосистемы, зависящие от стабильного уровня воды.

Изменение климата оказывает значительное давление на ресурсы подземных вод Узбекистана посредством различных механизмов:

1. Изменение характера осадков.

Изменение климата нарушает традиционный характер осадков, что приводит к более частым и сильным засухам

в Узбекистане. Сокращение количества осадков означает меньшее естественное пополнение водоносных горизонтов подземных вод, которые пополняются в основном за счет осадков. Из-за меньших возможностей для пополнения уровень подземных вод снижается с угрожающей скоростью.

2. Увеличение испарения.

Повышение температуры из-за глобального потепления увеличивает скорость испарения по всему Узбекистану. Это не только снижает доступность поверхностных вод, но и влияет на пополнение грунтовых вод. Более высокие температуры ускоряют потерю влаги из почвы и водоемов, что приводит к уменьшению количества воды, которая просачивается в землю для пополнения водоносных горизонтов.

3. Таяние ледников и речной сток.

Крупнейшие реки Узбекистана, Амударья и Сырдарья, питаются ледниками в горах Тянь-Шаня и Памира. Поскольку эти ледники тают из-за повышения глобальной температуры, речной сток изначально увеличивается, но по мере уменьшения ледников неизбежно долгосрочное сокращение речного стока. Это сокращение влияет как на поверхностные воды, так и на связанные с ними системы грунтовых вод, что приводит к снижению уровня грунтовых вод.

4. Увеличение спроса на воду.

Сдвиги погодных условий, вызванные изменением климата, такие как более продолжительное и жаркое лето, увеличивают спрос на воду, особенно в сельском хозяйстве. Поскольку ресурсы поверхностных вод становятся более напряженными, растет зависимость от грунтовых вод для орошения. Из-за возросшей добычи запасы грунтовых вод истощаются быстрее, чем они могут пополняться естественным путем.

Снижение уровня грунтовых вод в Узбекистане имеет далеко идущие последствия:

1. Влияние на сельское хозяйство.

Сельское хозяйство, основа экономики Узбекистана,

в значительной степени зависит от орошения. По мере снижения уровня грунтовых вод стоимость перекачки воды увеличивается, что делает орошение более дорогим и менее доступным, особенно для мелких фермеров. Это может привести к снижению урожайности, угрожая продовольственной безопасности и средствам к существованию.

2. Ухудшение качества воды.

Низкий уровень грунтовых вод может привести к проникновению некачественной воды из близлежащих районов, повышению солености и загрязнению водоносных горизонтов. Такое ухудшение качества воды может сделать грунтовые воды непригодными как для сельского хозяйства, так и для потребления человеком, усугубляя проблемы нехватки воды.

3. Экологический ущерб.

Многие экосистемы Узбекистана, включая водно-болотные угодья и реки, зависят от стабильного уровня грунтовых вод. По мере снижения этих уровней экосистемы нарушаются, что приводит к потере биоразнообразия, деградации среды обитания и повышению уязвимости окружающей среды к дальнейшим стрессам, связанным с климатом.

4. Социально-экономические последствия.

Снижение уровня грунтовых вод имеет серьезные социально-экономические последствия. Сельские общины, которые зависят от грунтовых вод для питья и орошения, сталкиваются с растущими трудностями, поскольку вода становится все более дефицитной и дорогой. Это может привести к миграции, росту бедности и социальным беспорядкам.

Для решения проблемы снижения уровня грунтовых вод из-за изменения климата требуется многогранный подход:

1. Устойчивое управление водными ресурсами.

Внедрение устойчивых методов управления водными ресурсами имеет решающее значение. Это включает регулирование забора грунтовых вод, содействие использованию водосберегающих технологий в сельском хозяйстве и поощрение сбора дождевой воды и методов искусственного

пополнения для пополнения водоносных горизонтов.

2. Стратегии адаптации к изменению климата.

Узбекистану необходимо разработать и внедрить стратегии адаптации к изменению климата, которые учитывают долгосрочное воздействие изменения климата на водные ресурсы. Это включает интеграцию устойчивости к изменению климата в национальную водную политику и инвестирование в исследования для лучшего понимания динамики систем грунтовых вод в изменяющихся климатических условиях.

3. Региональное сотрудничество.

Учитывая трансграничный характер водных ресурсов в Центральной Азии, региональное сотрудничество имеет важное значение. Узбекистан должен работать с соседними странами для разработки совместных стратегий управления общими водными ресурсами и решения проблемы воздействия изменения климата на уровень грунтовых вод.

4. Общественная осведомленность и образование.

Повышение осведомленности о важности сохранения грунтовых вод и влиянии изменения климата имеет решающее значение. Образовательные программы и общественные кампании могут побудить сообщества принять водосберегающие практики и поддержать инициативы по устойчивому управлению водными ресурсами.

Влияние глобального изменения климата на снижение уровня грунтовых вод в Узбекистане вызывает серьезную и растущую обеспокоенность. Страна должна предпринять активные шаги для смягчения последствий изменения климата для своих водных ресурсов, гарантируя, что грунтовые воды останутся жизнеспособным и устойчивым ресурсом для будущих поколений. Благодаря устойчивым методам управления, региональному сотрудничеству и стратегиям адаптации к изменению климата Узбекистан может решить проблемы, вызванные снижением уровня грунтовых вод, и защитить свои водные ресурсы в условиях все более неопределенного климата.

Литература

1. *Иванов И.И., Петров П.П.* «Экологический мониторинг промышленных территорий». М.: Наука, 2018.
2. Отчёт Республиканской экологической службы (2020). «Состояние водных ресурсов бассейна Ахангаран».
3. *Садыков Б.Ч.* Проблемы экологической безопасности в бассейнах рек Центральной Азии. Водные ресурсы. (2021).
4. *Fozilov A., Ganiyev Z., Mamajanov R., Jurakulova D., & Abdurayimova O.* The effect of the Almalik-Akhangaran industrial zone on changes in the groundwater level of the Ahangaran river basin. // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 494. P. 01014
5. *Рахимов А.И.* Экологические последствия загрязнения водоемов: опыт Узбекистана. Научный вестник. (2022).
6. *Сидоров А.А.* ГИС-технологии в оценке состояния окружающей среды. – СПб.: Питер, 2019.
7. *Fozilov A., & Kholikulov S.* The dynamics of the Akhangaran basin's groundwater level in relation to physical-geographical and anthropogenic factors. // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 431. P.04016
8. *Kholikulov S., Bobobekov I., Abdurakhimov M., Abdumalikov J., Yakubov T.* The Effect of Fertilizers on the Extraction of Heavy Metals and Arsenic in Soil by Plant Biomass // Ecological Engineering and Environmental Technology. 2024. Vol. 25(1). Pp. 227–237
9. *Козлов, И.А.* Оценка воздействия антропогенных нагрузок на экосистемы рек Узбекистана. // Экология и природопользование. (2020).
10. *Jurakulov Khayrulla, Fozilov Azamat, Jurakulova Dilbar, Khojiyev Erkin, and Sattarov Javxar.* Global climate change and its negative consequences //E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 542. P. 04007
11. *Kholikulov S., Bobobekov I., Yakubov T., Botirova B.* Influence of gas industry waste on the ecological condition of soils. // E3S Web of Conferences. 2023. Vol.462. Pp.03045
12. *Kholikulov S., Yakubov T., Bobobekov I.* The Effect of Gas Industry Waste on Heavy Metals in Soil. // Journal of Ecological Engineering. 2021. Vol.22(9). Pp.255–262

13. *Khulkar Khalbekova, Shohista Toshmuhamedova, Tanzila Majidova, Muxtasam Boratova, and Azamat Fozilov.* Biochemical processes of Suaeda arcuate under in vitro conditions. //E3S Web of Conferences. 2024. Vol.539. P. 02007. RSE-III-2024
14. *Nazarov, K., Mamajonov, R., Davronov, K., Ganiyev, Z., & Valiyeva, S.* Creation of pasture agrophytocenoses based on drought-resistant forage plants. // E3S Web of Conferences. 2024. Vol. 541. P.03004
15. *Kholikulov, S.T., Razikova, Z.* Water regime of the soil when mulching cotton crops. // Journal of Critical Reviews. 2020. Vol.7(9). Pp. 1014-1018

Fozilov A.S.

**IMPLICATION OF GLOBAL CLIMATE CHANGE
ON LOWERING UNDERGROUND WATER LEVELS
IN UZBEKISTAN**

Sharaf Rashidov Samarkand State University. Samarkand, Uzbekistan.

The article examines the problems of global climate change, its direct impact on groundwater and surface water resources, water shortage problems in Uzbekistan, the volume of groundwater resources and their distribution across the regions of the republic, efficient use of water resources, as well as rational use of water resources in industry, agriculture and consumption of the population. The reasons for the decline in groundwater levels were also highlighted, and the population was given the necessary instructions on how to protect drinking water sources in the context of global climate change.

Чулкова А.И., Яблонская Д.А.
БИОДОСТУПНОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЕПЛАХ
ВУЛКАНА ШИВЕЛУЧ

*Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова, Россия*

Achulckova@yandex.ru

Изучен пепел вулкана Шивелуч (извержения 1964–2024 гг.). Фитодоступность элементов не превышает 10%. Наибольшая биодоступность элементов наблюдается в желудочном отделе, резко снижается в нейтральном отделе кишечника, что минимизирует потенциальные риски интоксикации. Выявлена зависимость биодоступности элементов от продолжительности взаимодействия пепла с окружающей средой.

Извержения вулканов сопровождаются масштабными пепловыми выбросами, химический состав которых включает биогенные (Mg, Ca и т.д.), эссенциальные (Cu, Zn и т.д.) и токсичные (As, Pb и т.д.) элементы [1], чье влияние на биологические объекты зависит от форм нахождения и биодоступности. Анализ этих параметров позволяет определить потенциал их поглощения растениями и почвенными микроорганизмами, а также риск пероральной интоксикации. Один из крупнейших современных андезитовых вулканов Камчатки – Шивелуч, демонстрирует полиморфную активность: от катастрофических эксплозивных событий до слабых эмиссий (до 80 эпизодов/год [2]), сопровождающихся формированием устойчивых газовой-пепловых облаков, насыщенных мелко-дисперсными пепловыми частицами. Низкий гранулометрический показатель частиц (<20 мкм) обуславливает их высокую адгезивную способность к поверхностям, включая эпидермис, что особенно значимо для детей вследствие поведенческих особенностей [3]. Благодаря субмиллиметровым размерам, частицы остаются визуально неидентифицируемыми при пассивной седиментации на поверхность воды и пищи. Это усиливает риски перорального поступления частиц в ЖКТ, делая данную фракцию ключевым объектом при

оценке потенциальных экологических рисков.

Исследование биодоступности химических элементов проведено на материале пеплов вулкана Шивелуч за период с 1964 по 2024 гг. В образцах пеплов определено валовое содержание металлов. Потенциал фитодоступности элементов для растений и почвенных микроорганизмов определяется долей водорастворимых и подвижных форм (водные вытяжки и экстрагирование ацетатно-аммонийным буферным раствором, РД 52.18.289-90). Биодоступность элементов при пероральном поступлении частиц пепла оценивалась с помощью метода РВЕТ [4], представляющего двухступенчатую последовательную экстракцию в условиях имитации желудочной ($\text{pH} < 2$) и кишечной ($\text{pH} 7$) сред ЖКТ человека.

Биодоступность элементов определялась как отношение концентрации металла в растворе экстрагента (в пересчете на твердое вещество) к валовому содержанию в пепле и выражалась в %. Результаты приведены на рис.1

Валовые содержания элементов в пеплах различных годов извержений соответствуют средним значениям для вулкани-тов аналогичного состава [5]. Для оценки биодоступности отобраны элементы с аномальными концентрациями ($\geq 1,5$ от среднего): Ca, Mg, Sr, Ni, Co, Zn, Cu, а также Pb – токсикант, несмотря на его пониженное содержание в пеплах.

Доля водорастворимых форм большинства элементов не превышает 10%, что согласуется с литературными данными [6]. Однако Ni (11%) и Co (15%) проявляют аномально высокую растворимость в пеплах извержений 1987 и 1993 гг. Максимальная подвижность за весь период наблюдений характерна для Ca, Cu и Zn.

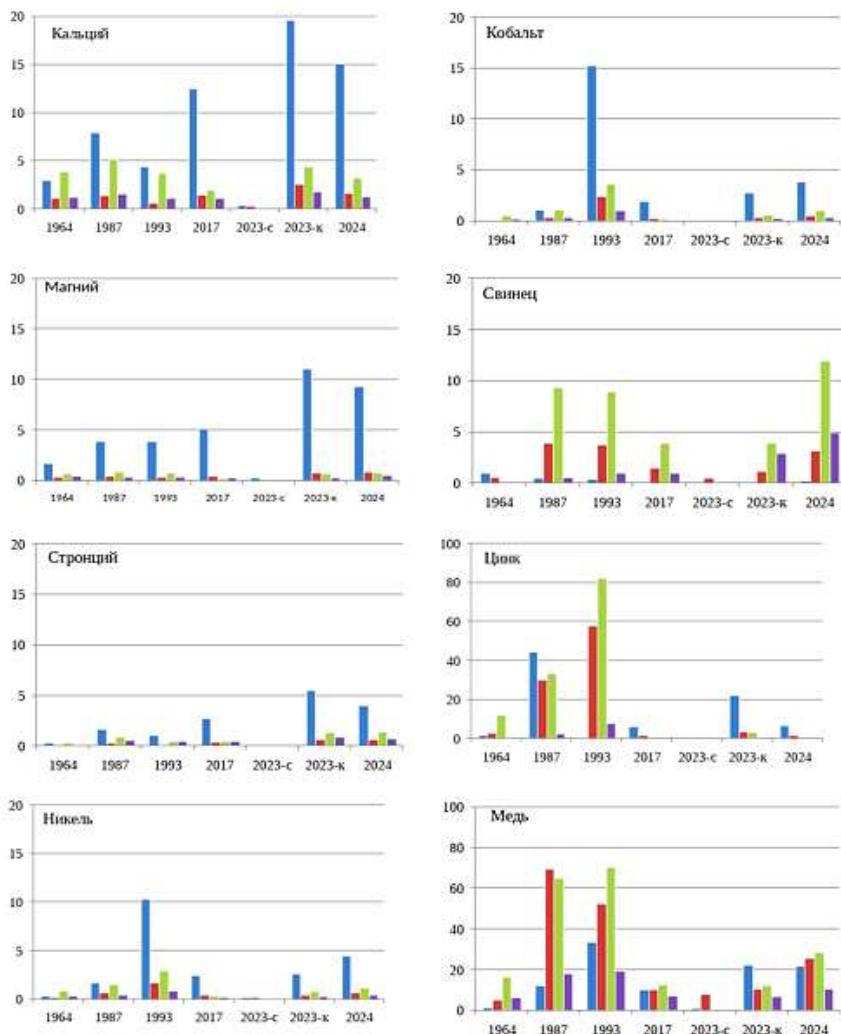


Рис. 1. Биодоступность элементов в составе пеплов. Синим цветом обозначена водорастворимая форма, красным – биодоступная для растений, зеленым - доступная в условиях желудочного отдела (pH 1,5 - 2), фиолетовым – в условиях кишечного отдела (pH 7-7,5)

Согласно литературным данным [5], доля подвижных форм элементов в пеплах значительно уступает их водораство-

римым фракциям. Установлено, что: Ca, Mg и Sr обладают низкой биодоступностью (<1,5% от вала); Ni и Co в пеплах 1993 г. отличались повышенной миграционной активностью (до 3%); до 4% свинца доступно для растений при взаимодействии пеплов с органическими растворами почв; наибольшая подвижность (более 15% от вала) наблюдалась для Zn (до 58%) и Cu (до 70%) особенно в образцах пеплов 1987 и 1993 гг. извержений.

Исследования выявили существенные различия в подвижности элементов в различных отделах пищеварительного тракта. Наименьшая биодоступность характерна для Mg и Sr, содержание которых остается минимальным как в желудочной, так и в кишечной среде. Аналогичные низкие показатели демонстрируют Ni и Co, хотя для пеплов 1993 года зафиксирован локальный максимум их подвижности. Кальций проявляет умеренную биодоступность (до 5%) в кислой желудочной среде, однако в кишечнике этот показатель снижается до 1–2%. Наибольшей способностью к переходу в биодоступные формы обладают Cu, Zn и Pb, что особенно выражено в условиях желудочного отдела, однако в нейтральной среде кишечного отдела биодоступность всех элементов значительно снижается. Это минимизирует риски интоксикации организма при нахождении пеплового материала в ЖКТ, так как основной процесс всасывания вещества происходит именно в кишечнике.

Отмечается временная динамика биодоступности элементов в вулканических пеплах, напрямую связанная с продолжительностью их нахождения в окружающей среде. Наибольшие показатели биодоступности элементов характерны для свежевыпавших пеплов, отобранных непосредственно после извержения, тогда как пробы, взятые через 30 лет после выпадения (как в случае пеплов 1964 года), демонстрируют минимальные значения.

Литература

1. Полянская И.С. Новая классификация биоэлементов в биоэлементологии. // Молочнохозяйственный вестник. 2014. №1(13). С. 34-42.
2. Толстых М.Л., Мусаэлян Р.Э., Бабанский А.Д. Особенности фазового состава тонкого пепла вулкана Шивелуч // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2023. Вып. 20 С. 669-677.
3. Li Y, Padoan E, Ajmone-Marsan F. Soil particle size fraction and potentially toxic elements bioaccessibility: A review. // Ecotoxicol Environ Saf. 2021. №209. P.111806.
4. Ruby M.V.; Davis A.; Link T.E.; Schoof R.; Chaney R.L.; Freeman G.B.; Bergstrom P. Development of an in vitro screening test to evaluate the in vivo bioaccessibility of ingested mine-waste lead. // Environ. Sci. Technol. 1993. № 27. Pp. 2870-2877
5. Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. Вулканизм и геохимия почвенно-растительного покрова Камчатки. Сообщение 1. Геохимические особенности вулканических приповерхностных пеплов. // Вулканология и сейсмология. 2019а. № 2. С. 34-44.
6. Малик Н.А. Пеплы извержений вулканов Камчатки (2006 - 2013 гг.): состав, масса и водорастворимый комплекс: дис. ... канд. геол.-мин. наук: 25.00.04. ФГБУН ИВиС ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, 2019 - 160 с.

Chulkova A., Yablonskaya D.

BIOACCESSIBILITY OF ELEMENTS IN SHIVELUCH VOLCANO ASH

Lomonosov Moscow State University

The ash of the Shiveluch volcano (eruptions during 1964–2024) is studied. The fitoavailability of elements does not exceed 10%. The highest bioaccessibility of elements is in the gastric, and sharply decreases in the neutral intestinal section that is minimizing potential intoxication risks. A dependency of element bioaccessibility on the duration of ash interaction with the environment has been identified.

Шанина В.В.
**РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ МАССИВОВ
МАГМАТИЧЕСКИХ СКАЛЬНЫХ ГРУНТОВ КРЫМА**

*Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова*
viosha@mail.ru

Анализируются основные региональные особенности и структура эколого-геологических систем (ЭГС) массивов магматических скальных грунтов Крыма как объектов эколого-геологических и геоэкологических исследований. Показано, что данные ЭГС состоят из абиотической, биокосной (эдафотоп) и биотической (микробо-, фито- и зооценоз) компонент.

Общая классификация эколого-геологических систем (ЭГС), включая ЭГС массивов скальных грунтов, разработана и впервые опубликована в 2022 году. ЭГС – открытая динамичная система, включающая два подсистемных блока (абиотический и биотический). Цель исследования – характеристика региональных особенностей ЭГС массивов магматических скальных грунтов Крыма, составленная на основе собственных полевых исследований автора (12 полевых сезонов) и опубликованных данных.

Рассмотрим основные особенности эколого-геологических систем массивов магматических скальных грунтов Крыма. Начнем с характеристики абиотических компонентов массивов магматических скальных грунтов. Большинство исследователей считают возраст магматических пород Крыма среднеюрским (байосским). Присутствуют, как эффузивные разности пород (например, массив грунтов подушечных лав района села Петропавловское (рис. 1а)), так и интрузивные (самый крупный выход на поверхность интрузивных горных пород в Крыму – гора Аю-Даг (рис. 1б)). *Литотоп* эколого-геологической системы грунтов эффузивного генезиса сложен подушечными лавами основного состава, главным образом андезибазальтами. Интрузивное тело г. Аю-Даг, верхняя часть

которого *литотоп* соответствующей ЭГС, слагают габбро-диориты, кварцевые диориты, лейкограниты и аплиты [1].



а)

б)

Рис. 1. ЭГС массива грунтов: а) подушечных лав района села Петропавловское; б) интрузивного генезиса горы Аю-Даг

Особенности эдафотона. В эколого-геологические системы массивов магматических скальных грунтов Крыма в районах побережья входит почва бурая горно-лесная. На лесных участках, на высотах 221-239 м над уровнем моря, почва коричневая выщелоченная каменистая, мощность гумусовых горизонтов 20-35 см. Содержание гумуса и активность каталазы различаются на участках, расположенных в нескольких сотнях метрах друг от друга. Причины этого в особенностях горного рельефа с разнообразием мезосклонов разной экспозиции, что перераспределяет температуру и влагу, а также различиях в скелетности, количестве растительных остатков и степени рекреационного повреждения [2]. На территории предгорно-лесостепного агропочвенного района, куда входит массив грунтов подушечных лав района села Петропавловское, преобладают черноземы южные, темно-каштановые, лугово-каштановые, лугово-черноземные почвы. Показатель почвенного плодородия 63,4 балла, содержание гумуса 3,13% [3]. По механическому составу черноземные почвы довольно разнообразные. Среди них

встречаются среднесуглинистые, легкоглинистые.

Особенности фитоценоза. Эколого-геологическая система массива интрузивных грунтов горы Аю-Даг обладает высотно-экологическими закономерностями растительного покрова: большая часть склонов до 400-450 м над уровнем моря покрыта пушистодубовыми лесами (*Querceta pubescentis*), выше произрастают скальnodубовые (*Querceta petraeae*). Леса и редколесья чередуются с зарослями невысоких кустарников и кустарничков, покрывающих выходы скал, или сообществами из однолетних видов, разрастающихся на осыпях. Широкой эколого-ценотической амплитудой характеризуются виды: *Dactylis glomerata*, *Galium mollugo*, *Steptorhamphus tuberosus*, *Lathyrus laxiflorus*, *Lapsana communis*, *Viola alba*, *Carex hallerana* [4].

На открытых участках массивов магматических скальных грунтов произрастают растения обнажений и осыпей (петрофиты и ксеропетрофиты): чабрецы, чабер крымский, дубровники, лен шерстистый, вьюнок крымский и кантабрийский, приноготовник головчатый. Меньше всего освоены щебнистые экотопы в пределах характеризуемой территории, они в центральной части полуострова Крым заняты фрагментами петрофитностепных или фриганоидных группировок. В любом случае в этих сообществах преобладающее значение имеют кальцефильные полукустарнички: *Teucrium polium*, *T. chamaedrys*, *Thymus callieri*, *Th. dzevanovskyi*, *Helianthemum stevenii*, *H. grandiflorum*, *Fumana procumbens* [5].

Жизнеспособными в условиях эколого-геологических систем массивов магматических скальных грунтов Крыма оказались такие кустарника, как шиповник собачий (*Rosa canina*), боярышники двукосточковый (*G. dipyrrena*) и однокосточковый (*Grataegus monogyna*), держидерево (*Paliurus spina-christi*) [4]. Геоботаническая характеристика включает: злаковые и петрофитные сообщества (*Festuca rupicola*, *Elytrigia nodosa*, *Agropyron pectinatum* и др.), томилляры (*Thymus callieri*, *Helianthemum stevenii* и др.) на

черноземных почвах [6].

Особенности зооценоза. На территории эколого-геологической системы массива интрузивных грунтов горы Аю-Даг встречаются лисы, барсуки, каменные куницы, ежи, зайцы-русаки, белки, мелкие грызуны, летучие мыши и другие виды млекопитающих. На утесах гнездятся чайки, реже – бакланы, в лесу – горлицы, совы, дятлы, синицы, воробьи, сойки, дрозды и прочие виды птиц. Из пресмыкающихся здесь водятся ужи, полозы, ящерицы, в том числе и безногая – желтопузик. В центральной части полуострова (район села Петропавловское) из млекопитающих чаще всего можно видеть лисиц и зайцев-русаков, изредка встречаются кабаны, косули, благородные олени. Из птиц чаще всего отмечаются куропатки серые.

Во второй половине XX в. – начале XXI в. произошло обогащение гнездовой орнитофауны Крыма, как следствие естественного расширения ареалов и целенаправленной акклиматизации. Сейчас в районах описываемых эколого-геологических систем массивов магматических скальных грунтов встречаются рыжепоясничная ласточка (*Hirundo daurica*) и вяхирь *Columba palumbus* Linnaeus, который являлся стенотопным силвантом [5].

Эколого-геологические системы, сформировавшиеся на массивах магматических скальных грунтов Крыма, представляют собой сложное образование. Важнейшие особенности ЭГС в основном обусловлены их литогенной основой – скальными грунтами (андезибазальтами диоритами), обладающими специфическими свойствами. Состав и свойства литотопа во многом определяют свойства эдафотопа и видовой состав фитоценозов и оказывают меньшее влияние на зооценоз.

Исследование выполнено в рамках государственного задания МГУ имени М.В. Ломоносова.

Литература

1. Юдин В.В., Юдин С.В. Структурное положение массива Аю-Даг в Крыму / Труды Крымской Академии наук. Симферополь: АРИАЛ, 2015. С. 31-40.
2. Казеев К.Ш., Антонова О.Д., Колесников С.И., Вернигорова Н.А., Костенко И.В. Ферментативная активность некоторых почв Крыма // Политематический сетевой электронный журнал кубанского государственного аграрного университета. 2014. №104 (10). С. 1137-1148.
3. Доклад о состоянии и охране окружающей среды на территории Респ. Крым в 2019 г. Ижевск: Принт, 2020. 360 с.
4. Геологические памятники Украины / М-во геологии УССР; [Н. Е. Коротенко и др.]. - 2-е изд., стер. - Киев: Наук. думка, 1987 - 154с.
5. Гаркуша Л.Я., Багрова Л.А. Состав, структура и современное экологическое состояние "дубков" лесостепного пояса Предгорного Крыма // Экосистемы, их оптимизация и охрана. 2012. Вып. 6. С. 62-75.
6. Дидух Я.П. Геоботаническое районирование Горного Крыма (на основе карты растительности) // Геоботаническое картографирование. 1986. с. 22-31.

Shanina Violetta

REGIONAL FEATURES OF ECOLOGICAL-GEOLOGICAL SYSTEMS OF MAGMATIC ROCK MASSIFS OF CRIMEA

Lomonosov Moscow State University, Russia

The main regional features and structure of ecological-geological systems (EGS) of magmatic rock massifs of Crimea as objects of ecological-geological and geoecological studies are analyzed. It is shown that these EGS consist of abiotic, bio-inert (edaphotope) and biotic (micro-, phyto- and zoocenosis) components.

Швецова М.С.¹, Каманина И.З.^{1,2}, Зиньковская И.^{1,3}

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
И СЛЕДОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАЗЛИЧНЫХ
КОМПОНЕНТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
НА ТЕРРИТОРИИ ПАРКОВ МОСКВЫ**

¹ *Объединённый институт ядерных исследований, Россия*

² *Государственный университет «Дубна», Россия*

³ *Национальный институт исследований и разработок в области
физики и ядерной инженерии им. Хория Хулубей, Румыния*

mks@nf.jinr.ru

В настоящей работе были проанализированы атмосферные выпадения, растительность и почвенные образцы, отобранные на территории парков Москвы федерального и регионального значения. Элементный состав в образцах определяли методами нейтронного активационного анализа и атомной абсорбционной спектрометрии. Наибольшие значения коэффициента концентрации были получены для V, W, Sb, Cd, As, Pb, Mn (элементы 1, 2 3 классов опасности), а также для Sc, Ta, Th, Br, La, Al.

Парки в городской среде играют важную рекреационную роль, поэтому контроль за состоянием таких территорий имеет большое значение для поддержания здоровья населения [1]. Объектами исследования были выбраны парки Москвы (Национальный парк Лосиный остров, парк-усадьба Останкино, парк культуры и отдыха Сокольники, природно-исторический парк Кузьминки-Люблино, парк культуры и отдыха Измайлово, музей-заповедник Царицыно и мемориальный комплекс Парк Победы). Атмосферные выпадения были проанализированы с применением техники «мох в мешках» [2,3], отобраны образцы листьев и смешанные почвенные образцы с глубины 0-10см. Все образцы были отобраны на территории исследуемых парков на площадках с разной степенью антропогенного влияния. Элементный состав в образцах определяли методами нейтронного активационного анализа и атомной абсорбционной спектрометрии в Лаборатории

нейтронной физики им. И.М. Франка, Дубна, Россия.

Для всех исследуемых компонентов был рассчитан коэффициент концентрации (K_c). В качестве эталона для атмосферных выпадений использовали чистый образец мха, который не подвергался экспонированию, для растительности использовали значения в «условном растении» [4], для почв использовали кларковые и фоновые значения, представленные в работах [5,6].

$$K_c = K_{i(\text{проба})} / K_{i(\text{эталон})} \quad (1)$$

Уровни загрязнения для листьев и мха оценивался согласно градации, предложенной в работе [7]: отсутствие загрязнения ($K_c < 1$); минимальный (возможное загрязнение) $1 \leq K_c < 2$; низкий (слабый) $2 \leq K_c < 3,5$; средний (умеренный) $3,5 \leq K_c < 8$; высокий (сильный) $8 \leq K_c < 27$; очень высокий (чрезвычайно сильный) $K_c \geq 27$.

Для почв уровни загрязнения оценивали согласно классификации по шкале [8]: ($K_c < 1$ – низкое загрязнение; $1 \leq K_c < 3$ – умеренное; $3 \leq K_c < 6$ – значительное; $K_c \geq 6$ – очень высокое).

В образцах мха среди элементов, которые относятся к 1, 2 и 3 классу опасности был получен высокий уровень загрязнения для V и W и очень высокий уровень загрязнения Sb (рис.1).

На диаграммах далее принята следующая нумерация точек:

1-3 – Лосиный остров;

4-6 – Сокольники;

7-9 – Кузьминки-Люблино;

10-12 – Измайлово;

13-15 – Парк Победы;

16-18 – Царицыно;

19-21 – Останкино.

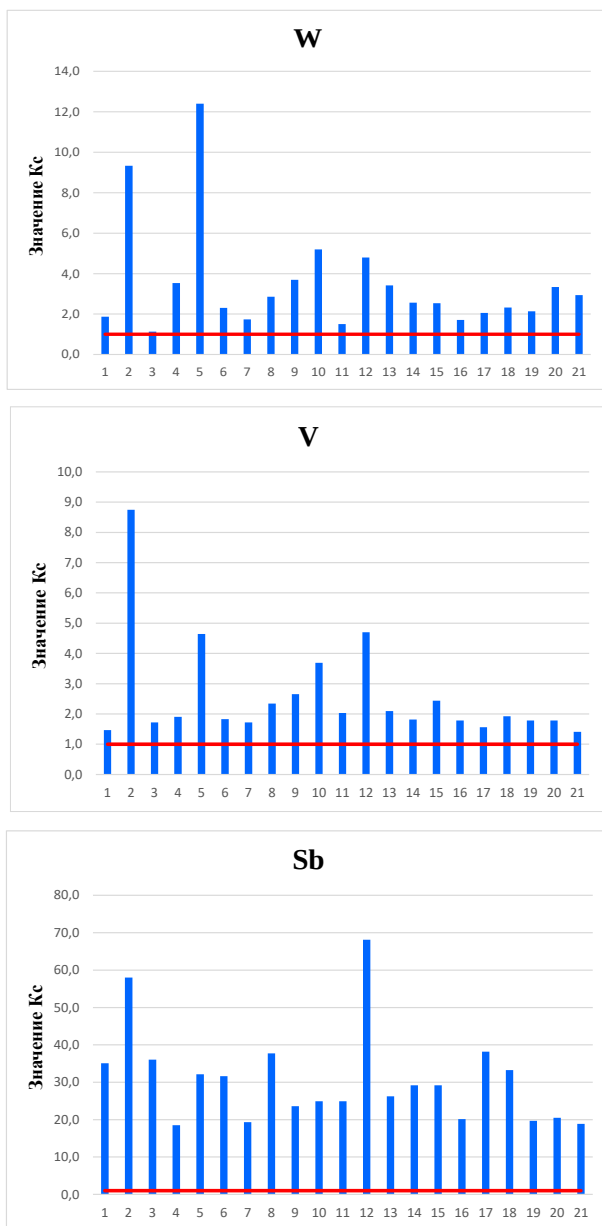


Рис.1. Значения коэффициентов концентрации вольфрама, ванадия и сурьмы в образцах мха на территории парков.

Высокий уровень загрязнения вольфрамом выявлен в парках Лосиный остров (т.№2) и Измайлово (Т. №5). Высокий уровень загрязнения ванадием выявлен в парке Лосиный остров (т.№2). На трех обследованных участках выявлен средний уровень загрязнения: Измайлово (т.№10, №12), Царицыно. (т.№5). По уровню загрязнения сурьмой обследованные территории соответствуют высокому и очень высокому уровню загрязнения.

Среди остальных элементов высокий уровень загрязнения был получен для Sc (в парке Лосиный остров) и Ta (в парке Измайлово) (рис.2).

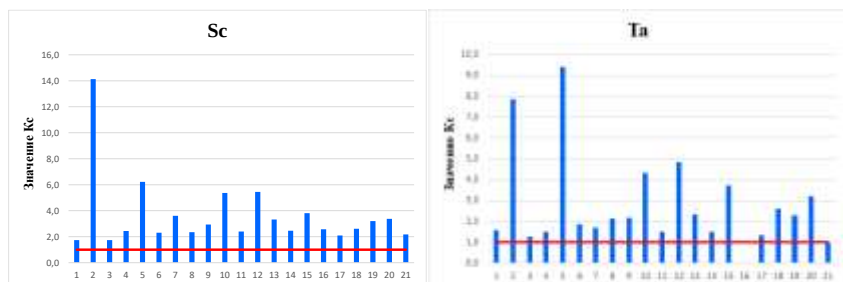


Рис.2. Значения коэффициентов концентрации скандия и тантала в образцах мха на территории парков.

В образцах листьев среди элементов, которые относятся к 1, 2 и 3 классу опасности был получен высокий уровень загрязнения для As, Pb, Cd и Mn и очень высокий для Sb (рис.3). Высокий уровень загрязнения мышьяком выявлен в Останкино, Измайлово, парке Лосиный остров. Высокий уровень загрязнения свинцом получен в Останкино, Измайлово, Парке Победы. В парке Лосиный остров выявлен очень высокий уровень загрязнения сурьмой. На территории парка Лосиный остров, парка Кузьминки-Люблино, парка Сокольники выявлено сильное загрязнение кадмием. К высокому уровню загрязнения марганцем относится Останкино, парка Лосиный остров и Измайлово.

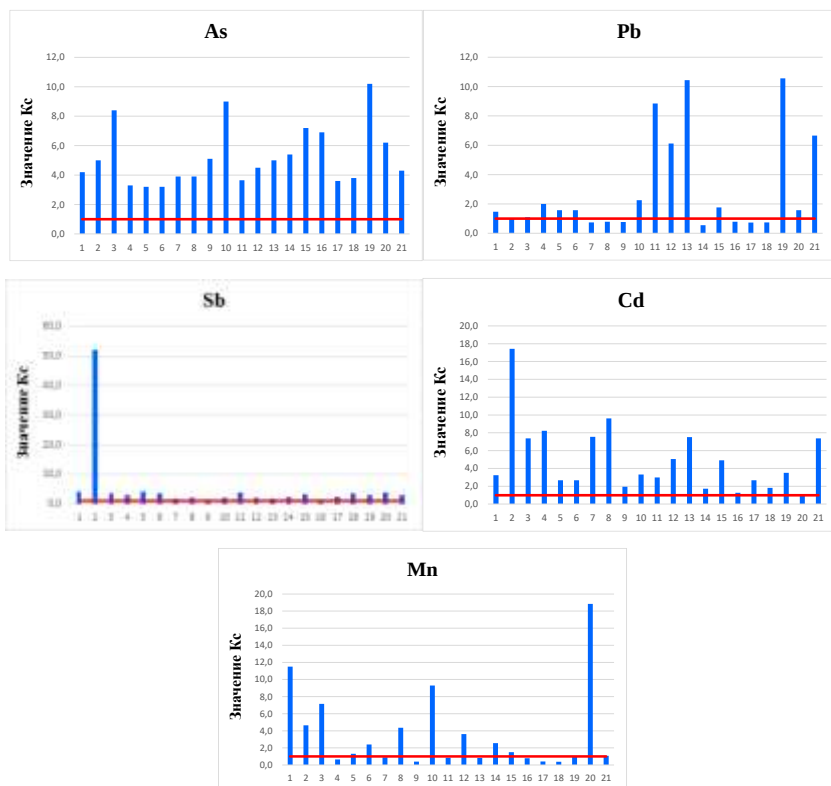


Рис.3 Значения коэффициентов концентрации мышьяка, свинца, сурьмы, кадмия, марганца в образцах листьев на территории парков.

Среди остальных элементов высокий уровень загрязнения получен для Ta, La, Th и Al (рис.4). Очень высокий уровень загрязнения танталом выявлен в Измайлово, высокий уровень загрязнения танталом выявлен во всех трех точках парка Останкино, в парках Лосиный остров, Сокольники, Измайлово и Царицыно. Высокой уровень загрязнения алюминием отмечается в трех точках парка Останкино, в двух точках парка Лосиный остров, в двух точках парка Сокольники и в парке Измайлово. В Парке Победы выявлен высокий уровень загрязнения лантаном. Высокий уровень загрязнения торием выявлен на

всех трех участках парков Сокольники, Останкино, Лосиный остров и Царицыно, а также в парках Измайлово, Кузьминки-Люблино и Парка Победы.

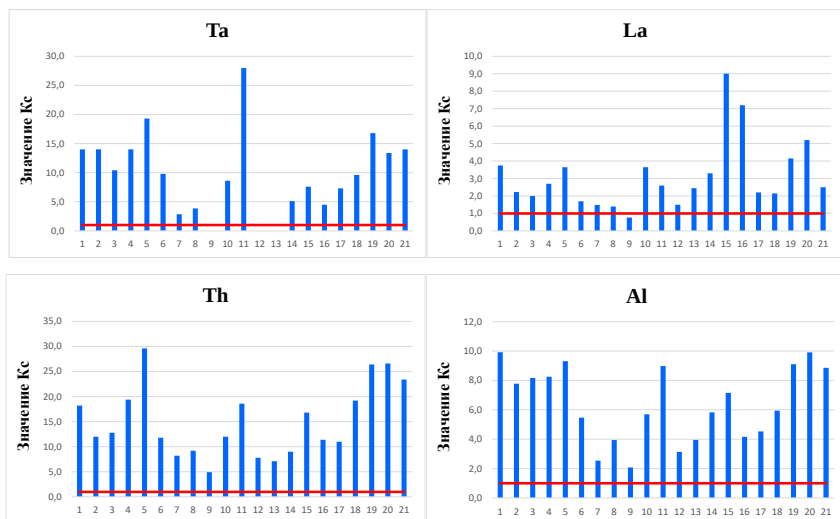


Рис.4. Значения Кс тантала, лантана, алюминия, тория в образцах листьев на территории парков

В образцах почвы среди элементов, которые относятся к 1, 2 и 3 классу опасности было получено сильное и очень сильное загрязнение Cd, Sb и W (рис. 6). Значительное загрязнение кадмием выявлено в парке Сокольники, умеренное загрязнение получено в парке Измайлово. Очень высокое загрязнение сурьмой получено в Сокольниках, Измайлово, в Парке Победы. Очень высокое загрязнение вольфрамом выявлено в парках Измайлово и Сокольники.

Среди остальных элементов высокий уровень загрязнения получен для Вг и Th (рис.6). Очень высокое загрязнение бромом выявлено в Царицыно. Значительное загрязнение торием выявлено на всех участках Парка Победы, Останкино, Измайлово, а также в парках Лосиный остров, Сокольники и Царицыно.

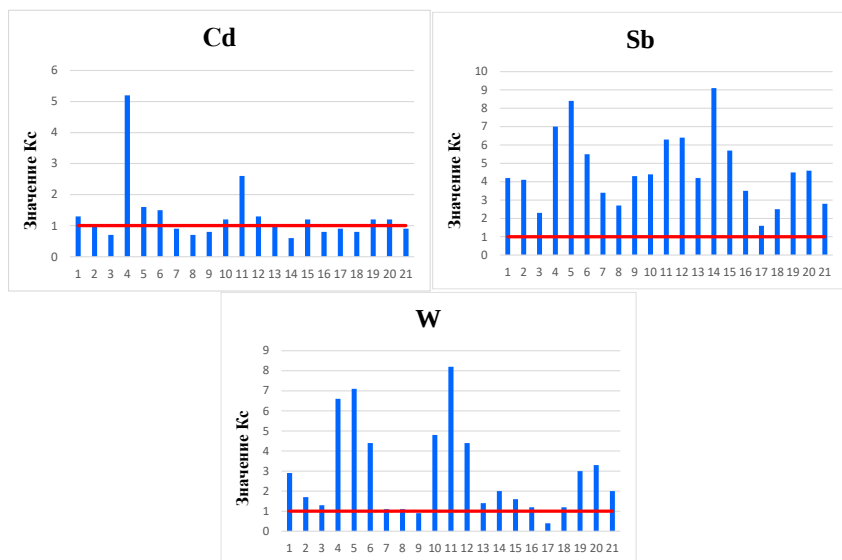


Рис.5 Значения Кс кадмия, сурьмы, вольфрама в образцах почвы на территории парков

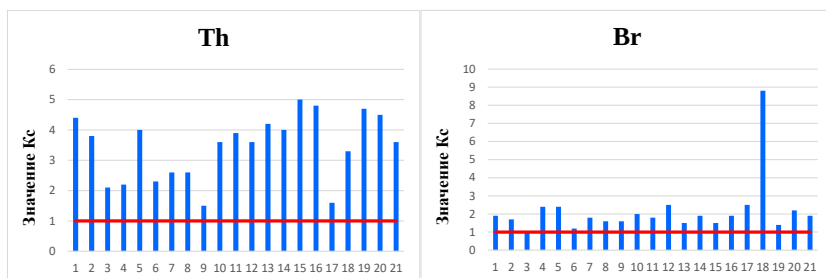


Рис.6 Значения Кс тория и брома в образцах почвы на территории парков

Источником Sb, Br, V, Pb, As, W, Mn и Cd может быть транспортная и промышленная деятельность. Скандий, La, Al и Th могут образовываться в результате повторного поступления в воздух почвы и дорожной пыли. Источником V являются отработанные газы бензиновых двигателей и выбросы тепловых электростанций, мышьяк образуется в процессе сгорания ископаемого топлива [9].

Таким образом, результате исследования было определено содержание 41 элемента (Na, Mg, Al, Cl, Si, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Zn, As, Br, Rb, Sr, Mo, Sb, Cs, Ba, La, Sm, Tb, Hf, Ta, W, Au, Th, Ce, Nd, Eu, Tm, Yb, U, Cu, Pb и Cd) среди которых элементы относящиеся к 1, 2 и 3 классу опасности, а также следовые элементы, технофильность которых в последние десятилетия значительно возросла, что связано с их использованием в новых технологиях и материалах, при производстве электроники и др.

Литература

1. Швецова М.С., Каманина И.З., Зиньковская И.И., Мададзада А.И., Нехорошков П.С. Изучение элементного состава древесных и кустарниковых растений на территории рекреационных зон Москвы // Экология урбанизированных территорий. 2021. № 3. Рр.39-50,
2. Aničić M., Tasić M., Frontasyeva M.V., Tomašević M., Rajšić S., Strelkova L.P, et al. Active biomonitoring with wet and dry moss: a case study in an urban area. // Environ Chem Lett. 2009. №7. P.55–60.
3. Rivera M., Zechmeister H., Medina-Ramón M., Basagaña X., Foraster M., Bouso L., Moreno T., Solanas P., Ramos R., Köllensperger G., Deltell A., Vizcaya D., Künzli N. Monitoring of heavy metal concentrations in home outdoor air using moss bags. //Environmental Pollution. 2011. Vol.159. P.954–962.
4. Markert B. Establishing of “Reference plant” for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprinting // Water, soil and air pollution. 1992. Vol. 64. P. 533–538
5. Постановление Правительства Москвы от 22 июля 2008 г. № 589-ПП "Об утверждении Методики оценки размера вреда, причиненного окружающей среде в результате загрязнения, захламления, нарушения (в том числе запечатывания) и иного ухудшения качества городских почв"
6. Судницын И.И. Крупенина И.И., Фронтасьева М.В. и др. Химический состав почв г. Москва и г. Дубна //Агрохимия. 2009. №7. С. 66–70
7. Fernández J.A., Carballeira A. Evaluation of Contamination, by

Different Elements, in Terrestrial Mosses. // Arch Environ Contam Toxicol. 2000. №40. P.461–466.

8. Nikolaidis, C., Zafiriadis, I., Mathioudakis, V., & Constantinidis, T. Heavy Metal Pollution Associated with an Abandoned Lead–Zinc Mine in the Kirki Region. // NE Greece. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2010. №85(3). Pp. 307–312.

9. Zinicovscaia I., Aničić Urošević M., Vergel K., Vieru E., Frontasyeva M., Povar I., Duca G. Active moss biomonitoring of trace elements air pollution in Chisinau, Republic of Moldova. // Ecological Chemistry and Engineering S. 2018. Vol.25 (3). P.361–372.

Shvetsova M.S.^{1*}, Kamanina I.Z.^{1,2}, Zinicovscaia I.^{1,3}

**THE ECOLOGICO-GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF
RECREATIONAL ZONES OF MOSCOW BASED ON THE
TOTAL POLLUTION INDICATOR (TPI)**

¹Joint Institute for Nuclear Research, Russia

²State University “Dubna”, Russia

³Horia Hulubei National Institute for R&D in Physics and Nuclear
Engineering, Romania.

In the present study atmospheric deposition, vegetation and soil samples collected in the territory of Moscow parks of federal and regional significance were analyzed. The elemental composition in the samples was determined by neutron activation analysis and atomic absorption spectrometry. The highest values of the concentration factor were obtained for V, W, Sb, Cd, As, Pb, Mn (elements of hazard classes 1, 2 and 3), as well as for other elements Sc, Ta, Th, Br, La and Al.

Шергина О.В.

**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ
ПО НАКОПЛЕНИЮ ЧАСТИЦ ТВЕРДОГО АЭРОЗОЛЯ
НА ПОВЕРХНОСТИ ХВОИ/ЛИСТЬЕВ ДЕРЕВЬЕВ**

*Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН,
Россия*

sherolga80@mail.ru

С помощью сканирующей электронной микроскопии на поверхности хвои и листьев деревьев городских лесов Иркутска было обнаружено большое разнообразие взвешенных частиц твердого аэрозоля из атмосферного воздуха. Исследования показали, что поверхность хвои и листьев деревьев может быть сильно загрязнена адсорбированными РМ частицами. Результаты свидетельствуют о высокой очищающей способности городских лесов и подтверждают важность их сохранения на урбанизированной территории.

В последнее десятилетие появился особый тренд в исследованиях загрязнения природной среды аэрозольными частицами. В англоязычной литературе они получили название взвешенные частицы (Particulate Matter, РМ), и ВОЗ рассматривает их как наиболее распространенные и опасные для людей загрязнители атмосферного воздуха, особенно в городах [1]. Исследователи единодушны в том, что одним из наиболее эффективных методов снижения загрязнения воздуха является создание разных типов насаждений, которые служат фитофильтрами в отношении РМ.

Исследования проведены в 2022-2024 гг. на территории города Иркутска, Восточная Сибирь. Площадь города составляет 280 кв. км, из них около 20% приходится на городские леса естественного происхождения [2]. Такие леса сохранились в лесопарковых зонах и на окраинах города. Было выбрано 14 лесных массивов размерами от 10 до 15 га. Для проведения исследований в пределах каждого массива закладывали пробную площадь (ПП) по методике ICP Forests [3], фоновая (эталонная) ПП располагалась на удалении

120 км от города. Необходимо подчеркнуть, что до настоящего времени на урбанизированных территориях Иркутска не проводились комплексные экологические исследования естественно сохранившихся лесов, образующих зеленый каркас города. Поэтому, получение современных данных о состоянии городских лесов в условиях техногенного загрязнения позволяет актуально оценить, в какой мере реализуема возможность оптимизации городской среды.

Результаты измерения концентраций взвешенных частиц разного размерного ряда в атмосферном воздухе показали, что значения индекса качества воздуха (AQI) в городских лесах составили 18-61, что соответственно превышает фоновые значения от 3,5 до 12,5 раз. Тогда как на территориях лишенных деревьев значения AQI составляют уже более 70. Измерение суммы РМ частиц на удалении 500 м от массивов городских лесов также выявило превышение фона, более чем 40 раз. Следует отметить, что на городских территориях наибольшую долю среди загрязняющих взвешенных частиц занимают тонкодисперстные, то есть частицы малого размера (PM0.3, PM0.5, PM1.0, PM2.5), в то время как концентрации частиц PM5.0 и PM10 невелики, а на фоновой территории такие частицы вообще отсутствуют.

Исследования с применением современных технологий, включая сканирующую электронную микроскопию, энергодисперсионную рентгеновскую спектроскопию позволили измерить количество адсорбированных РМ частиц листовой поверхностью. По полученным микрофотографиям можно оценить, что интенсивность адсорбции частиц хвоей/листьями деревьев значительно различается в пределах городской территории. При этом сильно загрязненные хвоя/листья могут быть покрыты частицами твердого аэрозоля на 50-75%. Поверхность хвоинок сосны и лиственницы выглядит бугорчатой, видны образования в виде складок, гребневидных выступов, что способствует активной адсорбции взвешенных частиц. При исследовании

листьев березы также обнаружены большие скопления взвешенных частиц на их поверхности. Слой адсорбированных РМ настолько плотный, что сплошь охватывает верхнюю поверхность листа, на микрофотографиях трудно увидеть даже небольшие чистые участки покровных тканей. Большая доля частиц отлагается на верхней стороне листовой поверхности, по ходу жилкования, а также на трихомах, в то время как на нижней стороне их гораздо меньше.

При картировании распределения частиц по поверхности хвой и листьев было вычислено процентное содержание в них химических элементов (рис. 1).

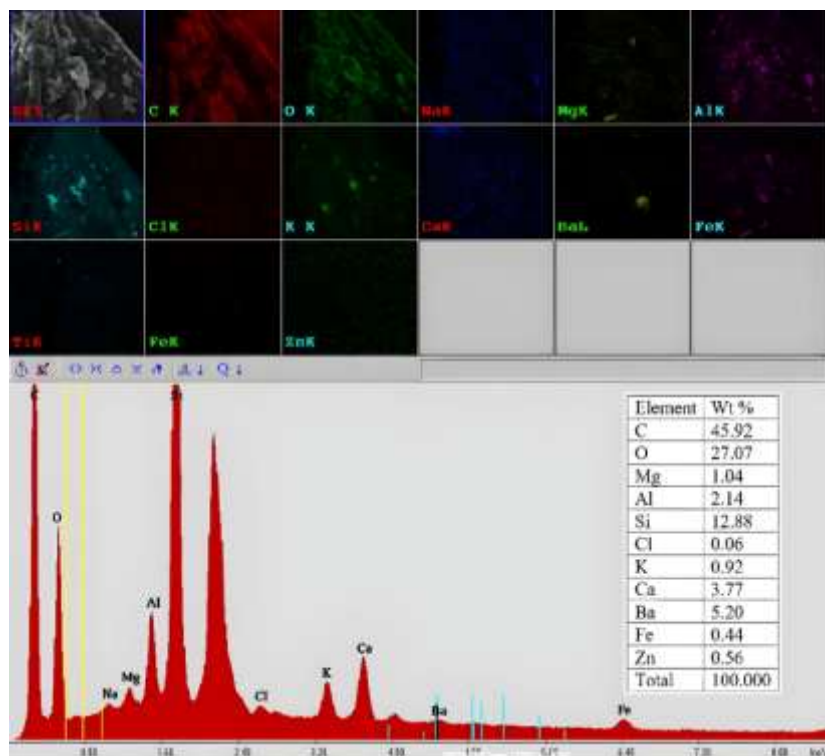


Рис. 1. Энергодисперсионный рентгеноструктурный микроанализ химического состава РМ частиц на поверхности хвой лиственницы.

Обнаружено, что РМ частицы в наибольшем количестве

содержат кремний, серу, кальций, фосфор, хлор, магний, значительна также доля углерода и тяжелых металлов. Сканирование поверхности хвои позволило идентифицировать не только элементы, но и определить возможные химические соединения. Например, в ходе исследований было обнаружено, что на территориях с высокой транспортной нагрузкой поверхность хвои сосны может до 80% быть покрыта частицами твердого аэрозоля, в состав которого входит много серы и кальция.

Изучение морфологии частиц, показало большое разнообразие их форм и конфигураций. Частицы, содержащие металлы, как правило, имеют шарообразную форму и способны притягиваться друг к другу с помощью своих магнитных полей, образуя целые скопления (рис. 2). Частицы с преобладанием углерода в большинстве случаев неправильной округлой формы, их поверхность негладкая со сквозными отверстиями. Полиэлементные частицы разнообразной формы и содержат до 10-15 разных химических элементов.

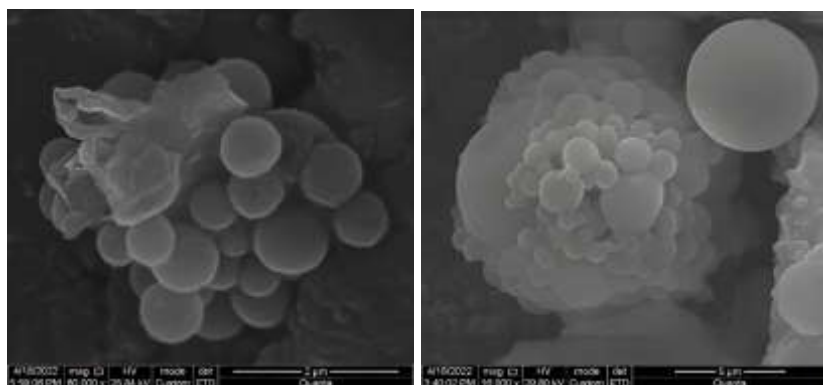


Рис. 2. Вид металлизированных шарообразных РМ частиц на поверхности хвои сосны, произрастающей в городском лесу.

В целом, использование сканирующей электронной микроскопии позволило детально изучить адсорбцию частиц на поверхности хвои и листьев деревьев. Выявленная значимая прямая корреляция между уровнем взвешенных

частиц в атмосферном воздухе и концентрацией токсикантов в ассимиляционных органах деревьев подтвердило высокую очищающую способность городских деревьев, особенно в составе зеленых массивов. Принимая во внимание полученные результаты, крайне важно найти правильный подход к оптимизации состояния городских зеленых насаждений. Так, для улучшения экологической среды в городе можно рекомендовать увеличить площадь городских лесов путем создания искусственных посадок, которые по структуре были бы близки к естественным.

Литература

1. Yang J., Chang Y., Yan P. Ranking the suitability of common urban tree species for controlling PM_{2.5} pollution // Atmospheric Pollution Research. 2015. Vol 6. P. 267–277.
2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2023 году». Иркутск: ООО «Максима», 2024. 308 с.
3. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Hamburg: UNECE, ICP Forests Programme Coordinating Centre, 2010. - 208 p.

O.V. Shergina

ASSESSMENT OF URBAN POLLUTION BY THE ACCUMULATION OF SOLID AEROSOL PARTICLES ON THE SURFACE OF TREES/LEAVES

Siberian Institute of Plant Physiology and Biochemistry SB RAS, Russia

Using scanning electron microscopy, a wide variety of suspended particles of solid aerosol from atmospheric air was found on the surface of needles and leaves of trees in Irkutsk's urban forests. The studies showed that the surface of needles and leaves of trees can be heavily polluted with adsorbed PM particles. The results indicate the high cleaning capacity of urban forests and confirm the importance of their preservation in urbanized areas.

Широков Р.С.
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В ПРИБРЕЖНО-
МОРСКОЙ ОБЛАСТИ ЗАПАДНОГО ЯМАЛА
В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ

*Российский государственный геологоразведочный университет
имени Серго Орджоникидзе*
shirokovrs@mgri.ru

Изменение климата и морских условий, влияющих на формирование и эволюцию криолитозоны шельфа и континентального обрамления Российской Арктики. Прибрежно-морские области являются критически важными экосистемами, подверженными воздействию природных и антропогенных факторов. На фоне наблюдаемой динамики климата изучение геоэкологических процессов становится особенно актуальным при составлении перспективных планов развития климато-зависимых отраслей хозяйственной деятельности.

На фоне наблюдаемой динамики климата изучение геоэкологических процессов становится особенно актуальным при составлении перспективных планов развития климато-зависимых отраслей хозяйственной деятельности [1].

Прибрежно-морские области выполняют важные экологические и экономические функции, однако их устойчивость нарушается из-за климатических изменений, урбанизации и загрязнения.

Большая часть полуострова Ямал занята низменными равнинами и не поднимается выше 50-60 м над уровнем Карского моря. Ее плоская поверхность сложена верхнечетвертичными морскими отложениями и расчленена неглубокими долинами небольших тундровых речек, начинающихся из озер внутренних районов полуострова. Территория сильно заозерена. В геологическом строении Западного Ямала основная роль принадлежит поздне-четвертичным отложениям морского генезиса, которые образуют в рельефе морские

террасы разной высоты [2, 4].

В качестве объекта исследования выбрана территория Западного Ямала в районе полярной станции Марре-сале, которая может считаться репрезентативной для обширной зоны Западной Сибири и рассматривается в качестве модельной территории для выявления закономерностей изменения береговой линии в условиях динамики климатических факторов.

В ходе исследования использовались картографический и геоинформационный методы, а также был проведен хронологический анализ. Информационной базой исследования послужили открытые источники данных дистанционного зондирования Земли, научные статьи, статистические материалы, данные профильных органов государственной исполнительной власти РФ, субъектов РФ и органов местного самоуправления.

На основании многолетнего мониторинга (30 лет) динамики морских берегов установлено, что скорость отступления термоабразионных берегов не связана непосредственно с показателями климатических изменений, но определяется более сложными связями с характеристиками атмосферных процессов – барико-циркуляционными процессами в Арктике в целом. Разрушение морских берегов не постоянно во времени, но изменяется циклически с периодом порядка 21 – 23 лет. Средняя многолетняя скорость отступления берегов в районе исследований составляет около 1,7 м/год, изменяясь от 0,4 м/год до 3,2 м/год в разные периоды. По нашим наблюдениям деформации пляжей и примыкающей части подводного берегового склона могут иметь противоположный знак [3]. Таким образом, ширина полосы риска прибрежно-морской области, обусловленная интенсивным развитием криогенных процессов, составляет около 400 м от береговой полосы вглубь берега.

Используя методика учёта совместного воздействия суммы положительных температур воздуха и периодических

штормов на скорость отступления береговых откосов, сложенных рыхлыми мерзлыми породами. При подъёме уровня водоёма материал, смываемый с надводной части профиля, отлагается в нижней части склона, происходит отступление аккумулятивного берега в результате размыва верхней части профиля подводного берегового склона.

Для района прибрежно-морской области Марресале были выбраны космические снимки Landsat, дата публикации которых 11.08.2024. Основопологающим фактором выбора графических данных является облачность в момент съёмки, которая не должна превышать 30%.

С помощью алгоритма предварительной обработки данных, включая атмосферную и геометрическую коррекцию, а также использование индексов MNDWI и NDVI для выделения ключевых параметров. Результаты демонстрируют эффективность подхода на примере мониторинга береговой. Индексы рассчитываются на основе спектрометрических данных в двух определённых диапазонах: красном и ближнем инфракрасном.

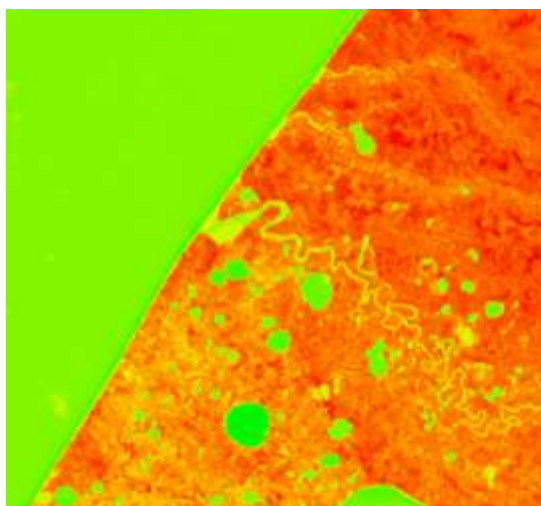


Рис. 1. Индекс NDVI для прибрежно-морской области п/с Марресале

В результате применения индексов с установленным пороговым значением, выделяется территория суши и водных объектов. Однако, следует упомянуть, что отсутствие определенной дискретной шкалы для индексов заставляет нас использовать только визуальный анализ изображений (рис. 1).

Современное нестабильное состояние геосистем Ямала обусловлено геолого-структурными и геодинамическими особенностями территории, историей её формирования и развития в плейстоцен-голоценовое время и современными тенденциями изменения природно-климатических условий. Из-за потепления климата в этой зоне наблюдается затруднение новообразования мерзлоты и нарушается ее стабильность. В целом же геоэкологические условия области можно пока считать достаточно устойчивыми, за исключением случаев промышленного освоения, при котором антропогенная нагрузка может превысить адаптивные возможности природной среды.

Следует обратить внимание, что комбинация спектральных индексов и ГИС-анализа обеспечивает детальную визуализацию изменений, поддерживая принятие решений современных проблем, заключающийся в разработке стратегий, способных изучать, отслеживать и прогнозировать возможные трансформации прибрежно-морской области западного Ямала с целью минимизации потенциальных рисков и адаптации к новой ситуации.

Литература

1. *Васильев А.А., Облогов Г.Е., Стрелецкая И.Д., Широков Р.С.* Новообразование многолетнемерзлых пород на низких лайдах Карского моря // Криосфера Земли. 2018. Т. 12. №. 5. С. 36–46.
2. *Крицук Л.Н., Дубровин В.А., Ястреба Н.В.* Результаты комплексного изучения динамики береговой зоны Карского моря в районе метеостанции Марре-Сале с использованием ГИС-технологий // Криосфера Земли. 2014. Т. XVIII. № 4. С. 59–69.
3. *Широков Р.С.* Формирование геоэкологических условий

прибрежно-морской области Западного Ямала при изменении климата // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2019. №43(4). С. 412-424.

4. IPCC. 2018: Summary for Policymakers. // Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization, 32 p.

Shirokov Roy Sergeevich

**GEOECOLOGICAL SITUATION IN THE COASTAL-MARINE
REGION OF WESTERN YAMAL
IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE**

*Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological
Prospecting, Russia*

Changes in climate and marine conditions affecting the formation and evolution of the cryolithozone of the shelf and continental framework of the Russian Arctic. Coastal and marine areas are critically important ecosystems exposed to natural and anthropogenic factors. Against the background of the observed climate dynamics, the study of geoecological processes becomes especially relevant when drawing up long-term plans for the development of climate-dependent sectors of economic activity.

ПОЧВЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

*Acosta Rivero, Daniel ¹; Vargas Rodríguez, Heriberto ¹;
Prats Rico, Daniel ²; Navarro Pedreño, Jose ³*

SALINITY AND PH IN LEACHATES DURING PEPPER CULTIVATION IN CALCAREOUS SOILS UNDER SALINE IRRIGATION.

¹ *Agrarian University of Havana, Cuba.*

² *University of Alicante, Spain.*

³ *Miguel Hernández University, Spain.*

vargas724@gmail.com

This research evaluated the effect of different saline concentrations on soil health and pepper cultivation. The experiment was conducted between October and January at the Experimental Station of the University of Alicante, maintaining a temperature of 15–25°C and relative humidity of 40%. Three treatments were applied in pots containing 900 g of soil with different saline concentrations, irrigated every 4 days with a dose of 300 ml. A directly proportional relationship was observed between the concentration of ions (Cl and Na) and the decrease in cations (Ca, Mg, and K) throughout the experiment. This demonstrates the crop's intolerance to saline concentrations above 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and the marked effect on soil degradation.

The greatest challenge of our century is to feed the world's population. If population growth projections hold, by 2050, global agricultural systems will need to feed 2.4 billion more people [1]. The need to produce more food consistently compels the use of marginal lands, which are often characterized by saline soils and water. Soil salinity is a growing problem in arid and semi-arid regions due to low rainfall and poor irrigation and fertilizer management [2]. Zaman [3] notes salinity as one of humanity's oldest environmental issues, limiting plant distribution and crop productivity. Developing management practices to mitigate salinity's adverse effects requires understanding plant response

mechanisms [2]. According to García & Jáuregui [4], salinity is a major abiotic factor limiting agricultural productivity, as most crops are sensitive to it. Common effects include reduced growth due to decreased osmotic potential, ionic toxicity from excessive Na^+ and Cl^- uptake, and nutritional imbalances due to salt interference with essential nutrient absorption.

The experiment was conducted at the Vegetal Experimentation Greenhouse Station 2, Module 1, part of Technical Services at the University of Alicante, maintaining day-night temperatures of 15–25°C and 40% relative humidity. The crop used was pepper *Capsicum annuum* (L.) var Ñora. Seeds were sown in seedling trays with substrate on 11/13/23. After the first true leaf emerged, transplantation was done into 1L pots with calcareous soil. Each pot had a filter paper layer at the bottom to prevent soil loss and a container to collect leachates for analysis. All pots were filled with 900 g of natural soil sieved through a 5 mm mesh.

Three treatments with two plants each were irrigated with water of varying saline concentrations: Treatment 0 (no salinity), Treatment 1 (3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ via NaCl), and Treatment 2 (6000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ via NaCl). Irrigation (300 ml per sample) occurred every 4 days.

Leachate samples (100 ml per treatment) were collected 24 hours post-irrigation and analyzed via ion chromatography for cations (Na, K, Ca, Mg). pH and electrical conductivity (EC) were also evaluated. Descriptive statistics (mean, standard deviation) were applied using SPSS 24.

Behavior of pH and EC in input and output water (Treatments 0, 1, 2) were measured during the experiment. These parameters are considered to be two of the main indicators of soil quality that influence the various soil properties and thus crop yields, given the significant impact on the availability of substances, as well as on mobility and plant growth of crops, given the significant impact on the availability of substances as well as on the mobility and biological processes in the soil [5].

Figure 1 shows the behaviour of conductivity and pH as the treatments with the different salt solutions are applied to the pots.

In the case of treatment 0, irrigated with water without salts, as irrigation is applied, there is a tendency for EC to decrease and pH to increase, reaching values of 8.7. While in treatment 1 and 2, corresponding to the application of different concentrations of salts to the soil, a similar pattern of behaviour is observed, where the EC of the leachate is higher in relation to the treatment where no salts are applied, with values above 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in treatment 1 and 11000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ for treatment 2.



Figure 1. Behaviour of pH, conductivity in the inlet and outlet water (Treatment 0, Treatment 1, Treatment 2) during the experiment.

When evaluating the behaviour of sodium in Figure 2, it can be seen that the water used under normal conditions for irrigation has a very low content of this element. However, when evaluating the leachate from the first irrigation with this water, a sodium concentration of 391 mg. L^{-1} , which shows the effect of irrigation on the leaching of this cation in the treatment: 0, i.e. without additional salt concentration. Thus, the irrigation practices can contribute to the washing of salts from soils by taking it to deeper

layers and thus moving it away from the root system of plants, which reduces the negative effect on them.



Figure 2. Behaviour of potassium and sodium in the leachates applied to the pepper crop.

On the other hand, when evaluating treatments 1 and 2, the sodium content has a tendency to increase. This is explained by the addition of salts by irrigation water into the agricultural soil, which affects the soil structure and hydraulic conductivity and thus the adsorption of nutrients by plants [13,14].

This is not the case for K, as it has a tendency to decrease over time, due to its retention in the soil fraction. The high Na^+ and K^+ ratio is due to the accumulation of high concentrations of Na^+ ions, which inactivates enzymes and affects metabolic processes in plants [8]. K^+ uptake in these conditions of high Na^+ and Cl^- concentrations in the plant development medium is inhibited, which leads to the onset of symptoms such as K^+ deficiency in plants [9]. K^+ is necessary for osmoregulation and protein synthesis, maintaining cell turgor and stimulating photosynthesis [10], thus, increased Na^+ levels affect changes in enzyme activity resulting in changes in cell and plant-wide metabolism, thus decreasing the plant's ability to grow [11].

Figure 3 shows the tendency to decrease the salt content in each of the irrigations used. This shows the amount of salts that remain in the soil, given that the soil acts as a natural filter retaining these cations in the soil. This results in the presence of serious effects on the chemical and physicochemical properties of the soil and the physiological properties of the crop, thus affecting the

sustainability of irrigation systems [7]. As in the previous cases, calcium and magnesium cations show the same tendency to decrease over time, which makes their retention in the soil evident.

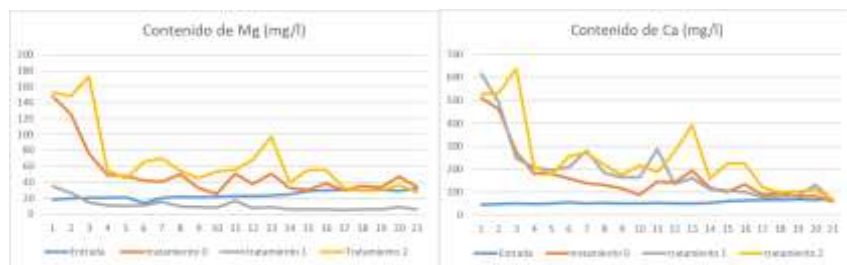


Fig. 3. Behaviour of calcium and magnesium in leachates applied to the pepper crop.

The results of the study show that the application of saline water for irrigation can cause significant changes in the physico-chemical properties of the soil, thereby influencing the variation in acidity (pH) and the tendency to increase the sodium absorption rate (SAR) and the percentage of exchangeable sodium.

On the other hand, excess salts in irrigation water have a significant impact on the pepper crop by affecting growth, yield and physiological characteristics of the plants. In the research, it was found that plants treated with 6000 μ s/cm concentrations (Treatment 2) affect the physiological development of the crop while increasing the concentrations of ions such as Na^+ and Cl^- in the plants.

The interaction of salts can result in considerable nutritional deficit and imbalance. Ionic imbalance under high soil salinity conditions occurs in the cells due to excessive accumulation of Na^+ and Cl^- ions which reduces the uptake of other mineral nutrients such as K^+ , Ca^{2+} , and Mn^{2+} [12].

The results achieved contribute to create the basis for promoting strategies aimed at sustainable management of poor quality water for irrigation of salinity-susceptible crops. In this regard, Bione [13] suggests the idea of applying salicylic acid to mitigate the effects of salt stress in peppers, with optimal concentrations that

improve gas exchange, chlorophyll levels and fruit production under saline irrigation conditions.

Similarly, a widely used practice is the use of desalinated or mixed water sources with the intention of improving yield and water use efficiency, while minimising soil salinity and health risks associated with poor quality irrigation water.

References

1. Watkins K., & Development Programme United Nations. Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis. Palgrave Macmillan, 2006
2. Villa-Castorena M., Catalán-Valencia E.A., Inzunza-Ibarra M.A., & Ulery A.L. Absorción y traslocación de sodio y cloro en plantas de chile fertilizadas con nitrógeno y crecidas con estrés salino. //Revista Fitotecnica Mexicana. 2006. Vol.29(1). Pp.79-79.
3. Zaman M., Shahid S.A., Heng L. Soil salinity: Historical perspectives and a world overview of the problem. //Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques, 2018. P.43-53.
4. García M., & Jáuregui D. Efecto de la salinización con NaCl o Na₂SO₄ sobre la anatomía foliar en dos genotipos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con tolerancia salina diferencial. // Ernstia. 2008. Vol.18(1). Pp.89-105.
5. Neina D. The role of soil pH in plant nutrition and soil remediation. //Applied and environmental soil science. 2019. Vol.1. P.5794869.
6. Tas I., Yildirim Y.E., & Gokalp Z. The effect of excessive sodium-containing irrigation waters on soil infiltration rate. // Current Trends in Natural Sciences. 2022. Vol.11(22). Pp.19-28.
7. Yan S., Zhang T., Zhang B., Zhang T., Cheng Y., Wang C., ... & Siddique K.H. The higher relative concentration of K⁺ to Na⁺ in saline water improves soil hydraulic conductivity, salt-leaching efficiency and structural stability. //Soil. 2023. Vol.9(1). Pp.339-349.
8. Evelin H., Kapoor R., & Giri B. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. // Annals of botany. 2009. №104(7), Pp.1263-1280.

9. *Apse M. P., & Blumwald E.* Na⁺ transport in plants. // FEBS letters. 2007. Vol.581(12). Pp.2247-2254.
10. *Hasanuzzaman M., Bhuyan M.B., Nahar K., Hossain M.S., Mahmud J.A., Hossen M.S., ... & Fujita M.* Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. // Agronomy. 2018. Vol.8(3). P.31.
11. *Baba T., Sato, Y. Katsube, Y. Kuroda C., & Fujiyama H.* Relationship between plant responses to high Na and ameliorative effects of supplemental K and Ca. // Journal of Plant Nutrition. 2017. Vol.40(1). Pp.33-39.
12. *Karimi S., Rahemi M., Maftoun M., Eshghi E., & Tavallali V.* Effects of long-term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia L.*) rootstocks. 2009
13. *Bione M.A.A., Cova A.M.W., Paz V.P.D.S., Santos U.O., Rafael M.R.S., Modesto F.J.N., ... & Soares T.M.* Water consumption and water use efficiency of 'Biquinho'pepper in hydroponic cultivation with brackish water. // Ciência Rural. 2023. Vol.53(8). e20220076.

***Акоста Риверо Д.¹; Варгас Родригес Х.¹; Прамс Рико Д.²;
Наварро Педреньо Х.³***

СОЛЕНОСТЬ И PH В ФИЛЬТРАТАХ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПЕРЦА НА ИЗВЕСТКОВЫХ ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ СОЛЕВОГО ОРОШЕНИЯ

¹ *Аграрный университет Гаваны, Куба.*

² *Университет Аликанте, Испания.*

³ *Университет Мигеля Эрнандеса, Испания.*

В исследовании оценивалось влияние различных концентраций солей на здоровье почвы и выращивание перца. Эксперимент проводился с октября по январь на Экспериментальной станции Университета Аликанте при температуре 15-25°C и относительной влажности 40%. Три вида обработки проводились в горшках, орошаемых каждые 4 дня дозой 300 мл. с различными концентрациями солей. На протяжении эксперимента наблюдалась прямо пропорциональная зависимость между концентрацией ионов (Cl и Na) и снижением катионов (Ca, Mg и K). Это демонстрирует непереносимость культуры к концентрации солей выше 3000 мкСм/см и заметное влияние их на деградацию почвы.

Ghebretnsae, T.W.; Mohamed E.S.; Tesfay T.
PERFORMANCE OF FAO 56 - PM METHOD
TO DETERMINE ET_0 WITH LIMITED DATA

Peoples Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
(RUDN University), Russia
tesfaweld333@gmail.com

FAO56-Penman-Monteith (FAO56-PM) method has been recommended by FAO as a standard method for estimating reference evapotranspiration (ET_0). However, this method does not work in areas with limited meteorological data. Yet, this model, as described by its developers, can be used to calculate ET_0 through estimation of missed data. The performance of the FAO56-PM to estimate ET_0 with missing meteorological data was assessed in the central highlands of Eritrea.

Thus, all the estimation options, except the combination of missing variables, excluding R_s and u_2 , were found within the acceptable level and can be applied in the highlands of Eritrea.

Detail information on ET_0 is a prerequisite in agriculture to deal with crop water consumption estimation practices, irrigation scheduling activities and agricultural water management. Several empirical equations have been developed over the last 70 years to estimate ET_0 from meteorological data [1]. As a result of such efforts, FAO56-PM method has been found theoretically sound and standardized method for estimating ET_0 [2]. However, this method requires a complete set of meteorological variables which are not available in many weather stations of Eritrea. Thus, this model can be made functional to calculate ET_0 by estimating the missing climate data and or taking from nearby station/s [2]. The main objective of this study was to critically evaluate the performance of FAO 56-PM model with limited meteorological data using model statical validation metrics in central highlands of Eritrea.

Meteorological variables such as wind speed at 2 m (u_2), sunshine hours (SH), maximum air temperature (T_{max}), minimum air temperature (T_{min}), and relative air humidity (RH) of 32 years (1992-2023) were obtained from Asmara Weather Station, which is located inside Asmara International Airport. Carefully, data

quality control was monitored manually for any missing or outlier. Asmara is located in the central high lands of Eritrea at an altitude of 2,325 m above mean sea level, latitude of 15.293° north of equator and longitude of 38.916° east of Greenwich meridian. FAO-56 PM method was used to calculate daily ET_o (1).

$$ET_o = \frac{0.408 \Delta (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (1)$$

where **ET_o**: reference evapotranspiration (mm day⁻¹); **Rn**: net radiation (MJ m⁻²), **G**: soil heat flux (MJ.m⁻²); **T**: average air temperature (°C); **u₂**: wind speed at 2 m height (m.s⁻¹); **e_s**: is saturation vapor pressure (kPa); **e_a**: current water vapour pressure (kPa); **Δ**: slope of vapor pressure curve (kPa.°C⁻¹) and **γ**: psychrometric constant (kPa°C⁻¹).

For estimating the missing data, the following methods were employed. **Solar radiation (Rs)**: The relation between Rs (in MJ m⁻²) and temperature was well studied [3] and described by the following equation (2).

$$R_s = k_{R_s} \sqrt{T_{max} - T_{min}} R_a \quad (2)$$

where k_{R_s} is adjustment coefficient, and its value is taken as 0.16 as proposed by [2] as the study area is found in the interior region of Eritrea where the effects of waterbodies on air masses are absent. R_a , T_{min} and T_{max} are extraterrestrial radiation (MJ m⁻² day⁻¹), minimum and maximum air temperature (°C), respectively.

Actual vapor pressure (e_a): In the absence of relative humidity data, an assumption of dewpoint temperature is equal to minimum air temperature can be taken [2] in order to estimate e_a in kPa (3).

$$e_a = 0.611 e^{\left[\frac{17.27 T_{min}}{T_{min} + 257.3} \right]} \quad (3)$$

where T_{min} is the minimum temperature and e the exponential function, equal to 2.718.

Wind speed (u₂): Wind data (in m s⁻¹) were taken from Embaderho weather station as both sites (Asmara and Embaderho) are located in the same homogenous region [2].

For evaluating the performance of FAO56-PM method using missing data, three single cases of missing climate variable (wind speed (no- u_2), or solar radiation (no-Rs) or Relative humidity (no-RH)) and four cases of combining missing variables (no-Rs and no- u_2 or no-Rs and no- e_a or no- u_2 and no- e_a or no-Rs, no- e_a and no- u_2), were employed to estimate ET_o . In addition, Hargreaves and Samani (H-S) method [4] was also part of this study in order to calculate ET_o (4) and compare these estimates with FAO56-PM estimates [2,3].

$$ET_o = 0.408x 0.0023 (T_{mean} + 17.8)(\sqrt{T_{max} - T_{min}})R_a \quad (4)$$

where T_{mean} is mean monthly temperature ($^{\circ}C$), T_{min} is minimum mean temperature ($^{\circ}C$), T_{max} is mean maximum temperature ($^{\circ}C$), and R_a is extraterrestrial radiation ($MJ m^{-2}$).

Performance of the FOA56-PM model was evaluated using equations (5), (6) and (7) [3.5,6].

$$RMSE = \sqrt{\sum_{k=1}^n (\frac{P_i - O_i}{n})^2} \quad (5)$$

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^n (P_i - O_i) \quad (6)$$

$$\% MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\frac{P_i - O_i}{O_i}) \quad (7)$$

where RMSE is root mean square error ($mm day^{-1}$), MBE is mean bias error ($mm day^{-1}$), and % MBE is percentual mean bias error and P_i is estimated ET_o , O_i is the FAO 56-PM ET_o , n is the number of the data sets. According to [5], % MBE is considered acceptable if it lies between -10% and +10%.

Mean annual ET_o values were illustrated in Table 1. Estimated mean annual ET_o value of no-Rs ($4.6 mm day^{-1}$) and H-S ($4.3 mm day^{-1} day^{-1}$) are very close to FAO56-PM estimate ($4.5 mm day^{-1}$). The combined case (no- Rs, no- e_a and no- u_2) overestimates mean annual FAO56-PM estimate by $0.7 mm day^{-1}$ or is erroneous by 16%, which is similar to the work of [3].

Table 1: Mean annual ET_o using the FAO56PM, missing data cases and the H-S method

Method	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ET_o , mm	4.5	4.8	4.6	4.8	4.8	5.1	4.9	5.2	4.3

NB: **1** = FAO56-PM, **2** = no- u_2 , **3** = no- R_s , **4** = no- e_a , **5** = no- u_2 , no- R_s , **6** = no- u_2 , no- e_a , **7** = no- R_s , no- e_a , **8** = no- u_2 , no- R_s , no- e_a , **9** = H-S

FAO56-PM ET_o estimates agreed perfectly (%MBE<5%) with no- R_s ET_o and no- u_2 ET_o estimates when only solar radiation and wind speed are not used to estimate ET_o (Table 2). This result shows the homogeneity of weather characteristics in central highland of Eritrea. Accordingly, wind values from neighboring station and estimated missing solar radiation data can be input data into FAO56-PM method in order to estimate ET_o accurately in data scarce weather stations of central highland. ET_o estimates of no- e_2 is also found within the acceptable level (%MBE <10%) as compared to FAO56-PM ET_o estimates. However, as the number of missing variables, except no- u_2 and no- R_s (%MBE <10%), increases, ET_o estimates become less accurate, and [3] also reported similar trend in their study.

Despite underestimation, H-S was found the third best (next to no- R_s case & no u_2 case) estimation method of ET_o value in the highlands of Eritrea (Table 2), which can be a surrogate method for FAO56-PM method to estimate ET_o values in this region. All the remaining cases overestimate ET_o values, but they, including H-S, followed similar trend like that of reference method across the year (Fig. 1). ET_o of all research cases increase from January to April due to an increase in atmospheric water demand, and decrease thereafter due to onset of rainy season. From the month of August, ET_o values of all study cases show gradual increase. Understanding the annual cycle of ET_o will be help for planning irrigation water budget in agriculture.

Table 2: Results of analysis of ET_0 values for the 7 cases of missing variables and Hargreaves method

Missing variables	RMSE (rank)	MBE (rank)	%MBE (rank)	Overall rank
no-u2	0.25 (2)	0.2 (2)	4.5 (3)	2
no-Rs	0.13 (1)	0.1 (1)	1.1 (1)	1
no-ea	0.33 (4)	0.2 (2)	6 (4)	5
no-u2 & no-Rs	0.32 (3)	0.3 (4)	7 (5)	4
no-u2 & no-ea	0.69 (7)	0.6 (7)	13 (8)	7
no-Rs and no-ea	0.38 (5)	0.6 (7)	14 (6)	6
no-u2, no-Rs and no-ea	0.73 (8)	0.3 (4)	14.3 (4)	8
H-S method	0.44 (6)	-0.2 (2)	-4 (2)	3

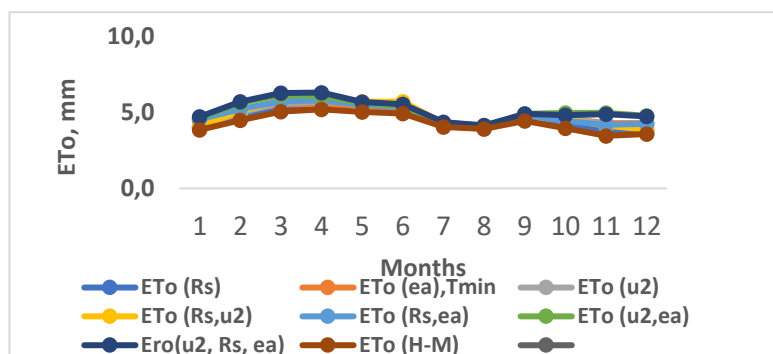


Fig.1 Temporal trends of reference and estimated ET_0

Thus, in the high lands of Eritrea, the performance of FAO56-PM with missing meteorological data was assessed using accuracy indicators. In the absence of observed solar radiation, relatively, monthly ET_0 values were estimated very accurately. When only one variable data was missing, the estimated ET_0 values closes the reference ET_0 values. H-S method also performances well, yet it underestimates ET_0 values.

References

1. D. G., Miralles, W. Brutsaert, A. J., Dolman, J. H., Gash. On the use of the term “evapotranspiration”.// Water Resources Research. 2020.

No. 56. P. 1-5.

2. *R.G. Allen, L. Pereira, D. Raes, M. Smith.* Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. // FAO Irrigation and Drainage Paper 56. 1998. No. 56. P. 5-12.

3. *M. Córdova, G. Carrillo-Rojas, P. Crespo, B. Wilcox, R. Céleri.* Evaluation of the Penman-Monteith (FAO 56 PM) Method for Calculating Reference Evapotranspiration Using Limited Data // Mountain Research and Development. 2015. No. 35(3), p. 230-239

4. *Hargreaves G.H, Samani Z.* Reference crop evapotranspiration from temperature. American Society of Agricultural Engineers // Applied Engineering in Agriculture. 1985. No. 2. P. 96–99. (date of access 24/02/2025)

5. *Roba S.M.* Evaluation of sunshine duration from cloud data in Egypt // Energy. 2008. No.33. p.785–95.

6. *V. Badescu, C.A. Guimard, S., Cheval, C. Oprea, M. Baci, A. Dumitrescu, F. Iacobescu, I. Milos, C. Rada.* Accuracy analysis for fifty-four clear-sky solar radiation models using routine hourly global irradiance measurements in Romania // Renew Energy. 2013. No. 55. p.85–103

Гебретисае Т.У., Мохамед Е.С., Тесфай Т.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДА FAO 56 - РМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭТАЛОННОЙ ЭВАПОТРАНСПИРАЦИИ ПРИ ОГРАНИЧЕННЫХ ДАННЫХ

*Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы, Россия*

Метод FAO56-Penman-Monteith (FAO56-PM) был рекомендован FAO в качестве стандартного метода для оценки эталонной эвапотранспирации (ЕТо). Однако этот метод не работает в районах с ограниченными метеорологическими данными. Тем не менее, данная модель, как описывают ее разработчики, может быть использована для расчета ЕТо путем оценки пропущенных данных. Эффективность FAO56-PM для оценки ЕТо при недостающих метеорологических данных была оценена в центральном нагорье Эритреи. Все варианты оценки, за исключением комбинации пропущенных переменных, исключая R_s и u_2 , оказались в пределах допустимого и могут применяться в высокогорьях Эритреи.

Tesfay, T.
MODELLING SOIL ORGANIC CARBON WITH
RAINFALL AND TEMPERATURE VARIABLES

Hamelmalo Agricultural College, Keren, Eritrea
Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice
Lumumba (RUDN University)

In the western lowlands of Eritrea, spatial variation of SOC ($n = 178$) was modelled using support vector regression (SVR), multiple linear regression (MLR), random forest (RF), and Cubist models with rainfall and temperature variables. SOC was poor with mean = 0.44% and had high spatial variability (CV = 62.89%). SVR with ($R^2 = 0.7686$, RMSE = 1363%) outperformed the others followed by MLR, RF, and Cubist, respectively. The prediction accuracies of all the models are good enough. Thus, the study concludes that these models can be effectively employed for SOC management and monitoring works in the study area.

Eritrea is located within the Sahel region where 72% of the country is semi-desert and arid [1]. Rainfall is low, very erratic and sporadic, temperature and evapotranspiration are high where crop failures due to water stress is very common. Climate has great effect on agricultural productivity coupled with poor farming system (conventional), soil fertility and management. As a result, crop productivity is very low; less than 0.7 t ha^{-1} [2]. Research-based action plans are needed for soil health, fertility, and productivity improvement, and ecosystem restoration. Thus, the study aimed to model SOC (using machine learning) in response to climate in the western lowlands of Eritrea where most of the agricultural activities are carried out. Rainfall and temperature were taken as independent climate variables, and SVR, MLR, RF and Cubist algorithms were employed.

The study was conducted in the Eritrean western lowlands that extend from 14.1724 to 17.4748 N, and 36.4538 to 38.7507 E where its monthly temperature, and annual precipitation range from 25.79 to 29.32 °C, and 230 to 621 mm, respectively [3]. The area owns deep soils, almost flat topography, and vast arable lands.

Mixed crop-livestock, agro-pastoral, and pastoral practices are dominant though commercial agriculture is also growing. Main crops are sorghum, pearl millet and sesame. The soils are comprise of fluvisols, leptosols, lixisols, vertisols, and cambisols.

Ninety-two georeferenced composite surface (0-30 cm) soil samples were collected from Sep to Nov 2023, and analysed for SOC using the Walkley-Black wet oxidation method [4]. Moreover, the study took 86 legacy soil data of the study area from the soil laboratory of the National Agricultural Research Institute (NARI). Thus, a total of 178 SOC data points of surface soils were obtained along with their latitude and longitude.

We extracted rainfall and temperature data from WorldClim 2.1 (30 seconds) [3].

The modelling was done using python 3.10 in the Jupiter notebook environment. The dataset was randomly divided into training (80%) and testing (20%). Each model was fitted, trained, calibrated, and finally predictions were made. Performances of models were evaluated using RMSE, R^2 , and RPD [5,6], equations (1), (2), and (3).

$$RMSE = \sqrt{1/n \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (1)$$

$$R^2 = \frac{SS_{res}}{SS_{tot}} \quad (2)$$

$$RPD = \frac{SD}{RMSE} \quad (3)$$

where $SS_{res} = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$, $SS_{tot} = \sum (y_i - \bar{y})^2$, y_i = observed values, $\hat{y}_i$ = predicted values, and $\bar{y}$ = mean of observed values, n = number of observations, SD = standard deviation of observed values

Furthermore, models are categorized as very poor, poor, fair, good, very good, and excellent when the RPD value is <1, 1-1.4, 1.4-1.8, 1.8-2.0, 2.0-2.5, and >2.5, respectively [5].

Status and spatial distribution of SOC in the study area was modelled with good accuracies with all the four tested models through machine learning employing rainfall and temperature as

input variables. The SVR model resulted the highest accuracy with ($R^2 = 0.7613$, RMSE = 0.1286%, RPD = 2.1380) followed by MLR and RF, respectively. Cubist recorded the lowest accuracy ($R^2 = 0.6877$, RMSE = 0.1472%, RPD = 1.8690) (Table 1). According to the RPD category, the SVR, MLR and RF models developed are categorized as very good, and the Cubist model as good models. This indicates that rainfall and temperature have high control on SOC in the study area. Correlation analyses also revealed that rainfall and temperature had high correlations with SOC; Pearson (0.811**, -0.778**) and Spearman (0.779**, -0.774**), respectively.

All the models can be employed for management and monitoring planning for soil fertility and productivity improvement, ecosystem restoration and climate actions, and especially, the MLR model can be more effective due to its simplicity of usage. Thus, Mathematical equation was developed using the MLR model; equation 1. By substituting the values of rainfall and temperature in the equation at any location (point) in the study area, the value of SOC can be calculated.

$$\text{SOC} = -2.11950 + 0.06098 * \text{Temperature} + 0.00204 * \text{Rainfall} \quad (1)$$

Table 1: Performance of Models for SOC prediction

Metrics	SVR	MLR	RF	Cubist
RMSE, %	0.1286	0.1363	0.1373	0.1472
R^2	0.7613	0.7320	0.7282	0.6877
RPD	2.1380	2.0175	2.0035	1.8690
	Very good	Very good	Very good	Good

The soils had poor SOC content. It ranged from, in %, from 0.02 to 1.01 with a mean of 0.44, and standard deviation of 0.28. Others also reported low SOC contents in different parts of the country [1,2,7]. Low moisture and high temperature along with conventional farming practices might have contributed to the low SOC contents in the study area.

SOC showed high spatial variability with CV = 62.89%. It decreased from south towards north in the same manner as the rainfall does, and inversely as temperature does. This indicates that climate (rainfall and temperature) has great influence on the concentration and spatial distribution of SOC in the study area. Thus, moderating microclimates through intensive soil and water conservation activities like construction of macro and micro dams, check dams, and different structures and afforestation and reforestation along with good agronomic practices would increase the SOC of the study area.

Thus, SOC in the study area was low with mean = 0.44% and had high spatial variability. SOC was modelled with good accuracies with SVR, MLR, RF and Cubist models taking rainfall and temperature independent variables. SVR model with $R^2 = 0.7686$, RMSE = 0.1363% outperformed the others followed by MLR. All models can be used for soil management and monitoring plans, and especially MLR can be preferable. Thus, the study concludes that the models can be useful for understanding the soil and ecosystems conditions in the study area and can be employed for soil and ecosystem improvement, and climate change actions.

References

1. *Tesfay T., Ghebretnsae T.W., Mohamed E.S.* Soil Fertility Management in Semi-Desert and Arid Climates: Case Study-Kerkebet Farm, Eritrea. // 2024. Conference Proceedings 'International Scientific Conference of Young Scientists and Specialists, Timiryazev University, Moscow, Russia, June 3-5, 2024, Vol. 1; Pp 422-425
2. *Tesfay T., Mohamed E.S., Ghebretnsae T.W., Ghebremariam S.B., Mehrteab M.* Soil organic carbon stock assessment for soil fertility improvement, ecosystem restoration and climate-change mitigation. // E3S Web of Conferences. 2024. Vol.555 (RIEEM 2024).
3. *Fick S.E., Hijmans R.J.* WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas. // Int J of Clim. 2017. №37 (12) Pp.4302-4315.
4. FAO. Standard operating procedure for soil organic carbon

Walkley-Black method (Titration and colorimetric). //20191. GLOSOLAN.

5. Viscarra-Rossel R.A., Taylor H.J., McBratney A.B. Multivariate calibration of hyperspectral γ - ray energy spectra for proximal soil sensing. //European Journal of Soil Science. 2007. №58(1). Pp.343–353

6. Chen Q., Wang Y., Zhu X. Soil organic carbon estimation using remote sensing data-driven machine learning. //PeerJ. 2024. №12. e17836.

7. Nuguse M.T., Singh B., Ogbazghi W. Studies on soil organic carbon and some physico-chemical properties as affected by different land uses in Eritrea. // J. Soil Water Cons. 2019. №18(3). Pp.213-222.

Тесфай Т.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА ПОЧВЫ С ПЕРЕМЕННЫМИ ОСАДКАМИ И ТЕМПЕРАТУРОЙ

*Сельскохозяйственный колледж Хамельмало, Керен, Эритрея
Российский университет дружбы народов
имени Патриса Лумумбы*

В западных низменностях Эритреи, пространственная изменчивость SOC была смоделирована с помощью моделей векторной регрессии (SVR), множественной линейной регрессии (MLR), деревьев решений (RF) и кубистических моделей с переменными осадков и температуры. SVR превзошла остальные модели, за ней следуют MLR, RF и Cubist, соответственно. Точность предсказания всех моделей достаточно высока. Таким образом, исследование позволяет сделать вывод, что эти модели могут быть эффективно использованы для управления и мониторинга SOC на исследуемой территории.

***Vargas Rodríguez H.¹; Falcón Acosta M.C.¹,
Menéndez Torres F.¹; Florido Bacallao R.²; Rebouh N.Y.³***
**EVALUATION OF SOIL LIMITING FACTORS FOR
AGRICULTURAL PRODUCTION AND STRATEGIES
FOR THEIR RATIONAL USE IN MAYABEQUE
PROVINCE, CUBA**

¹ *Agrarian University of Havana, Mayabeque, Cuba.*

² *National Institute of Agricultural Sciences, Mayabeque, Cuba.*

³ *Peoples Friendship University of Russia named after Patrice
Lumumba (RUDN University), Moscow, Russia.*

vargas@unah.edu.cu

Agro-productive limiting factors in soils of Mayabeque, Cuba, are evaluated by means of geospatial analysis. The predominant soils are Ferrallitic Red, Brown Sialitic and others. Critical factors include effective depth, poor drainage, erosion and compaction, limiting agricultural productivity. An imbalance was identified between agricultural suitability and environmental demand in productive scenarios. Sustainable management strategies such as conservation practices and low-impact technologies, among others, aligned with the circular economy, are proposed to optimize soil use, mitigate soil degradation and ensure food security. The methodology highlights the usefulness of geospatial tools in tropical soil management.

Soil is a fundamental component of land resources, agricultural development, and ecological sustainability. It serves as the basis for food, feed, fuel, and fiber production, as well as for many essential ecosystem services. However, increasing pressures from agricultural intensification, urbanization, and resource extraction threaten soil health globally [1, p.12].

In Cuba, understanding the main properties, geographical distribution, and agro-productive limitations of soils is crucial for sustainable management. This is particularly important in Mayabeque province, a key agricultural region supplying food to the nation's capital. This study focuses on the geospatial characterization of Mayabeque's soils, considering their classification and main agro-productive limiting factors to propose

conservation measures aimed at sustainable management.

The spatial distribution of Mayabeque's main agricultural soils, their properties, and limiting factors were evaluated. Edaphological information from the digital version of the National Soil Map at a 1:25,000 scale was used to compile attribute databases. Additional data from previous studies were incorporated to reduce thematic and temporal uncertainty. Soil classification followed the interpretation keys of the New Version of the Genetic Classification of Cuban Soils [2]. GIS tools, specifically QGIS 3.34.6, facilitated the creation of applications that automatically decode classification keys.

Agro-productive limiting factors were assessed using criteria from Vargas et al. [3], standards for soil data interpretation, and expert opinions. Decision trees were developed to assign significance levels to evaluated indicators when multiple criteria were involved.

The spatial distribution of the main agricultural soils in the province of Mayabeque, their main properties and limiting factors for agriculture are evaluated. The edaphological information from the digital version of the National Soil Map, scale 1:25000 was used to compile the attribute databases. In addition, the information available from previous studies was used in order to reduce the thematic and temporal uncertainty in the study area. Soil classification was also carried out using the interpretation keys of the New Version of the Genetic Classification of Soils of Cuba.

Based on the Keys of the New Version of the Genetic Classification of Cuban Soils, it was possible to classify the soils of Mayabeque province.

When evaluating the spatial distribution of soils in the province of Mayabeque (Figure 1), it can be observed that of the total of agricultural soils studied (316154 ha), the predominant grouping is Ferrallitic (Oxisols) with 132767 ha, being the fundamental types Ferrallitic Red and Ferrallitic Yellow, which represent 33.81 % and 8.11 %, respectively, of the total of soils studied. The second largest area is occupied by the Pardos Grouping (Mollisols) with

70721 ha, which represents 22.36 % of the total number of soils studied.

These soils are not only the most abundant, they are also considered the most productive in the country. [4].

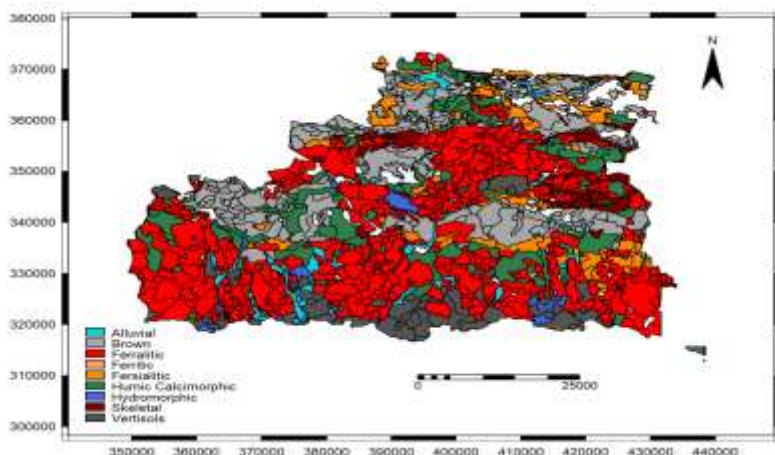


Fig. 1. Representation of the different types of soils in the Mayabeque province, Cuba.

When analysing the agro-productive categories of the soils of Mayabeque province, it is evident that 89.06 % of the total soils of the ferric grouping have category I. This is due to the few agro-productive limitations these soils present for agricultural development. This ratifies the criteria of several authors [5] who consider these soils to be the most productive in the country.

The spatial distribution of the limiting factors of the soils of Mayabeque province shows that there is a total of 7742.99 ha of soils with poor drainage and 150870.48 ha with moderate drainage, representing 2.14 % and 41.62 % respectively, of the total soils evaluated. The most limiting soils are those of the Hydromorphic Grouping and the Vertisols. While the most representative soils with moderate drainage are those of the Pardos (94.4 %), Vertisols (86.63 %), Alluvial (69.86 %) and Hydromorphic (49.04 %) groupings.

Other agro-productive limiting factors present in the soils studied are their natural fertility, due, among other factors, to the low organic matter content. This coincides with Jaramillo [6] who states that this factor depends mainly on the type of clay and organic matter content. These elements influence the cation exchange capacity of the soil system.

When evaluating the behaviour of erosion in the studied soils, it is evident that in Mayabeque province there are approximately 1511.72 ha of soils without erosion. While there are 2452.91 ha and 12,427.2 ha of soils with strong and very strong erosion, respectively.

In conclusion, the predominant soils in Mayabeque province are Oxisols and Mollisols types. The main agro-productive limitations include effective depth, poor drainage, erosion risk, and coarse elements. Addressing these challenges requires efficient, context-specific management strategies aligned with sustainable agricultural practices.

References

1. FAO. Estado mundial del recurso suelo. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2015. – 65 p. [Electronic resource]. Available at: <http://www.fao.org/soils-portal> (accessed: 10.09.2023).
2. *Hernández Jiménez A., Pérez Jiménez J.M., Bosch Infante D., Speck N.C.* La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. // *Cultivos Tropicales*. 2019. Vol. 40, № 1. P. e15.
3. *Vargas Rodríguez H., Menéndez Torres F., Carlitos José P.* Evaluación geoespacial de principales factores limitantes agroproductivos de los suelos de la granja “Guayabal”. // *Roca: Revista Científico-Educacional de la Provincia de Granma*. 2021. Vol. 17. № 2.
4. *Falcón M., Pérez R., Cabrera J.* Caracterización de suelos ferralíticos en Cuba: implicaciones para la agricultura. // *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 2014. Vol. 48. № 3. P. 245-254.

5. *Viñas R.* Impacto del cambio climático en los suelos agrícolas de Cuba. // Revista Cubana de Meteorología. 2018. Vol. 24. № 3. P. 120-130.
6. *Jaramillo D.* Introducción a la ciencia del suelo. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 2002. – 300 p.

Хериберто Варгас Родригес¹, Мария дель Кармен Фалькон Акоста¹, Фабьен Менендес Торрес¹, Рене Флоридо Бакаллао², Назих Й. Ребух³

ОЦЕНКА ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ ПОЧВЫ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ И СТРАТЕГИИ ИХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОВИНЦИИ МАЯБЕКЕ, КУБА

¹ *Аграрный университет Гаваны, Куба.*

² *Национальный институт сельскохозяйственных наук, Куба.*

³ *Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (Университет РУДН), Москва, Россия.*

Агропроизводственные лимитирующие факторы в почвах Маябеке, Куба, оценены с помощью геопространственного анализа. Преобладающими почвами являются ферраллитные красные, коричневые сиазитные и другие. Критические факторы включают эффективную глубину, плохой дренаж, эрозию и уплотнение, ограничивающие сельскохозяйственную продуктивность. Был выявлен дисбаланс между сельскохозяйственной пригодностью и экологическим спросом в продуктивных сценариях. Для оптимизации использования почвы, снижения ее деградации и обеспечения продовольственной безопасности предлагаются стратегии устойчивого управления, такие как природоохранные практики и малозатратные технологии, в том числе в соответствии с принципом циркулярной экономики. Методология подчеркивает полезность геопространственных инструментов в управлении тропическими почвами.

Бушуев Н.Н.
**ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЁЛЫХ
МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ**

*Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана, Россия*

bnn@bmstu.ru

Тяжелые металлы являются одними из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Среди основных источников поступления тяжёлым металлов в почву – выбросы промышленных и энергетических предприятий, транспорта, использование органических и минеральных удобрений и осадков сточных вод. Известкование приводит к накоплению валовых форм тяжелых металлов в пахотном горизонте почв.

В настоящее время в результате хозяйственной деятельности человека в биосферу поступает огромное количество тяжелых металлов. Почвенный покров является одной из важнейших частей биосферы и во многих случаях он играет буферную роль. Поступление тяжелых металлов в биосферу ведет к накоплению их в почве в количествах, многократно превышающих фоновый уровень, что негативно сказывается на животных, растениях и на человеке [1, 2].

Основными источниками тяжелых металлов, поступающих в почву, являются промышленные и энергетические предприятия, транспорт, минеральные удобрения и вещества, используемые в качестве удобрений и мелиорантов, пестициды, оросительные воды, загрязненные промышленными стоками и т.д. [1-7].

Автором были проведены исследования содержания валовых и подвижных форм тяжёлых металлов в почвах длительных полевых опытов Д.Н. Прянишникова на дерново-подзолистых почвах в РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева и В.А. Демина на тёмно-серых лесных почвах в учхозе «Дружба» Ярославской области [8]. На дерново-подзолистой почве дозы внесения минеральных удобрений составляли:

N – 100 кг/га, P – 150 кг/га, K – 120 кг/га, навоз – 20 т/га. Дозы извести рассчитывались по гидролитической кислотности и составили 2-3 т/га раз в 5 лет. На тёмно-серой лесной почве дозы внесения: N - 15 кг/га, P – 25 кг/га, K - 21 кг/га, в варианте с совместным внесением навоза и минеральных удобрений: N – 53 кг/га, P – 64 кг/га, K – 14 кг/га, навоз - 10 т/га. Азот вносился в виде аммиачной селитры, фосфор – в виде простого суперфосфата, калий - в виде хлористого калия. Оценка содержания валовых форм кадмия и цинка в почвах произведена по методике Минсельхоза РФ, а содержание валового кобальта и подвижных форм (1 н HCl) изучаемых элементов оценено по методике Важенина И.Г.

При определении содержания валовых и подвижных форм ТМ в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве опыта Прянишникова было отмечено высокое содержание валовых и подвижных форм кадмия в поверхностном слое всех вариантов опыта.

Применение навоза и минеральных удобрений не вызывает увеличения содержания валовых и подвижных форм кадмия в слое 0-20 см. Более того, в контроле оно выше, чем в вариантах с длительным внесением навоза и минеральных удобрений. Содержание валового и подвижного кадмия в поверхностном слое контроля соответственно в 3,5 и в 4,3 раза больше, чем в том же слое варианта НРК.

Также в контроле в слое 0-20 см отмечено более высокое содержание валовых форм тяжелых металлов по сравнению с вариантом НРК. Очень высокое содержание кадмия в пахотном слое варианта длительного совместного применения извести, навоза и НРК обусловлено процессом перехода поступающего в почву кадмия в карбонатную форму, труднодоступную для растений. Длительное применение навоза приводит к возрастанию содержания валовых форм цинка и кобальта в пахотном слое, но на содержание подвижного цинка и кобальта оно не оказывает существенного влияния. Вместе с тем содержание валовых и подвижных форм кадмия

достоверно снижается.

Применение минеральных удобрений на тёмно-серой лесной почве приводит к повышению содержания валовых форм кадмия и цинка в слое 0-20 см почти в 2 раза, а на содержание кобальта практически не оказывает влияния. Совместное длительное внесение органических и минеральных удобрений вызывает меньшее увеличение содержания валовых форм кадмия и цинка в том же горизонте, чем использование только минеральных удобрений. Внесение органических и минеральных удобрений не вызывают существенного изменения содержания валовых форм кобальта в слоях 0-20 см.

При применении NPK отмечено возрастание содержания подвижных форм кадмия в слое 0-20 см, однако совместное использование минеральных удобрений и навоза не вызывает подобных последствий. Внесение NPK не приводит к увеличению содержания подвижных форм цинка в пахотном горизонте, а при совместном использовании NPK и навоза в слое 0-20 см наблюдается снижение содержания подвижного цинка на 30% по сравнению с контролем.

Применение NPK и навоза неодинаково влияет на содержание кадмия, цинка и кобальта в дерново-подзолистой и тёмно-серой лесной почвах. На тёмно-серой лесной почве внесение минеральных и органических удобрений приводит к увеличению содержания валовых форм кадмия и цинка. Напротив, на дерново-подзолистой почве применение минеральных удобрений вызывает снижение содержания валовых форм кадмия и цинка, а также подвижных форм кадмия. Однако при внесении навоза, так же как и на тёмно-серой лесной почве, содержание валовых форм цинка возрастает. При длительном совместном внесении NPK, навоза и извести на дерново-подзолистой почве наблюдается увеличение содержания валовых и подвижных форм кадмия, цинка и кобальта. Вместе с тем внесение минеральных и органических удобрений на обеих почвах практически не влияет

на содержание валовых и подвижных форм кобальта.

Литература

1. *Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в агроландшафте. – Спб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2008. -216 с.
2. *Ладонин Д.В.* Формы соединений тяжелых металлов в техногенно-загрязненных почвах: монография. М.: МГУ, 2019. - 312 с.
3. *Леднёв А.В., Ложкин А.В., Безносков А.И.* Тяжёлые металлы в почвах Удмуртской Республики и приёмы, снижающие их миграцию в системе почва-растение. Ижевск: Ижевская ГСХА, 2016. - 175 с.
4. *Головатый С.Е., Савченко С.В., Самусик Е.А.* Кадмий, цинк и свинец в почвах в зоне воздействия промышленных предприятий // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2017. № 4. С. 70–80.
5. Цинк и кадмий в окружающей среде./Под ред. *Добровольского В.В.* М.: Наука. 1992. - 197 с.
6. *Ильин В.Б.* Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение. Новосибирск: Изд-во СО РАН. 2012. - 218 с.
7. *Черных Н.А., Милащенко Н.З., Ладонин В.Ф.* Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжёлыми металлами. М.: Агроконсалт. 1999. - 176 с.
8. *Бушуйев Н.Н.* Тяжелые металлы в органическом веществе дерново-подзолистых почв при различном сельскохозяйственном использовании : автореферат дис. кандидата биологических наук. М. 2004. - 26 с.

Bushuyev N.N.

IMPLICATION OF AGRICULTURAL USE ON HARD METALS IN SOIL

Bauman Moscow State Technical University, Russia

Heavy metals are one of the most dangerous environmental pollutants. Among the main sources of heavy metals in the soil are emissions from industrial and energy enterprises, transport, use of organic and mineral fertilizers and sewage sludge. Liming leads to accumulation of gross forms of heavy metals in arable soil horizon.

Готина А.А.

ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ПОЧВЫ СВИНЦОМ НА ТЕРРИТОРИИ СОВЕТСКОГО РАЙОНА Г.О. САМАРА

Самарский государственный технический университет, Россия
gotinaalina99@gmail.com

В данной статье изучены образцы почв, взятые на территории Советского района г. Самары с целью определения степени загрязненности почвы свинцом. В ходе исследований были отобраны образцы почв с 10 пробных участков. На них проведено биотестирование с применением кресс-салата, по результатам которого было выявлено, что образец из парковой зоны оказался наиболее благоприятным, тогда как образец, собранный поблизости от автомагистрали, продемонстрировал наивысший уровень загрязнения.

В последние десятилетия экологическая ситуация в большинстве развитых городов оставляет желать лучшего. Стремительное развитие производственной сферы и увеличение числа населения привели к тому, что к концу двадцатого века, в ряде стран и регионов возникла ситуация, близкая к экологическому кризису [1]. Рост промышленности, энергетической отрасли, транспортной инфраструктуры, а также применение химикатов спровоцировали существенный подъем в объемах образующихся отходов. Это, в свою очередь, оказывает все большее давление на почву и влечет за собой загрязнение окружающей среды [2,3]. Процессы, связанные с урбанизацией, неизбежно ведут к деградации земель, утрате экологических функций и разрушению естественного почвенного покрова, что, в конечном итоге, может вызвать необратимые изменения экосистемы в целом [4].

В связи с усиливающимся антропогенным воздействием человеческой деятельности на биосферу особо остро встает вопрос о последствиях этих изменений для растительного покрова Земли [5]. Для изучения и прогнозирования этих изменений необходимо выяснить пути адаптации растений

к наблюдаемым изменениям окружающей среды. Следовательно, для повышения качества городской среды и оптимизации ее показателей необходимо провести комплексную оценку ее нынешнего состояния.

Одним из важнейших показателей экологического благополучия любой экосистемы является оценка состояния ее почвенного покрова.

Растения являются неотъемлемой частью экосистем и связующим звеном между почвой, воздухом, водными ресурсами, фауной и микроорганизмами. Обладая, с одной стороны, устойчивостью и лабильностью, а с другой, восприимчивостью к трансформациям окружающей среды, включая воздействие человека, растения способны служить надежным индикатором для оперативной оценки состояния местности [6].

Одним из перспективных направлений экологического мониторинга городской среды является фитотестирование. Токсичность почв зависит от ряда поллютантов, тормозящих рост и развитие растений. Согласно многим источникам [6,7] наиболее часто для оценки загрязнения почвы используют неприхотливое к условиям выращивания растение семейства крестоцветных – кресс салат.

Целью данной статьи является оценка степени загрязненности почв свинцом г. Самары. Были отобраны образцы почв с 10 участков взятые на территории Советского района на расстояниях от автомагистрали 1, 10, 20, 30, 50, 100, 150 и 200 м соответственно.

В качестве тестируемого объекта для оценки фитотоксичности почвы был выбран кресс-салат. Данный выбор был обусловлен тем, что данная культура обладает повышенной чувствительностью к загрязнению почвы, а также к загрязнению воздуха выхлопными газами [8,9].

Проращивание семян в количестве 60 шт проводили в чашках Петри. Наблюдения за прорастанием семян и развитием проростков осуществляли в течение 14 дней.

По результатам эксперимента определяли всхожесть и энергию прорастания.

В качестве контрольной пробы была взята почва парковой зоны. Наиболее значимые результаты получены в образцах № 1,3,6.

Проба №1 – условно «чистая» зона, представляющая собой городской парк: парк Дружбы (200 м от дороги)

Проба №3 – зона среднего загрязнения ТРК «Космопорт» (100 м от дороги)

Проба №6 – Заводское шоссе, характеризующееся интенсивным автотранспортным движением (0 м).

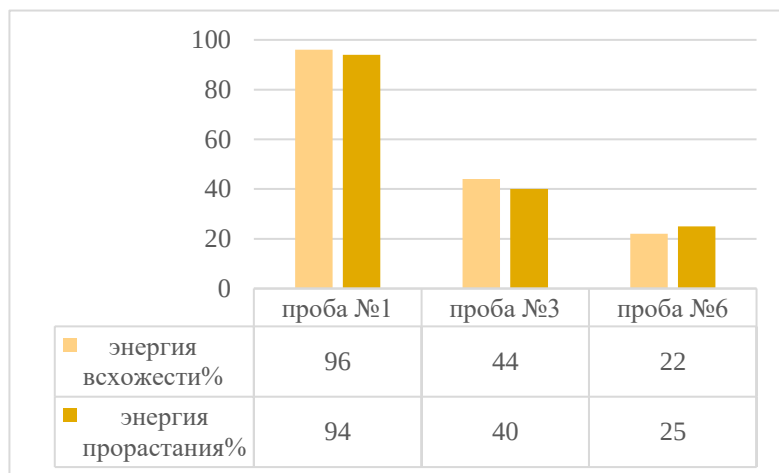


Рис.1. Определение показателей всхожести и энергии прорастания семян кресс-салата в образцах № 1,3,6

Исходя из вышеприведенной диаграммы можно сделать вывод, что проба, отобранная в зоне парка показала наилучшее соотношение энергии всхожести и энергии прорастания и, следовательно, является наименее загрязненной.

При оценке степени ингибирования средней высоты кресс-салата учитывали его сортовые особенности, так как различные сорта демонстрируют неодинаковые характеристики при идентичных условиях культивирования [10]. Максимальная

высота сорта «Весенний», в отсутствие загрязнителей достигает 15 см.

На 14 день эксперимента была произведена оценка высоты проростков. Обнаружено, что все исследуемые образцы имели разную степень загрязнения. Не было зафиксировано максимального роста ни в одном из образцов, что свидетельствует о присутствии загрязнения в каждой из них, хотя и в разной степени. В образцах №1 и №3 степень ингибирования не превышала 50%. Это говорит о том, что нарушение почвенного покрова на данных территориях незначительно. В образце №6, взятом рядом с автотрассой, степень ингибирования превысила 50%, демонстрируя выраженную фитотоксичность. Это подтверждает гипотезу о том, что концентрация тяжелых металлов в почве увеличивается по мере приближения к автодороге [11,12]. Кроме того, исследование Самарского государственного университета [13] указывает на непосредственную взаимосвязь между концентрацией тяжелых металлов в почве и их накоплением в растениях.

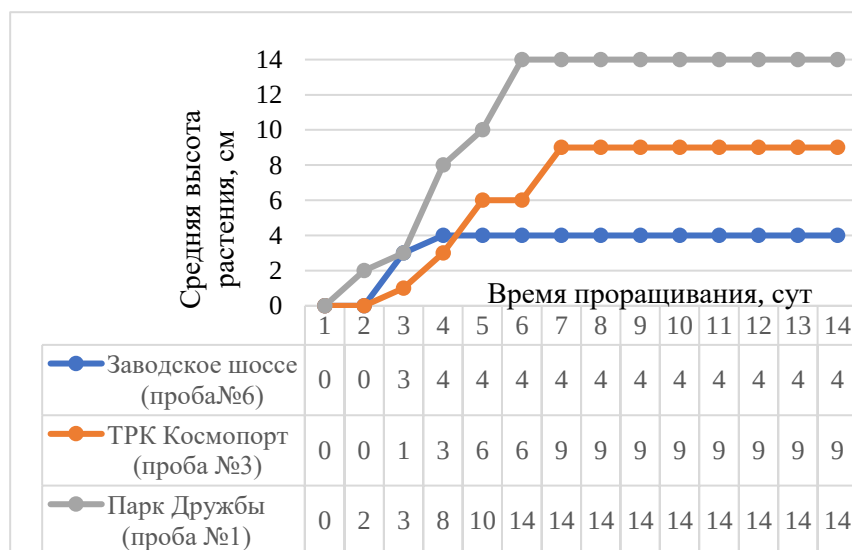


Рис.2. Степень ингибирования средней высоты растения

Наилучшие результаты показала проба, взятая в городском парке вдали от проезжей части (проба №1). К 14 дню исследования средняя высота растения в этом образце достигла отметки в 14 см. Напротив, рост и замедление растения наблюдалось в пробе №6, взятой в непосредственной близости от проезжей части. Средняя высота растения в этой пробе составила лишь 4 см.

Проведенные биологические изыскания подтвердили неудовлетворительное экологическое состояние почв на территории Советского района г. Самары [14]. Почвы города испытывают значительную химическую нагрузку. В связи с этим необходимо принимать меры по восстановлению плодородия земель и прежде всего сокращению выбросов.

Выражаю огромную благодарность организаторам Российского университета дружбы народов (РУДН) за предоставленную возможность участия в конференции, а также научному руководителю Козловской Ольге Викторовне за ценные советы и наставления.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Плугатарь Ю.В., Ильницкий О.А., Корсакова С.В., Паитецкий А.В.* Экологический фитомониторинг: исторический экскурс, состояние и перспективы // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2015. №. 114. С. 7-13.
2. *Sarker B., Keya K.N., Mahir F.A., Nahin K.M., Shahida S., Khan R.A.* Surface and ground water pollution: causes and effects of urbanization and industrialization in South Asia // Scientific Review. 2021. V. 7. №. 3. P. 32-41.
3. *Готина А.А.* Влияние антропогенных факторов на состояние почв. // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов XXV Международной научно-практической конференции. Москва, 2024. Т. 26. - С. 471.
4. *Ekka P., Patra S., Upreti M., Kumar G., Kumar A., Saikia P.* Land Degradation and its impacts on Biodiversity and Ecosystem services. // Land and Environmental Management through Forestry. 2023. P. 77-101.

5. *Petrov M., Nikolaeva Z., Dimitrov A.* The impact of anthropogenic activity on the global environment // Science. Business. Society. 2023. V. 8. №. 2. P. 59-64.
6. *Будыкина Т.А.* Оценка загрязнения почвенного покрова методом фитотестирования // Безопасность жизнедеятельности. 2021. №. 1. С. 22-27.
7. *Жакова В.А., Вельяминова Н.В., Потылицына Е.Н.* Оценка загрязненности почвы с помощью кресс-салата. // Экологическое образование и природопользование в инновационном развитии региона: сборник статей по материалам межрегиональной научно-практической конференции школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых. 2016 - С. 24.
8. *Кожокина О.М., Тюмнева П.С.* Исследование возможности использования кресс-салата как индикатора загрязненности окружающей среды // Исследование различных направлений современной науки: Сборник материалов VII-ой международной очно-заочной научно-практической конференции. Том 2. Москва, 2022. – С. 32-39.
9. *Sarsenova A.* Garden cress (*Lepidium Sativum* L.) as a bioindicator for assessing air pollution // Sci. J. bulletin WKU. 2024. V. 94. №. 2. С. 235-235.
10. *Авдеев Ю.И., Авдеев А.Ю., Иванова Л.М.* Методика моногибридного генетического анализа количественных признаков растений. Астрахань. 2008. – С. 32.
11. *Казакова Н.А., Садретдинова Л.Р., Мухаметшин А.А.* Мониторинг содержания тяжелых металлов в почвах придорожных территорий (на примере г. Ульяновска) //Международный научно-исследовательский журнал. 2021. №. 103. С. 84-87.
12. *Yang J., Zhao Y., Ruan X., Zhang G.* Anthropogenic contribution and migration of soil heavy metals in the vicinity of typical highways //Agronomy. 2023. V. 13. №. 2. С. 303.
13. *Матвеев Н.М., Прохорова В.А., Павловский В.А., Никитин С.И.* Тяжелые металлы в почвах и растениях Самарской области. В: Экология и здоровье человека: тез. докл. всерос. науч.-практ. конф. 1994 г.– С. 111-112.
14. *Сухачева И.Ф., Орлова Л.Е., Исакова О.Н., Бедарева Л.И.,*

Павлова Л.В., Сапукова А.А., Судакова Т.В., Торопова Н.М.
Санитарно гигиеническое состояние почвы территории г. Самары
как возможный риск здоровью населения // Известия Самарского
научного центра РАН. 2010. Т. 12. №. 1. С. 1516-1523.

Gotina A.A.

**PHYTOTESTING OF SOIL POLLUTION BY SWINCE ON THE
TERRITORY OF SOVETSKY DISTRICT OF SAMARA**

Samara State Technical University, Russia

In this article soil samples taken on the territory of Sovetsky district of Samara to determine the degree of soil contamination by lead are studied. In the course of the research soil samples were taken from 10 sample plots. Biotesting with cress was carried out on them, the results of which revealed that the sample from the park area was the most favorable, while the sample collected near the highway showed the highest level of contamination.

Зидымышева С.А., Зыкина Н.Г.
**ПОСТАГРОГЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ
БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЕРНОВО-
ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ**

Удмуртский государственный университет, Россия
zyd020202@mail.ru

В результате сравнения биологической активности целинных, пахотных и постагrogenных дерново-подзолистых почв выявлено, что агрохимические характеристики залежных почв лучше, чем у зональных и на постагrogenном этапе в целом улучшаются.

Биологическая активность залежных почв по большинству показателей ниже естественных. Максимальные значения каталазной, уреазной и общей целлюлазной активностям были получены в лесной почве. При этом инвертазная активность выше в современной пахотной почве. Количество азотфиксирующих бактерий выше в залежных почвах. В почвах леса вклад в разложение клетчатки выше у грибной микрофлоры, а в почвах пашен и залежи – бактериальной.

В последнее время в России обратили внимание на проблему возвращения в оборот залежных сельскохозяйственных угодий. Из-за низкого потенциального плодородия почв и отсутствия у сельхозпроизводителей возможности проводить работы по известкованию и внесению удобрений, бывшие пашни, сенокосы и пастбища были заброшены. В ряде случаев данные земли были переведены в лесной фонд.

В 2021г. по поручению президента В.В. Путина Правительство РФ утвердило программу эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения на период с 2022-31 гг. Цели программы – вовлечение в оборот 13,2 млн. га неиспользуемых земель и сохранение в сельхозобороте мелиорированных почв на площади не менее 7,2 млн. га [1]. В Удмуртской Республике (УР) эти работы также ведутся. За 2022-23 гг. снизилась площадь залежей на 1,0 тыс. га: с 8,7 до 7,7 тыс. га [2]. Для реализации целей программы, оценки плодородия почв, необходимо иметь данные

мониторинга по изменению показателей, исследуемых почв, в том числе их биологической активности.

Постагрогенные почвы в Удмуртии изучались под руководством А.В. Леднева, но в основном эти работы посвящены агрофизике и агрохимии почвы [3-5], а не биологической активности. Вопросы изменения биологической активности почв в ходе зарастания в целом в России исследуются значительно реже, поэтому нами выбрано именно это направление исследований.

Целью нашей работы было изучение изменения биологических свойств дерново-подзолистой почвы на постагрогенном этапе. В качестве объекта выбрана территория у с. Совхозный Завьяловского района УР. Были исследованы 4 группы участков (далее приведенная нумерация участков использована в таблицах):

- 1) современные пахотные угодья;
- 2) залежи, возрастом около 10 лет с луговой растительностью;
- 3) залежи, возрастом около 20 лет, с луговой растительностью и молодыми соснами возрастом 15-18 лет;
- 4) смешанный лес с преобладанием ели.

Все почвы расположены на пологом склоне северо-восточной экспозиции, в каждой группе были выбраны участки в верхней, средней и нижней части склона. Всего исследовано 12 участков, на каждом из которых в 2022 г. были отобраны смешанные пробы почв. В лабораторных условиях определены стандартные агрохимические показатели и биологическая активность. Целлюлозолитическую активность (ЦА) почвы (потенциальную) определяли аппликационным методом, в том числе с противогрибковым препаратом «Нистатин» (ЦА_Н) для оценки вклада грибов в деструкцию целлюлозы. Определение вели в течение 1 мес. в термостате при температуре 27°C и влажности почвы 60% от полной влагоемкости. Активность каталазы (КА) определяли газометрически [6], инвертазы (ИА) фотокolorиметрически с реактивом Фелинга [7]. Определение уреазы (УА) проводили

колориметрическим методом учёта аммония с реактивом Несслера [8]. Заселенность почв бактериями рода *Azotobacter* (АБ) определено методом комочков обрастания [9].

Агрохимические показатели почв исследуемой территории в целом позволяют охарактеризовать их как слабокислые со средним количеством элементов питания (S), содержанием протонов (Нг) и подвижных фосфатов, а также повышенным содержанием гумуса и обменного калия. Однако все характеристики значительно варьируют (табл. 1), что обусловлено разным режимом использования и существующим биоценозом.

Таблица 1. Агрохимическая характеристика почв исследуемой территорий

Параметр	рН _{KCl}	Н _г	S	С _{орг}	P ₂ O ₅	K ₂ O
		ммоль/100г почвы	%	мг/кг		
Среднее	5,2	4,3	21,7	6,7	55,0	135,1
Стандартная ошибка	0,1	0,5	1,0	0,5	8,0	6,5
Медиана	5,3	3,1	20,6	6,2	50,0	138,0
Стандартное отклонение	0,5	2,7	5,4	2,6	42,3	34,5
Минимум	4,2	1,5	13,5	3,1	11,0	65,0
Максимум	6,3	11,5	35,0	14,1	179,0	210,0

Агрохимические показатели естественных почв на лесных участках существенно отличаются от характеристик других участков (табл. 2). Почвы, подвергавшиеся сельскохозяйственной обработке, имеют близкое рН (слабокислая среда) и число протонов (среднее).

Естественные почвы являются среднекислыми с высокой гидролитической кислотностью, в них меньше подвижных форм фосфора и калия, при этом в целом элементов питания и гумуса больше. Несмотря на то, что 20-летние залежные почвы уже поросли лесом, их характеристики ближе к агрогенным, чем к фоновым почвам. В целом при переходе

к залежи выявлено повышение содержания гумуса, что отмечено и для других почв [10 – 13], а также подвижного фосфора [10].

Таблица 2. Агрохимические и биологические характеристики почв разных участков

Показатель	Участок			
	1.	2.	3.	4.
pH _{KCl}	$\underline{5,4 \pm 0,4}$ 5,0 – 6,3	$\underline{5,4 \pm 0,04}$ 5,3 – 5,6	$\underline{5,5 \pm 0,1}$ 5,1 – 6,3	$\underline{4,7 \pm 0,2}$ 4,2 – 5,9
H _r , ммоль/ 100г почвы	$\underline{3,0 \pm 0,2}$ 2,6 – 3,3	$\underline{2,9 \pm 0,1}$ 2,3 – 3,8	$\underline{2,8 \pm 0,2}$ 1,5 – 3,3	$\underline{7,5 \pm 1,0}$ 2,9 – 11,5
S, ммоль/ 100г почвы	$\underline{15,9 \pm 1,4}$ 13,5 – 18,3	$\underline{22,4 \pm 1,3}$ 16,8 – 27,8	$\underline{20,5 \pm 1,6}$ 13,9 – 29,8	$\underline{24,2 \pm 2,3}$ 17,3 – 32,2
Гумус, %	$\underline{4,0 \pm 0,5}$ 3,3 – 5,0	$\underline{5,8 \pm 0,7}$ 3,1 – 9,6	$\underline{5,8 \pm 0,4}$ 3,9 – 8,4	$\underline{9,7 \pm 0,7}$ 7,4 – 14,1
P ₂ O ₅ , мг/кг	$\underline{30,7 \pm 8,7}$ 21,0 – 48,0	$\underline{51,2 \pm 6,1}$ 30,0 – 94,0	$\underline{101,9 \pm 15,9}$ 50,0 – 179,0	$\underline{19,9 \pm 5,8}$ 11,0 – 60,0
K ₂ O, мг/кг	$\underline{136,0 \pm 2,1}$ 133,0 – 140,0	$\underline{136,1 \pm 7,9}$ 90,0 – 150,0	$\underline{147,5 \pm 10,5}$ 110,0 – 190,0	$\underline{123,1 \pm 18,0}$ 65,0 – 210,0
КА, мг O ₂ / 1г*мин	$\underline{2,4 \pm 0,2}$ 2,0 – 2,7	$\underline{2,4 \pm 0,3}$ 1,5 – 3,6	$\underline{2,0 \pm 0,1}$ 1,7 – 2,8	$\underline{2,8 \pm 0,2}$ 1,9 – 3,4
УА, мг N- NH ₃ / г/сут	$\underline{68,3 \pm 15,1}$ 35,0 – 110,0	$\underline{161,6 \pm 23,2}$ 83,0 – 300,0	$\underline{166,9 \pm 14,5}$ 115,0 – 258,3	$\underline{259,6 \pm 69,5}$ 50,0 – 510
ИА, мг глюкозы/ г за 24 ч	$\underline{27,2 \pm 1,2}$ 25,0 – 29,4	$\underline{26,6 \pm 3,5}$ 13,7 – 45,3	$\underline{21,1 \pm 2,5}$ 8,9 – 35,1	$\underline{21,2 \pm 2,3}$ 13,9 – 29,8
ЦА, %.	$\underline{14,5 \pm 2,8}$ 8,0 – 22,4	$\underline{14,1 \pm 1,7}$ 8,6 – 22	$\underline{14,8 \pm 1,5}$ 10,7 – 23,9	$\underline{23,4 \pm 3,1}$ 11,6 – 37,3
ЦА _н , %	$\underline{13,0 \pm 0,9}$ 10,4 – 16,4	$\underline{19,1 \pm 2,8}$ 8,1 – 32,0	$\underline{14,8 \pm 1,9}$ 6,8 – 20,3	$\underline{10,7 \pm 1,5}$ 6,1 – 16,6
АБ, %.	$\underline{86,2 \pm 4,6}$ 80,0 – 96,0	$\underline{91,0 \pm 1,8}$ 86,0 – 96,0	$\underline{87,0 \pm 2,2}$ 75,3 – 95,3	$\underline{77,9 \pm 4,4}$ 51,3– 86,7
* - числитель – среднее ± ошибка среднего, знаменатель – разброс значений				

Биологическая активность почв исследуемой территории значительно варьирует. Каталазная активность в целом оценивается как слабая ($2,4 \pm 0,2$ мг O_2 / 1г*мин), инвертазная активность средняя ($24,0 \pm 1,7$ мг глюкозы/ г за 24 ч) уреазная активность достаточно высокая ($78,13 \pm 39,1$ мг $N-NH_3$ / г/сут). Общая целлюлазная активность составила $16,7 \pm 2,2$ %, а при исключении грибов – $14,4 \pm 1,8$ %.

С учетом того, что высокую ферментативную активность связывают с плодородием почв, можно сравнить изученные участки.

В основном, ряд исследователей говорит об увеличении биологической активности почв на залежах [10 – 14], однако для исследуемой территории эта зависимость не выявлена. Так, инвертазная активность оказалась самой высокой в современной пахотной почве. С увеличением времени зарастания, инвертазная активность в исследуемых почвах снижается.

Максимальные значения по активности каталазы, уреазы и общей целлюлазной активности были получены в ненарушенной лесной почве. Наиболее быстрая деструкция клетчатки происходит в естественных почвах леса. Сложившийся микробиоценоз в оптимальных условиях позволяет в 1,6 раза быстрее, чем в других почвах разложить растительные остатки. Вклад грибов в лесной почве в деструкцию клетчатки наиболее высок. При обработке нистатином, целлюлазная активность снизилась в 2,2 раза. Рост pH и общего числа элементов питания дает конкурентное преимущество бактериальной микрофлоре на обрабатываемых почвах, поэтому целлюлазная активность без участия грибной микрофлоры выше в агрогенных и постагрогенных почвах.

По этой же причине обсеменённость почв бактериями рода *Azotobacter* ниже в лесной почве. Для данных организмов предпочтительно нейтральное pH, хорошая аэрация, высокое содержание гумуса и элементов минерального питания, поэтому в агрогенных почвах свободных азотфиксаторов

больше. Это подтверждает корреляционный анализ: процент обрастания азотфиксирующими бактериями прямо коррелирует с кислотностью почв ($r = 0,5$), содержанием подвижных форм фосфора и калия ($r = 0,3-0,6$). Наибольшее влияние на скорость разложения клетчатки оказывает кислотность почв ($r = 0,4-0,7$), повышенная кислотность благоприятна для грибной микрофлоры, тогда как для бактериальной необходимы более нейтральные условия.

Для остальных показателей столь явных зависимостей от агрохимических характеристик не выявлено, однако положительные взаимосвязи отмечены с количеством гумуса и элементами питания.

Исходя из полученных результатов, мы можем сделать следующие выводы.

Биологическая активность исследуемых почв значительно варьирует, что связано с разными почвенными условиями. Максимальные значения по каталазной, уреазной и общей целлюлазной активностям были выявлены в ненарушенной лесной почве. Инвертазная активность максимальна в современной пахотной почве, а обсемененность азотобактером – в залежных вариантах.

Бактериальное разложение клетчатки идет активнее в залежных почвах. В агрогенных и постагрогенных почвах выше обсеменённость почв бактериями рода *Azotobacter*. Более высокий вклад в деструкцию целлюлозы грибной микрофлорой в лесной почве обусловлен высокой кислотностью последней ($r = 0,4-0,7$). Тогда как для бактериальной микрофлоры, в том числе для азотфиксаторов, необходимы условия ближе к нейтральным с хорошей аэрацией, высоким содержанием гумуса и элементов минерального питания. Это подтверждает корреляционный анализ: процент обрастания азотфиксирующими бактериями прямо коррелирует с кислотностью почв ($r = 0,5$), содержанием подвижных форм фосфора и калия ($r = 0,3-0,6$).

Литература

1. О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 14.05.2021 №731 (с изм. и доп.). Документ опубликован не был. Доступ из справочно-правовой системы «Гарант»
2. Государственные доклады "О состоянии и об охране окружающей среды Удмуртской Республики" / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Удмуртской Республики. Режим доступа: <http://www.minpriroda-udm.ru/deyatelnost/2018-04-20-10-19-50.html> (дата обращения 17.10.2024)
3. *Леднев А.В., Дмитриев А.В.* Изменение агрофизических показателей агродерново-подзолистых почв на склоновых участках залежных земель при разных сроках их зарастания // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 5(48). С. 57-61.
4. *Леднев А.В., Дмитриев А.В., Попов Д.А.* Изменение агрохимических показателей залежных дерново-подзолистых почв при их освоении в пашню // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 5. С. 42-45.
5. *Леднев А.В., Дмитриев А.В.* Современные почвообразовательные процессы в постагрогенных дерново-подзолистых почвах Удмуртской Республики // Почвоведение. 2021. № 7. С. 884-896..
6. *Титова В.И., Дабахова Е.В., Дабахов М.В.* Практикум по агроэкологии. Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 138 с.
7. *Звягинцев Д.Г.* Методы почвенной микробиологии и биохимии. М.: МГУ, 1991. – 224 с.
8. *Хазиев, Ф.Х.* Ферментативная активность почв: Метод. Пособие. Москва: Наука, 1976. — 180 с.
9. *Казеев К.Ш., Колесников С.И.* Биодиагностика почв: методология и методы исследований Ростов-на-Дону: Издательство Южного федерального университета, 2012. – 260 с.

10. Кузнецова И.В., Тихонравова П.И., Бондарев А.Г. Изменение свойств залежных серых лесных почв // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1142-1150.
11. Казеев К.Ш., Трушков А.В., Одабашиян М.Ю., Колесников С.И. Постагрогенное изменение ферментативной активности и содержания органического углерода чернозема в первые 3 года залежного режима // Почвоведение. 2020. № 7. С. 901-910.
12. Курганова И.Н., Телеснина В.М., Лонес Де Гереню В.О. [и др.] Динамика пулов углерода и биологической активности агродерново-подзолов южной тайги в ходе постагрогенной эволюции // Почвоведение. 2021. № 3. С. 287-303.
13. Мясников М.А., Казеев К.Ш., Ермолаева О.Ю., Черникова М.П., Колесников С.И., Акименко Ю.В., Козунь Ю.С. Биологические свойства разновозрастных постагрогенных черноземов Ростовской области. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, том 18. 2016. №2(2). С. 452-456
14. Гончарова О.Ю., Телеснина В.М. Биологическая активность постагрогенных почв (на примере Московской области). // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2010. №4. С.24-31.

Zidymysheva Svetlana Andreevna, Zykina Natalya Grigorievna
POSTAGROGENIC CHANGE IN BIOLOGICAL ACTIVITY
OF SOD-PODZOLIC SOILS

Udmurt State University, Russia

As a result of comparison of biological activity of virgin, arable and post-agrogenic sod-podzolic soils it was revealed that agrochemical characteristics of fallow soils are better than those of zonal soils and at the post-agrogenic stage they generally improve. Biological activity of fallow soils by most indicators is lower than natural ones. Maximum values of catalase, urease and total cellulase activities were obtained in forest soil. At the same time, invertase activity was higher in modern arable soil. The number of nitrogen-fixing bacteria was higher in fallow soils. In forest soils, the contribution to fibre decomposition is higher in fungal microflora, and in arable and fallow soils – in bacterial microflora

Марахова Н.А.
ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ
ПРОВЕДЕНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННЫХ
МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРИМЕРЕ ХОЗЯЙСТВ
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Евразийский центр по продовольственной безопасности
(Аграрный центр) МГУ, Россия
marakhova2013@yandex.ru

В статье приведены результаты расчёта величины чистой приведённой стоимости для вариантов исследования с и без реализации противоэрозионных мероприятий на примере пяти хозяйств Белгородской области. Сделан вывод, что проведение противоэрозионных мероприятий экономически выгодно.

Эрозия почв является одной из наиболее серьезных проблем, приводящих к снижению плодородия и уменьшению количества продуктивных сельскохозяйственных земель. В условиях активного земледелия и интенсивной обработки почв в Белгородской области отмечается усиление эрозионных процессов, что негативно сказывается на устойчивости сельскохозяйственного производства и экосистем региона. По оценкам Соловиченко, более половины территории региона относится к эродированным землям [1].

Необходимость проведения противоэрозионных мероприятий (ПЭМ) становится очевидной, однако высокая стоимость подобных проектов ставит вопрос об их экономической целесообразности. Целью исследования была оценка экономической целесообразности проведения противоэрозионных мероприятий для хозяйств Белгородской области. В исследовании были рассмотрены пять хозяйств, расположенных в Ракитянском, Волоконовском и Чернянском районах области. Информация о необходимых и планируемых ПЭМ была получена из проектов адаптивно-ландшафтных систем земледелия, разработанных для каждого из хозяйств (табл. 1).

Таблица 1. Планируемые ПЭМ

ПЭМ	Площадь ПЭМ в хозяйстве, га				
	Хоз.1	Хоз.2	Хоз.4	Хоз.5	Хоз.6
Прибалочные защитные лесные полосы	21.4	11.2	211.3	15.2	10.8
Стокорегулирующие защитные лесные полосы	2.8	17.6	44.7	0.6	1.1
Ветрозащитные лесные полосы	0	0	0	0	1.2
Защитные лесные полосы, требующие ремонта (частичной замены)	0	0	4.7	0	0
Залужение водосбросов	18.5	10.7	38.1	7.6	23.7
Залужение сильноосмытой и малопродуктивной пашни	13.5	0	95.6	45.2	11.9
Перевод сильноосмытой и малопродуктивной пашни в залежь (свыше 7 градусов)	0	22.9	0	0	0

Оценка экономической целесообразности ПЭМ проводилась на основе сравнения чистой приведенной стоимости (NPV) двух вариантов: 1) без реализации проекта ПЭМ – хозяйства продолжают действовать без изменений, поддерживая текущий уровень прибыли; 2) с реализацией проекта ПЭМ – учитывались начальные инвестиционные затраты на проведение ПЭМ, снижение площади пашни вследствие залужения и посадки лесополос, а также потенциальное повышение валовых сборов на прилегающей пашне. Горизонт планирования составил 80 лет.

Расчёты показали, что для четырёх из пяти хозяйств проведение ПЭМ является экономически более выгодным по сравнению с отсутствием таковых, несмотря на высокие первоначальные инвестиции. Для одного хозяйства экономическая целесообразность проведения ПЭМ была менее очевидной, что может быть связано с особенностями его расположения, структуры земель и финансового состояния,

а также с особенностями планируемых ПЭМ (табл. 2).

Таблица 2. Источники и результаты вычисления величины чистой приведённой стоимости (NPV) для разных вариантов расчёта:

1 - без реализации ПЭМ, 2 - с реализацией ПЭМ и учётом только прибавки урожая, 3 - с реализацией ПЭМ и учётом роста урожая и запасаания углерода

Показатель	Хоз.1	Хоз.2	Хоз.4	Хоз.5	Хоз.6
Прибыль уд. средняя, руб./га (в ценах 2019 г.), тыс. руб./га	7.4	9.0	11.8	7.3	10.3
Мелиорируемая площадь, га	806.7	960.0	8533.3	526.7	436.7
Затраты на ПЭМ, млн руб.	1.3	1.2	9.9	1.2	0.9
Лесополосы, га	24.2	28.8	256.0	15.8	13.1
NPV1, млн руб.	54.9	78.8	955.3	35.9	40.7
NPV2, млн руб.	55.8	80.6	999.3	33.5	41.0
NPV2-NPV1, млн руб.	0.9	1.8	43.9	-2.4	0.3
Секвестрировано CO ₂ в почве под лесополосой, тыс. т	3.6	4.3	37.8	1.5	1.9
Секвестрировано CO ₂ в мелиорируемой пашне, тыс. т	28.8	34.3	305.1	20.3	15.6
Секвестрировано CO ₂ в фитомассе лесополосы, тыс. т	8.3	9.9	88.2	5.4	4.5
Секвестрировано CO ₂ ВСЕГО, тыс. т	40.8	48.5	431.1	27.2	22.1
NPV3, млн руб.	63.2	89.4	1077.6	38.4	45.0
NPV3-NPV1, млн руб.	8.3	10.6	122.3	2.5	4.3

Реализация ПЭМ способствует росту потока экосистемных услуг, связанных с территорией хозяйства: создание лесополос и залужение способствуют средообразованию для различных видов флоры и фауны; лесополосы влияют на температуру и влажность воздуха, улучшая микроклимат, а также защищают посевы от эрозии; накопление углерода в почве под лесополосой, под прилегающей пашней и на залуженных участках, а также в биомассе древесной растительности способствует снижению концентрации

парниковых газов в атмосфере [2,3]. Таким образом, проведение ПЭМ может оказаться выгодным не только конкретному землепользователю через прибавку урожая, но и обществу в целом, если рассматривать более широкий спектр экосистемных услуг. Для демонстрации этого был проведен третий вариант расчёта NPV, учитывающий дополнительные экосистемные услуги, а именно секвестрацию углерода: вычисления проводились отдельно для фитомассы лесополосы и почвы под лесополосой и под прилегающей пашней с использованием литературных данных [4,5]. Стоимость 1 тонны эквивалента CO₂ взята равной 1000 рублей [6]. Сравнение NPV1 и NPV3 однозначно продемонстрировало экономическое преимущество проведения противоэрозионных мероприятий (табл. 2).

Выполненное исследование показало, что проведение противоэрозионных мероприятий в хозяйствах Белгородской области является экономически целесообразным. Инвестирование в ПЭМ не только предотвращает деградацию земель, но и приносит экономическую выгоду в долгосрочной перспективе. Учёт экосистемных услуг усиливает экономическую эффективность данных мероприятий.

Литература

1. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. Белгород: Отчий дом, 2005. – 292 с.
2. Jose, Shibu. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: An overview. // Agroforestry Systems. 2009. №76. Рр. 1-10.
3. Ерусалимский В. И., Рожков В. А. Многофункциональная роль защитных лесных насаждений // Бюл. Почв. ин-та. 2017. №88. с. 121-137.
4. Кретинин В.М., Кошелев А.В., Шатровская М.О., Веденеева В.А., Поташкина Ю.Н. Аккумуляция углерода в почве и фитомассе защитных лесных насаждений юга России // Научно-агрономический журнал. 2023. 4(123). С. 52-59.
5. Кретинин В.М. Влияние агролесомелиорации на

секвестрирование CO₂ в России XX в. // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 2 (30). С. 29-35.

6. Постановление Правительства РФ от 18 августа 2022 г. N 1441 "О ставке платы за превышение квоты выбросов парниковых газов в рамках проведения эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов на территории Сахалинской области" (<http://government.ru/docs/all/142679/>)

Nina Marakhova

ASSESSMENT OF THE ECONOMIC FEASIBILITY OF ANTI-EROSION MEASURES USING THE EXAMPLE OF FARMS IN THE BELGOROD REGION

Eurasian Center for Food Security, Russia

The article presents the results of calculating the net present value for scenarios with and without the implementation of anti-erosion measures, using the example of five farms in the Belgorod region. It concludes that implementing anti-erosion measures is economically beneficial.

Маркова Л.М.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ МНОГОМЕРНОЙ СТАТИСТИКИ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АЭРОТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДОВ

Челябинский государственный университет, Россия

ivolga-354@ya.ru

В статье представлены результаты почвенно-геохимических исследований на территории г. Челябинска. Методом главных компонент удалось выделить три фактора, оказывающих влияние на распределение концентраций тяжелых металлов в почвенном слое, из которых наиболее значимым является аэротехногенный. Было предложено картографирование техногенной нагрузки по значениям факторных координат.

Картографический подход является универсальным методом исследования степени изменения природной среды в результате антропогенного воздействия и имеет большое практическое значение для оценки и прогнозирования в геоэкологии и экологическом проектировании. Особенно пристальное внимание направлено на картографирование урбанизированных территорий как мест проживания большинства населения РФ [1, 2, 3]. Основой для создания карт состояния и благоприятности окружающей среды часто являются эколого-геохимические исследования депонирующих сред, таких, как почвы, снег, донные осадки и растительность [4]. В частности, для почв универсальным подходом является градация по суммарному показателю загрязнения Z_c , широко применяемая в настоящее время для целей районирования техногенной нагрузки и оценки общего загрязнения почв [5]. Однако, для территорий со сложным геологическим строением бывает затруднительно, во-первых, дифференцировать природные повышенные концентрации элементов в почвах от сформированных в результате аэротехногенного поступления вещества. Во-вторых, встает вопрос о фоновых содержаниях микроэлементов, выбор которых необходим для получения объективной информации

о суммарном загрязнении почв.

В этом случае возможно применение методов многомерной статистики. К примеру, выделение главных компонент позволяет обозначить факторы, влияющие на пространственное распределение металлов в почвах, определить их значимость и сопоставить с фактическими данными о природных условиях и хозяйственном использовании территории.

Челябинск является городом-миллионником и одновременно местом размещения крупных промышленных объектов, в том числе и I класса опасности, являющихся источником эмиссии соединений металлов, как в составе твердой фракции, так и в виде аэрозолей. Кроме того, в городе насчитывается более сотни средних и мелких предприятий, выбросы которых в полной мере не учитываются. Территория г. Челябинска характеризуется сложным геологическим строением. Стремительный рост города в XX веке привел к строительству вблизи промышленных зон кварталов жилой застройки.

Цель работы – обосновать применение методов многомерной статистики для картографирования аэротехногенной нагрузки на почвенный покров городов.

Материалом картографирования послужили данные, полученные при исследовании образцов, отобранных из верхнего пятисантиметрового слоя почв на территории г. Челябинска (Рис. 1). Пробы отбирались методом конверта с помощью почвенного бура БП-1 по регулярной сети с расстоянием между точками 800-1000 м. В местах выявленного загрязнения производилось сгущение сети опробования с расстоянием между точками 300-400 м. Всего было отобрано 226 проб.

Комплексные пробы доставлялись в лабораторию экологического мониторинга факультета экологии ЧелГУ, где проводилась их подготовка к анализу общепринятыми методами. Разложение проб проводилась кислотной экстракцией в 5М HNO_3 , согласно РД 52.18.191-89,

лабораторные испытания проведены атомно-абсорбционным методом на приборе Квант-2М. В жидкости определены содержания 8 металлов, являющихся приоритетными загрязнителями для промышленных зон Южного Урала: Cu, Pb, Ni, Co, Cr, Mn, Cd, Zn. Статистическая обработка результатов исследований проводилась в программе PAST [6].

Обобщенные результаты исследований концентраций металлов в почвах показывают значительный разброс значений и асимметрию выборки, характерную для распределений микроэлементов в почвах и горных породах (Табл. 1). Для сглаживания значений концентраций в выборке проведено преобразование Бокса-Кокса, полученные результаты были проанализированы методом главных компонент. В результате установлено, что первые три компонента объясняют 80,7% от всей дисперсии выборки (Табл. 2).

Самое большое влияние на дисперсию оказывает компонента 1 (доля объясняемой дисперсии – 48,8%). Существенный вклад в нее вносят такие элементы, как Cu, Pb, Cd, Zn, которые являются составляющими аэротехногенных выбросов предприятий цветной металлургии, в частности, Челябинского цинкового завода. [7]. Также определенную нагрузку на первую компоненту оказывает Cr (Табл.2), источником которого являются выбросы ферросплавного производства и дефляция с поверхности шлакоотвала Челябинского электрометаллургического комбината (ЧЭМК), расположенного в северной части производственной зоны предприятия[8]. Таким образом, первую компоненту можно обозначить как фактор аэротехногенного воздействия на почвенный покров.

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов в верхнем слое почв
г. Челябинска

Компонент	Содержание в сухой почве, мг/кг					Асим- метрия
	min	max	Ср. ариф.	Медиана	Ср. геом.	
Pb	14,6	1858,6	104,1	54,3	61,7	6,0
Zn	61,2	18296,5	967,7	331,4	418,9	5,6
Cd	0,14	82,6	3,3	1,2	1,4	7,2
Ni	10,2	350,7	43,8	39,5	40,3	7,8
Co	4,7	29,4	11,4	11,4	10,8	1,3
Mn	199,4	2301,9	642,6	574,8	592,7	2,1
Cu	15,4	431,3	52,4	39,1	43,9	4,6
Cr	13,0	492,8	67,7	53,8	56,0	4,5

Во вторую по значимости компоненту основной вклад вносят Ni и Co - элементы не технофильные для Челябинского промышленного узла, но, тем не менее, в некоторых пробах заметно превышающие фоновые концентрации и ОДК. Причиной различий в концентрациях Ni и Co может служить геологическое строение территории города. Как известно, наибольшим разбросом концентраций в магматических породах характеризуются Ni, Co и Cr. К примеру, содержание Ni в гранитах и гранитогнейсах составляет 5-15 мг/кг, а в ультрабазах может достигать 1400-2000 мг/кг [9]. Значительная часть города находится в пределах Челябинского гранитного массива и характеризуется пониженным геохимическим фоном. Небольшие субмеридионально вытянутые тела ультрабазитов находятся в восточной части города, в зоне экзоконтакта гранитного тела с вмещающими породами. Таким образом, вторая компонента может быть обусловлена природным фактором геологического строения Зауралья.

Таблица 2 Нагрузки на компоненты (координаты переменных в пространстве главных компонент)

Название	Главная компонента		
	1	2	3
Cu	0,435	-0,126	-0,181
Pb	0,416	-0,296	0,024
Ni	0,282	0,551	-0,214
Cr	0,303	0,235	-0,551
Cd	0,434	-0,231	0,105
Mn	0,237	0,183	0,742
Zn	0,428	-0,263	0,072
Co	0,196	0,618	0,225
Доля объясняемой дисперсии, %	48,8	19,2	12,7

В третью компоненту с долей дисперсии 12,7% существенный вклад вносят Mn и Cr, причем, у первого обнаруживается тесная положительная связь, у второго – напротив, отрицательная. Вероятно, этот фактор связан с почвенным органическим веществом, которое является продуктом избирательного концентрирования Mn. Напротив, коэффициент биологического накопления Cr меньше единицы, он относится к элементам слабого захвата [10].

По *положительным* значениям факторных координат каждой точки в пространстве главных компонент была построена картограмма степени выраженности первой компоненты - аэротехногенного воздействия на почвенный покров на территории г. Челябинска. Была составлена качественная шкала с регулярными интервалами выраженности аэротехногенного фактора в пространстве (рис. 1). Как видно из рисунка, аэротехногенному загрязнению в той или иной мере подвержена значительная часть города, в особенности северная и восточная части.

Наиболее высоким проявлением техногенного фактора характеризуется территория жилой застройки севернее ОАО ЧЦЗ и ЧЭМК, что связано с господством в пределах Зауралья юго-западного переноса воздушных масс. К югу от металлургических предприятий загрязнение отличается большей пространственной однородностью и затрагивает территории регулярной застройки советского периода. Здесь источником аэротехногенной нагрузки на почвенный почв могут служить не только металлургические комбинаты, но и выбросы ТЭЦ.

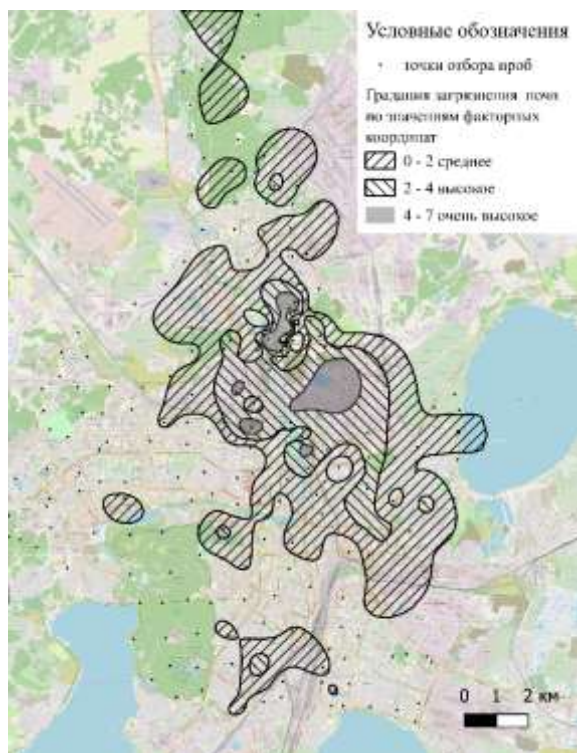


Рис. 1. Картограмма распределения аэротехногенной нагрузки на территории г. Челябинска

Таким образом, с помощью анализа главных компонент удалось дифференцировать влияние аэротехногенного

загрязнения почв от природных повышенных содержаний элементов или биогенной аккумуляции. Было выявлено, что в результате техногенеза в верхнем слое почв происходит накопление всех металлов с разной скоростью. Установлено, что аэротехногенный фактор является наиболее значимым для распределения тяжелых металлов в верхнем слое почв г. Челябинска, что связано с долговременным воздействием выбросов промышленных предприятий. Менее существенный влияние на дисперсию оказывает геологическое строение территории, где наибольший вклад вносят элементы-маркеры ультрабазитов: Ni и Co. На третьем месте по значимости находится фактор биогенной аккумуляции, который обусловлен распределением Mn и Cr.

Предложенный подход к картографированию аэротехногенной нагрузки может служить основой для районирования территории промышленных городов Южного Урала по степени благоприятности окружающей среды и планированию природоохранных мероприятий.

Литература

1. *Дворников Ю.А., Слукотская М.В. и др.* Крупномасштабное картографирование загрязнения почв тяжелыми металлами (Cu, Ni) на участке техногенной пустоши (г. Мончегорск) на основе полевых рXRF измерений и данных дистанционного зондирования // Труды Фермановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2022. №19. С. 92–97
2. *Калманова В.Б.* Эколого-функциональное зонирование урбанизированных территорий (на примере г. Биробиджана) // Региональные проблемы. 2015. Т.18. №4. с. 66-69.
3. *Николаева О.Н.* Картографическое моделирование техногенного загрязнения Геленджикской бухты // Вестник СГУГиТ. Т.26. 2021, №6. с. 86-95.
4. *Каргаполов Н.В.* Геохимические исследования в городских экосистемах // Социально-экологические технологии. 2016, №3. С. 31-37.

5. СП 47.13330.2012 Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96. дата введения 01.01.2013.
6. *Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D.* PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontologia Electronica*. 2001. Vol. 1. P. 1–9.
7. Челябинский цинковый завод: официальный сайт [Интернет-ресурс] - URL <https://zinc.ru/?ysclid=m7likmvf9k577862740> (дата обращения: 20.02.25).
8. *Макаров А.Б., Талалай А.Г., Гуман О.М., Хасанова Г.Г.* Техногенные месторождения и особенности их воздействия на природную окружающую среду // *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*. 2022. №3. С. 120-129.
9. *Симонян Г.С.* Роль никеля в генезисе нефти // *Булатовские чтения*. 2020. С. 267-269
10. *Побилат А.Е., Волошин Е.И.* Мониторинг хрома в почвах и растениях Красноярского края // *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2019. №2, т.22. С. 49-54.

Lada Markova

**USE OF MULTIVARIATE STATISTICS ELEMENTS
FOR MAPPING OF URBAN AEROTECHNOGENIC
POLLUTION**

Chelyabinsk State University, Russia

The article presents the results of soil and geochemical studies on the territory of Chelyabinsk. Using the principal component method, it was possible to identify three factors influencing the distribution of heavy metal concentrations in the soil layer, of which the most significant is aerotechnogenic. It was proposed to map the anthropogenic load based on the values of factor coordinates.

Мачулина Н.Ю., Николаева Г.В., Осадчая Г.Г.
ЭКОСИСТЕМНЫЕ ФУНКЦИИ ПОЧВ АРКТИЧЕСКОЙ
ЗОНЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРО-ВОСТОКА:
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Ухтинский государственный технический университет, Россия
nmachulina@ugtu.net

В статье проанализированы экосистемные функции различных типов почв Арктической зоны Европейского северо-востока (на примере Большеземельской тундры). Проведена относительная балльная оценка экологической значимости почв по критериям неустойчивости к антропогенным воздействиям и неспособности к аккумуляции поллютантов. По совокупности выделены наименее устойчивые почвы, на которых следует избегать размещения промышленных объектов и производственной инфраструктуры.

Все более усиливающееся в последние десятилетия техногенное давление на хрупкие экосистемы Севера приводит к необратимому изменению или полному уничтожению ценных природных ландшафтов. Наиболее уязвимыми являются экосистемы, приуроченными к зоне распространения многолетнемерзлых пород (криолитозоне). В этих условиях даже незначительное воздействие на природные ландшафты может в результате привести к региональной дестабилизации биосферы. Для использования территорий в хозяйственной деятельности нужно иметь представление об относительной экологической значимости почв и ландшафтов в целом и ориентироваться на участки, вовлечение которых в интенсивное использование минимизирует утрату их биосферных функций [1].

Почвенный покров выполняет множество глобальных (биосферных) функций, которые ослабевают или прекращаются в результате антропогенных воздействий. Поэтому при планировании мероприятий, влияющих на почву, важно оценить неустойчивость данной почвы (комплекса почв) к ожидаемым воздействиям как степень риска деградации конкретного ландшафта и других сопряженных с ним

территорий [2].

Данная работа проводилась в рамках общего исследования – оценки экосистемных функций природно-территориальных комплексов Большеземельской тундры (БЗТ) в ранге урочищ. Цель данной работы – оценка относительной (в баллах) экологической значимости почв БЗТ. При назначении балла использовались опубликованные сведения, данные космического дешифрирования и полевых исследований.

Оценка относительной экологической значимости почв (как степень риска деградации конкретного ландшафта и сопряженных с ним территорий) проводилась в баллах по двум критериям, включающим следующие 5 параметров:

I. Неустойчивость (экологическая уязвимость) – неспособность почвы к естественному восстановлению после антропогенных воздействий. Для района исследований наиболее значимыми видами воздействия являются механическое нарушение (1) и нефтяное загрязнение (2).

II. Неспособность к аккумуляции органических и неорганических поллютантов – жидких (3) и твердых (4) углеводов (УВ), тяжелых металлов (5), т.е. неспособность почвы защищать сопредельные среды и сопряженные ландшафты от вторичного загрязнения. Почвы, у которых защитная функция выражена слабее, так же, как и неустойчивые почвы, не должны становиться объектами непосредственного антропогенного воздействия [2].

По каждому параметру всем почвам присваивался балл от 1 (минимальная выраженность) до 4 (максимальная выраженность). Итоговый балл рассчитывался как среднее арифметическое. Почвы, наиболее подверженные деградации и неспособные защищать от загрязнения, получают высокий средний балл и представляют максимальную экосистемную значимость [2].

На данной территории выделяются следующие основные типы (подтипы) и комплексы почв: в лесных урочищах – глееподзолистые и глееподзолистые иллювиально-гумусовые

почвы, подзолы иллювиально-гумусово-железистые, болотно-подзолистые и болотно-подзолистые иллювиально-гумусовые почвы; в редколесьях – комплекс глееподзолистых пропитанно-гумусовых и сухоторфянистых почв; в болотных урочищах – болотные верховые торфяно-глеевые и торфяные почвы, болотные верховые остаточно-низинные и болотные низинные перегнойно-глеевые и перегнойные почвы; в урочищах торфяников – комплексы тундровых остаточно-торфяных мерзлотных и болотных верховых торфяных (мерзлотных) почв; в тундровых урочищах – комплексы тундровых поверхностно-глеевых/ оподзоленных с сухоторфянистыми аналогами (бугорков) и почвами пятен; тундровых иллювиально-гумусовых оподзоленных/сухоторфянистых почв, болотно-тундровых торфяно-(торфянисто-) глеевых и болотно-тундровых сухоторфяно-(сухоторфянисто-) глеевых мерзлотных почв; в небольших урочищах с луговой растительностью – дерново-луговые почвы; в поймах – аллювиальные дерновые кислые повы (в т.ч. примитивные слоистые и дерново-глеевые) [3].

Устойчивость или неустойчивость почвы к механическим нарушениям зависят от гранулометрического состава, структуры, сложения, мощности органогенного горизонта, скорости возобновления растительного покрова, положения в рельефе, риска развития термокарста [2].

Устойчивость к нефтяному загрязнению (самоочищающая способность) и способность аккумулировать УВ зависят от возможности миграции и выноса жидких УВ с поверхностными и грунтовыми водами за пределы почвенного профиля (т. е. от гранулометрического состава, содержания органики, типа водного режима), а также от интенсивности процессов окисления и биodeградации УВ. Интенсивность разложения определяется гидротермическим режимом и окислительно-восстановительными условиями, влияющими на активность микроорганизмов и скорость химических реакций [4].

Основными потенциальными загрязнителями ландшафтов

и почв криолитозоны являются также тяжелые металлы (ТМ). Неспособность почв к аккумуляции ТМ – величина, обратная потенциальной опасности загрязнения почв ТМ. Для последней разработаны критерии относительной оценки [3, 6, 7]. Окислительно-восстановительные и кислотнo-щелочные условия в почвах определяют классы водной миграции. С каждым почвенным горизонтом связаны определенные геохимические барьеры, способствующие накоплению загрязняющих веществ [3, 6, 7].

Проведенная оценка позволяет выделить почвы, имеющие наибольшую экосистемную ценность: болотно-тундровые почвы (средний балл 3,0), подзолы (2,9), глееподзолистые (2,8), тундровые глеевые (2,7), тундровые иллювиально-гумусовые (3,1) почвы, а также плоско- и выпуклобугристые торфяники (2,7-2,8) [2, 3]. Однако, с учетом других экологических ограничений, данное соотношение может сильно измениться, например, аллювиальные почвы (довольно устойчивые к воздействиям и имеющие значительный потенциал самоочищения), по определению, не подходят для размещения промышленных объектов.

Сравнительный анализ экосистемных функций различных ландшафтов и почв позволяет, хотя бы примерно, оценить их и дать возможность принятия разумных, экологически обоснованных решений – размещать промышленные объекты и производственную инфраструктуру на менее экологически значимых территориях, используя кустовое бурение наклонных скважин. Этот подход позволит оптимизировать природопользование на территориях, составляющих общебиосферный экологический каркас.

Литература

1. Мачулина Н.Ю., Лазарева В.Г., Мачулин Д.Л. Сравнительная оценка экосистемных функций почв репрезентативных урочищ подзоны сплошного распространения многолетнемерзлых пород

Большеземельской тундры // Естественные и технические науки. 2022. № 6 (169). С. 181-187.

2. *Мачулина Н.Ю.* Сравнительная оценка экосистемных свойств почв южной криолитозоны Большеземельской тундры // Проблемы региональной экологии. 2014. № 5. С. 77-82.

3. Атлас почв Республики Коми / под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. – 356 с.

4. *Паулюскавичус Г., Грабаускене И.* Методика прогнозирования устойчивости природных систем к антропогенным воздействиям. Вильнюс: Мокслас, 1989. – 113 с.

5. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.

6. *Глазовская М.А.* Почвенно-геохимическое картографирование для оценки экологической устойчивости среды // Почвоведение. 1992. № 6. С. 5-13.

N.Y. Machulina, G.V. Nikolaeva, G.G. Osadchaya
ECOSYSTEM FUNCTIONS OF SOILS IN THE ARCTIC ZONE
OF THE EUROPEAN NORTHEAST:
A COMPARATIVE ANALYSIS

Ukhta State Technical University, Russia

The article analyzes the ecosystem functions of various soil types in the Arctic zone of the European Northeast (using the Bolshezemelskaya tundra as an example). A relative point assessment of the ecological significance of soils was carried out according to the criteria of instability to anthropogenic impacts and inability to accumulate pollutants. Based on the total score, the least stable soils were identified, on which the placement of industrial facilities and production infrastructure should be avoided.

**Николаева А.Н.¹, Березкин В.Ю.^{1,2}, Баранчуков В.С.²,
Колмыкова Л.И.², Костин А.С.², Головин М.Л.²**
**ПРИЧИНЫ НИЗКОГО СОДЕРЖАНИЯ ЙОДА
В ПОЧВАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ
НЕКОТОРЫХ РЕГИОНОВ ЦЕНТРАЛЬНОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА РФ**

¹*Российский университет дружбы народов имени Патриса
Лумумбы, Россия*

²*Институт геохимии и аналитической химии
имени В.И. Вернадского Российской академии наук, Россия*

Исследовано распределение йода в системе почва–растение геохимически контрастных ландшафтов, используемых в качестве местных пастбищ в Брянской, Орловской, Калужской и Тульской областях. Указанные области России наиболее пострадали от выпадения изотопов йода в результате аварии на ЧАЭС 1986 г., что в сочетании с низкой обеспеченностью территории стабильным йодом могло пагубным образом отразиться на распространённости заболеваемости щитовидной железой местного населения. Установлено, что при широком диапазоне варьирования значений, для верхних 20 см почв характерно увеличение содержания йода в направлении с северо-запада на юго-восток. Показана зависимость содержания йода в разных типах почв от уровня органического углерода и показателя pH. Содержание йода в пастбищной растительности также варьирует в широких пределах, достигая максимума на серых лесных почвах.

Одной из причин рака щитовидной железы, актуальной проблемы нашего времени, помимо генетической предрасположенности, образа жизни, техногенных факторов и др., является низкое содержание йода и некоторых других микроэлементов в продуктах питания. Недостаток йода в организме человека приводит к умственной и физической утомляемости, снижению иммунитета, развитию эндемичного зоба, дефицит йода может провоцировать и ряд других болезней [1, 3, 5]. Ключевую роль в поступлении йода в рацион населения сельских населенных пунктов играют

почвы сельскохозяйственных угодий. С 2007 года сотрудниками ГЕОХИ РАН ведутся систематические исследования содержания природного йода в почвах сельскохозяйственных ландшафтов районов России, наиболее пострадавших при аварии на Чернобыльской АЭС (1986 г.). Оценка этого природного фактора, повышающего риски развития рака щитовидной железы [4], как никогда актуальна.

Цель работы – оценка содержания йода в нижних звеньях трофической цепи (почвы пастбищ и укусы пастбищной растительности) Калужской, Брянской, Орловской и Тульской областей, а также факторов его накопления и миграции (органический углерод и рН-водный почв).

Результаты работы пополняют базу данных многолетних исследований ГЕОХИ РАН «БРЯНСК-ЙОД» и позволяют оценить риск заболеваемости щитовидной железы местного населения на основе экспериментальных данных и данных медицинской статистики (ЦНИИОИЗ Минздрава РФ).

Полевые исследования проводили в летний период вблизи населённых пунктов основываясь на данных о структуре почвенного покрова, радионуклидного загрязнения и опубликованных медицинских данных по уровням заболеваемости населения в отдельных районах.

На каждом пастбище выбирались тестовые площадки с однородным фитоценозом в пределах одного элемента рельефа. Отбор образцов почв проводился ручным тростевым буром из верхнего слоя почвы мощностью 20 см послойно в следующем интервале глубин: 0-5 см, 5-10 см и 10-20 см. Тип почвы диагностировали по почвенной карте масштаба 1:2 500 000 [9]. Содержание йода, органического углерода и рН-водный в почвах определялись в лаборатории биогеохимии окружающей среды ГЕОХИ РАН. Определение концентраций йода произведено кинетическим роданидно-нитритным методом [7], содержание Сорг. - по бихроматному методу Тюрина [6], рН-водный - по стандартной методике [8] с помощью рН-метра pH54 Waterproof pH Pen (Milwaukee).

Статистическую обработку результатов проводили по классическим методикам в программе MS Excel. Всего было обследовано 55 индивидуальных точек отбора почв, характеризующих различные типы почв (дерново-подзолистые, серые лесные, чернозёмы) пастбищ вблизи 33 населённых пунктов (рис. 1).

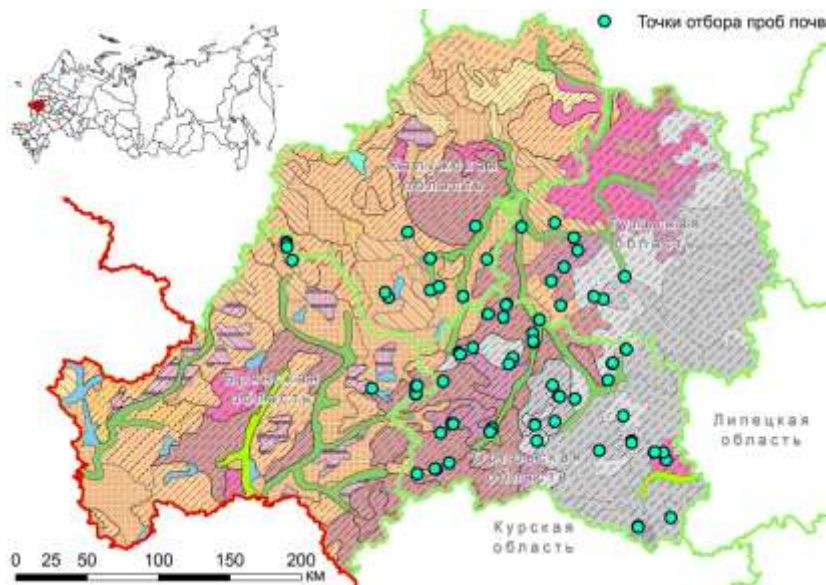


Рис. 1. Карта фактического материала

По результатам исследования, содержание йода в верхнем 20 см слое почвы варьирует в широких пределах во всех типах исследованных почв: дерново-подзолистые 0,10-1,61 мг/кг, серые лесные 0,21-3,54 мг/кг, чернозёмы 1,03-5,71 мг/кг. При этом, только в чернозёмах единичные значения превышают нижнюю пороговую концентрацию по В.В. Ковальскому (5 мг/кг). По медианным значениям содержания йода все исследуемые почвы отличаются по уровню йододефицита: от умеренного в чернозёмах (2,79 мг/кг) до острого в дерново-подзолистых почвах (0,6 мг/кг).

Основной причиной низкого содержания йода, как показывают наши исследования являются не первичные поступления йода с осадками, а их перераспределение в связи с почвенно-геохимическими условиями. Так, подтверждена ранее выявленная [2] связь содержания йода с органическим веществом почв: содержание органического углерода закономерно убывало в ряду (медиана): черноземы (4,66 мг/кг) > серые лесные (3,52 мг/кг) > дерново-подзолистые (2,82 мг/кг). Сорбция йода органическим веществом почв обеспечивает его сохранение в её верхних горизонтах в доступной для растений форме.

В меньшей степени на распределение йода в исследованных нами почвах влияет класс водной миграции. Величина рН-водного почв в верхнем слое (0-20 см) колеблется в широких пределах: дерново-подзолистые (4,20-7,27); серые лесные (5,32-7,6); чернозёмы (5,56-7,46). В результате значимой корреляции содержания йода и рН-водного почв не выявлено, что, по-видимому, связано, с последствиями длительного антропогенного использования рассмотренных почв. Тем не менее, наименьшие медианные значения йода соответствуют наиболее кислым из исследованных почв (дерново-подзолистые, рН=6,01). Значимых различий рН водного в верхнем слое серых лесных (5,36-7,42) и чернозёмов не выявлено (5,50-7,32).

Особого внимания заслуживает содержание йода в укусах пастбищной растительности исследованных агроценозов: дерново-подзолистые (0,03-0,51 мг/кг); серые-лесные (0,1-1,01 мг/кг); чернозёмы (0,05-0,36 мг/кг). По-видимому, значительную роль в переходе йода из почв в растения играет видовой состав пастбищной растительности, не учтённый в данной работе. Влияние растительных ассоциаций на перераспределение йода в агроценозе будет показано нами в дальнейших исследованиях.

Результаты работы могут быть использованы для организации системы мониторинга и разработки мер по

профилактике недостатка йода, особенно в районах с потенциальным риском радиоактивного загрязнения.

Работа выполнена за счёт средств бюджетного финансирования Института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского Российской академии наук (ГЕОХИ РАН).

Литература

1. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова А.С.* Микроэлементозы человека. М.: Медицина, 1993. - 496 с.
2. *Березкин В.Ю., Коробова Е.М., Баранчуков В.С., Костин А.С.* Органический углерод как фактор дифференциации йода в почвенном покрове пастбищ Брянской и Орловской областей. // Бюллетень почвенного института им. В.В. Докучаева. 2024. №119. С. 98-122.
3. *Виноградов А.П.* Йод в природе. // Природа. 1927. №9 С. 670-678.
4. *Дедов И.И., Свириденко Н. Ю., Герасимов Г.А.* Оценка йодной недостаточности в отдельных регионах России. // Проблемы эндокринологии. 2000. №46(6). С 3–7.
5. *Кашин В.К.* Биогеохимия, физиология и агрохимия йода. Л.: Наука, 1987. – 261 с.
6. *Никитин Б.А.* Уточнение к методике определения гумуса в почве. //Агрохимия. 1983. 8. С. 18-26.
7. *Проскурякова Г.Ф., Никитина О.Н.* Ускоренный вариант кинетического роданидно-нитритного метода определения микроколичеств йода в биологических объектах. // Агрохимия. 1976. №7. С. 140–143.
8. Стандартная рабочая методика для измерения рН почвы. ФАО. Рим. 2021. – 21 с.
9. *Шоба С.А., Иванов А.Л.* Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2014. - 768 с.

***Nikolaeva A.N.¹, Berezkin V.Yu.^{1,2}, Baranchukov V.S.²,
Kolmykova L.I.², Kostin A.S.², Golovin M.L.²***

**CAUSES OF LOW IODE CONTENT IN SOILS OF
AGRICULTURAL GROWTH IN NON-COUNTRY REGIONS
OF THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT OF RUSSIA**

*¹ Peoples' Friendship University of Russia
named after Patrice Lumumba (RUDN University), Russia*

*² V.I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry
of the Russian Academy of Sciences, Russia*

The distribution of iodine in the soil-plant system of geochemically contrasting landscapes used as local pastures in Bryansk, Orel, Kaluga and Tula regions was studied. These regions of Russia suffered the most from iodine isotope deposition as a result of the Chernobyl accident in 1986, which in combination with low availability of stable iodine in the territory could have a detrimental effect on the prevalence of thyroid disease in the local population. It is established that with a wide range of variation of values, the upper 20 cm of soils are characterized by an increase in iodine content in the direction from north-west to south-east. The dependence of iodine content in different types of soils on the level of organic carbon and pH indicator was shown. Iodine content in pasture vegetation also varies widely, reaching a maximum on gray forest soils.

Савушкин А.И.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТИЛОТРОФОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ В ЗОНАХ АКТИВНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

Петрозаводский государственный университет, Россия

fagafon@petsu.ru

Для оценки экологического состояния почвенных экосистем изучено разнообразие метилотрофных микроорганизмов, использующих одноуглеродные соединения в качестве источника энергии. Микроорганизмы выделяли в чистую культуру из микрофлоры почв Карельского экорегиона, которые представлены подзолистыми, дерново-подзолистыми почвами, суглинками, болотными торфяными и торфяно-глеевыми почвами.

Установлено, что обилие и таксономическое разнообразие метилотрофов зависят от типа почв и уровня антропогенного пресса. Наибольшая доля метилотрофов соответствовала микрофлоре дерново-подзолистых почв, обогащенных минеральными и органическими удобрениями.

Трансформированные болотные торфяные и торфяно-глеевые почвы содержали незначительное количество метилотрофов.

Полученные данные по биоразнообразию метилотрофов необходимы для разработки методов мониторинга и восстановления плодородия почв, нарушенных в процессе землепользования.

Метилотрофные микроорганизмы представляют собой разнообразную группу бактерий, способных использовать одноуглеродные (C_1) соединения такие как метанол и метан в качестве единственного источника углерода и энергии. Относятся к группе аэробных хемогетеротрофных микроорганизмов, обладают специализированными ферментами, позволяющими им метаболизировать восстановленные углеродные субстраты, не содержащие углерод-углеродных связей. Метаболические пути связаны с окислением метанола посредством метанолдегидрогеназ (MDH) и с ассимиляцией формальдегида за счет серинового цикла, рибулозомоно-

фосфатного (RuMP) или ксилулозомонофосфатного пути (XuMP) [1]. В природе метилотрофы встречаются в ризосфере растений, в составе микрофлоры воды, почвы, где контролируют разнообразные процессы разложения органики с образованием одноуглеродных C₁-соединений и некоторых C₂- и C₃-соединений. На распространение и биоразнообразие метилотрофов влияют факторы окружающей среды, включая кислотность почв, влажность и содержание органического вещества. Интерес к исследованию биоразнообразия метилотрофов, к особенностям их экофизиологии и метаболизма связан с тем, что они используют в качестве источников углерода и энергии широкий спектр (более 50) C₁-соединений биогенного и абиогенного происхождения. Многие из субстратов метилотрофов обладают цитотоксическим и канцерогенным действием поэтому их присутствие в природных экосистемах необходимо для утилизации нежелательных соединений. Также они представляют собой природный биофильтр на пути эмиссии C₁-соединений в атмосферу и играют важную роль в глобальных циклах углерода.

С учетом актуальности исследования метилотрофных микроорганизмов, цель выполненной работы заключалась в изучении количественного и качественного разнообразия метилотрофов, обнаруженных в составе микробных сообществ агроландшафтов Карельского региона. Образцы почв отбирали из верхних органогенных горизонтов (на глубине 0-10 см) в июне-августе 2024 г на территории Пряжинского национального района Республики Карелия. Район характеризуется подзолистыми и дерново-подзолистыми почвами на суглинках в сочетании с болотными торфяными и торфяно-глеевыми почвами. Отличается разнообразными способами землепользованиями. Включает территории, используемые для ярового сева кормовых культур и территории бывших разработок низинного торфа. Для изучения биоразнообразия метилотрофов было выбрано

5 пробных площадок (25 участков) на основании предварительных полевых исследований почвенного покрова, факторов почвообразования, рельефа, растительности, степени антропогенного воздействия. Почву для микробиологического анализа отбирали в соответствии с методическими рекомендациями Белоусовой Е.Н. [2], Федорец Н.Г. и Медведевой М.В. [3] с соблюдением правил асептики. Для получения накопительной культуры микроорганизмов использовали очищенную от растительных остатков навеску почвы массой 1 г, которую переносили в колбу с 50 мл питательной среды «К» следующего состава, (г/л): K_2HPO_4 – 2.0, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – 2.0, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.025, NaCl – 0.5, $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ – 0.002, дистиллированная вода – 1 л, метанол (2% об/об) и 50 мкл витаминного раствора. Культивирование выполняли на шейкере (180 об/мин) при 28°C в течение 5 суток. После появления культурального роста 10 мл микробной суспензии переносили в свежую среду с метанолом и повторно инкубировали в течение 3 суток согласно рекомендациям Дорониной Н. В. с соавторами [4]. Для идентификации микроорганизмов использовали бактериоскопические, бактериологические методы и технологию MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption Ionisation-Tune Of Flight) [5]. Полученные данные обрабатывали статистически с использованием программ для работы с электронными таблицами Microsoft Excel [6].

В результате выполненного исследования обнаружено различное относительное содержание метилотрофных бактерий в зависимости от типа почв и способа землепользования (рис. 1). На территориях активного земледелия с использованием механизации, органических и минеральных удобрений для обогащения почвы питательными веществами, обилие метилотрофов изменялось от 1.2% (суглинки, pH 5.8) до 14.1% (дерново-подзолистые почвы, pH 6.4).

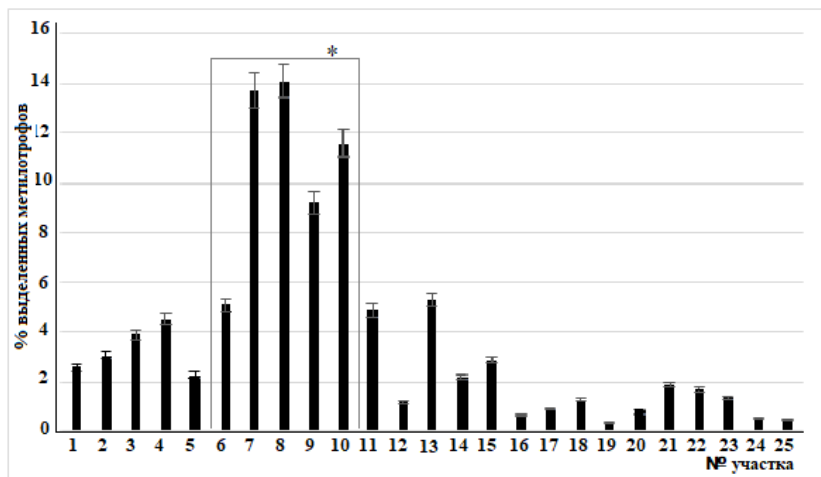


Рис. 1. Доля метилотрофов в составе микрофлоры почв исследуемых участков: * - обилие метилотрофов в составе микрофлоры дерново-подзолистых почв

В составе микрофлоры болотных торфяных и торфяно-глеевых почв относительное содержание метилотрофных бактерий было незначительным и изменялось от 0.4% (болотные торфяные почвы, pH 4.1) до 1.9% (торфяно-глеевые почвы, pH 4.6), характерные для территорий бывших разработок низинного торфа. Поскольку метилотрофные бактерии предпочитают нейтральную или слабощелочную реакцию pH (6.0–8.0), в кислых болотных и торфяных почвах их активность была низкой поскольку многие ферменты, участвующие в метаболизме метанола, оптимально работают при значениях pH, близких к нейтральным.

Благодаря изучению таксономического разнообразия выделенных культур метилотрофных бактерий, в составе исследуемых микробных сообществ были обнаружены облигатные метилотрофы *Methyломонас* и факультативные – *Hyphomicrobium*. Преобладали таксоны, отнесенные к факультативным метилотрофам – это виды рода *Methylobacterium*, как более адаптированные к неблагоприятным средовым

факторам за счет способности переключаться на многоуглеродные субстраты (глюкозу или другие органические соединения).

На основании полученных данных установлено, что метилотрофные бактерии обладают высокой чувствительностью к разным типам почв, кислотности и к содержанию органических соединений. Относительное содержание и таксономическое разнообразие в исследуемых сообществах связаны с особенностями антропогенной нагрузки на почву, включая добычу торфа с заболоченных территорий. Увеличение концентрации метилотрофов свидетельствует о повышенном содержании легкоусвояемых органических веществ, что может указывать на изменение естественного баланса почвенной микрофлоры в зонах активного земледелия и использования удобрений. Изменение численности метилотрофов происходит быстрее, чем изменения физико-химических характеристик почвы, что позволяет использовать эти микроорганизмы для раннего выявления негативных воздействий на экосистемы. Соответственно, мониторинг популяций метилотрофов может служить эффективным инструментом для оперативной оценки степени деградации почв и разработки мер по восстановлению плодородия.

Литература

1. Gan Y. et al. Metabolic engineering strategies for microbial utilization of methanol //Engineering Microbiology. 2023. V. 3. №3. С. 100081.
2. Белоусова Е. Н. Инструментальные методы исследования почв и растений. Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2014. –267 с.
3. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. – 84 с.
4. Доронина Н.В., Торгонская М.Л., Федоров Д.Н., Троценко Ю.А. Аэробные метиловобактерии – перспективные объекты современной

биотехнологии (обзор) // Прикл. биохимия и микробиология. 2015. Т. 51. № 2. С. 111–121.

5. Jamal W., Albert M.J., Rotimi V.O. Real-time comparative evaluation of bioMerieux VITEK MS versus Bruker Microflex MS, two matrix-assisted laser desorption-ionization time-of-flight mass spectrometry system, for identification of clinically significant bacteria // BMC Microbiol. 2014. Vol. 30 (14). С.289.

6. Коросов А. В., Горбач В. В. Компьютерная обработка биологических данных. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2017. – 96 с.

Savushkin A.I.

**APPLICATION OF METHYLOTROPHS FOR ASSESSMENT
OF ECOLOGICAL STATE OF SOIL ECOSYSTEMS IN ZONES
OF ACTIVE FARMING**

Petrozavodsk State University, Russia

The qualitative and quantitative diversity of methylotrophic microorganisms using one-carbon compounds as an energy source has been studied to assess the ecological state of soil ecosystems in the zones of active farming. The biodiversity of methylotrophs isolated in pure culture from the microflora of soils of the Karelian ecoregion, which are represented by podzolic, sod-podzolic soils, loams, bog peat and peat-gley soils, was studied. The abundance and taxonomic diversity of methylotrophs were found to depend on soil type and the level of anthropogenic pressure. The highest proportion of methylotrophs corresponded to the microflora of sod-podzolic soils enriched with mineral and organic fertilisers. Transformed bog peat and peat-gley soils contained an insignificant number of methylotrophs. The obtained data on biodiversity of methylotrophs are necessary for development of methods for monitoring and restoration of fertility of soils disturbed in the process of land use.

Харыбина А.С., Самохина Н.П.
Научный руководитель: Филимоненко Е.А.
**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТИПА ГОРНОГО ЦЕНОЗА
НА СТАБИЛЬНОСТЬ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА
ПОДСТИЛКИ И ПОЧВ**

Университет «Сириус», Россия
harybina.as@talantiuspeh.ru

Разлагаемость подстилки в условиях субальпийского луга выше, чем в смешанном лесу. Пул потенциально минерализуемого углерода подстилки увеличивался с уменьшением соотношения C:N и снижением ее термической стабильности. Органического вещества почв термически более стабильно, чем в подстилке, а также стабильнее в почве под лесом по сравнению с почвой субальпийского луга.

Стабильность органического вещества (ОВ) определяется тем, насколько оно устойчиво к микробному разложению. Стабильность ОВ зависит от его биохимического качества, которое в значительной мере регулируется типом фитоценоза. Более стабильное ОВ способно сохраняться в почве дольше по сравнению с лабильным, обеспечивая смягчение последствий глобального потепления. Потепление климата приводит в горных районах к поднятию верхней границы леса – субальпийские и альпийские луга замещаются лесными ценозами [1]. Это влечет за собой трансформацию почвенного цикла углерода (C) и изменение ведущих механизмов стабилизации почвенного ОВ (ПОВ) в результате изменения количества и качества поступающего в почву углерода с растительными остатками [2]. Для оценки влияния качества ОВ подстилки на стабильность ПОВ в условиях горного лесного и субальпийского лугового ценозов мы использовали сочетание методов биокинетического фракционирования ОВ подстилки и термического анализа подстилки и почв. Отбор проб подстилки (0,0625 м²) и почвы (0-5 см) на участках смешанного леса (1700–1850 м.н.у.) в 6 полевых повторностях и субальпийского луга (2000 м.н.у.) в 3 полевых повторностях

был выполнен на территории плато Бзерпинский карниз (Кавказский биосферный заповедник, 43°42'35" с.ш. 40°22'34" в.д.) в августе 2024 года.

Подстилка была высушена и каждый образец разделен на две части: первая была измельчена в пудру на вибрационной шаровой мельнице Retsch MM400 для дальнейших элементного и термического анализов, вторая была механически измельчена до размеров 1-2 мм для определения разлагаемости ее ОВ методом длительной инкубации. Почвы были просеяны через сито 2 мм для оценки скорости микробного дыхания, углерода микробной биомассы и приготовления почвенной водной вытяжки для первичной инокуляции подстилки при ее инкубировании, а также измельчены в пудру для термического и элементного анализов.

Содержание С и азота (N) было определено методом сухого каталитического сжигания на анализаторе Vario Pyro Cube (Elementar, Германия). Термический анализ почв и подстилки выполнялся методом окислительного сжигания (нагревание до 650°C со скоростью 10°C/мин в окислительной атмосфере) на приборе TGA/DSC 3+ (Mettler Toledo, Швейцария). В результате анализа по перегибам термических кривых рассчитывали содержания в почве и подстилке лабильного (сгорает при 170-360°C), стабильного (360-500°C) и устойчивого (500-650°C) ОВ и температуру потери половины ОВ (T_{50}), которая является интегральным маркером термической стабильности ОВ [3].

Скорость микробного дыхания почв определяли по интенсивности выделения CO_2 (SBA-5, PP System, США) при их инкубации при температуре 20°C и влажности 60% от водоудерживающей способности. Углерод микробной биомассы ($\text{C}_{\text{мик}}$) был определен методом субстрат-индуцированного дыхания [4].

Для оценки разлагаемости ОВ подстилки была проведена 119-дневная инкубация с замерами скорости выделения CO_2 и расчетом кумулятивных потерь С в результате микробной

минерализации ОВ подстилки.

Содержание С в почвах смешанного леса ($12 \pm 2,0\%$) на треть ниже по сравнению с почвой субальпийского луга ($19 \pm 0,39\%$). Соотношение С:N маркирует более высокое качество ОВ подстилки в условиях субальпийского луга (22) по сравнению со смешанным лесом (26).

Содержание стабильного и устойчивого ОВ в почве под лесным ценозом на 5% выше по сравнению с почвой субальпийского луга (рис.16). Это связано с более быстрой минерализацией ОВ, характеризующегося как термически лабильный, который состоит преимущественно из углеводов и других алифатических соединений. [5] Термическая стабильность ОВ почв лесного ценоза была выше, чем лугового согласно результатам T_{50} (рис.2).

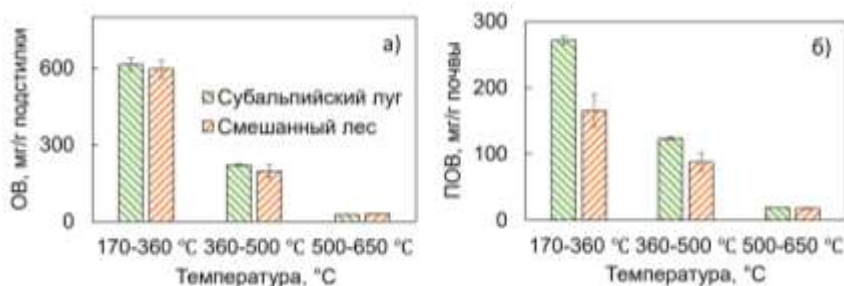


Рис. 1. Содержание термически лабильного (170-360°C), стабильного (360-500°C) и устойчивого (500-650°C) ОВ в подстилке (а) и почве (б) смешанного леса и субальпийского луга

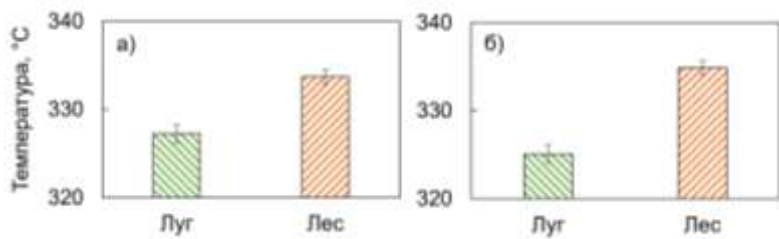


Рис. 2. Температура потери половины ОВ (T_{50}): а) в подстилке; б) в почве смешанного леса и субальпийского луга

Скорость разложения ОВ подстилки в условиях субальпийского луга была на 50% выше, чем в смешанном лесу (рис.3), поскольку лесная подстилка содержит больше ароматических соединений, лигнина и других полифенолов [5]. За 119 дней инкубации в подстилке смешанного леса минерализовалось 23% от исходного содержания С, тогда как в условиях субальпийского луга – 32%.

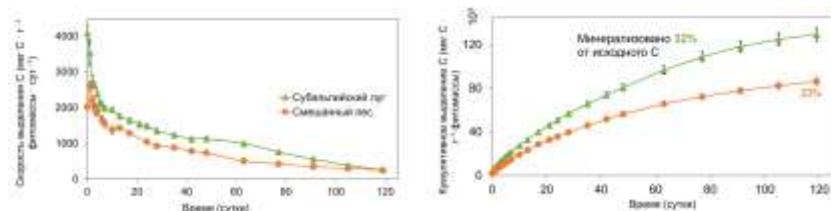


Рис. 3. Скорость минерализации ОВ подстилки (а) и кумулятивное выделение С (б) в результате длительной инкубации подстилки смешанного леса и субальпийского луга

Количество минерализуемого С в подстилке увеличивалось со снижением термической стабильности ее ОВ (рис.4).

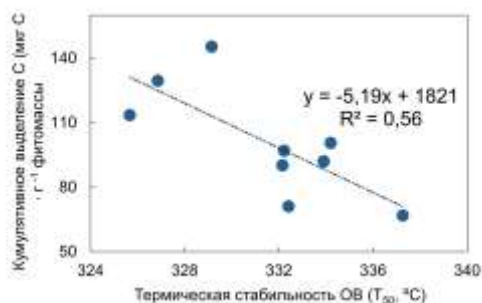


Рис. 4. Зависимость разлагаемости ОВ подстилки от ее термической стабильности

ОВ подстилки в лесном ценозе является более термически стабильным по сравнению с луговым, что объясняет меньшую скорость его минерализации и меньшую потенциальную разлагаемость. В результате этого почвы леса характеризуются

большей долей стабильных фракций ПОВ по сравнению луговыми.

Таким образом, при поднятии верхней границы леса в горных регионах, например, в результате потепления климата, и последующей за этим сменой качества подстилки, ожидается уменьшение разлагемости ОВ подстилки и замедление оборачиваемости С в почвах. Смена лугового ценоза лесным приведет к увеличению доли стабильного ОВ в почвах, что будет способствовать снижению скорости оборачиваемости С в условиях горных экосистем.

Работа выполнена в рамках государственной программы федеральной территории «Сириус» «Научно-технологическое развитие федеральной территории «Сириус» (Соглашение №18-03 от 10.09.2024). Авторы выражают благодарность сотрудникам Университета «Сириус» Козырь И.В., Оберемок И.А., Пургиной Д.В. за организацию и выполнение работ по отбору проб.

Литература:

1. Sushko S., Ivashchenko K., Komarova A., Yudina A., Makhantseva V., Elsukova E., Blagodatsky S. Shifting Mountain Tree Line Increases Soil Organic Carbon Stability Regardless of Land Use. // Plants. 2024. Vol.13. P.1193.
2. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Мякина Т.Н. и др. Анализ временной изменчивости дыхания дерново-слабоподзолистой почвы в лесном и луговом ценозах южно-таежной зоны // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2022. №2. С.28-37
3. Холодов В.А., Рогова О.Б., Лебедева М.П. и др. Органическое вещество и минеральная матрица почв: современные подходы, определения терминов и методы изучения (обзор) // Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. 2023. Вып. 117. С.52-100
4. Anderson J.P.E., Domsch K.H. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils // Soil Biol. Biochem. 1978. V. 10 (3). P. 215–221.

5. *Fern'andez J.M., Plante A.F., Leifeld J., Rasmussen C.* Methodological considerations for using thermal analysis in the characterization of soil organic matter. // *J. Therm. Anal. Calorim.* 2011. Vol. 104. C.389–398.

A.S. Kharybina, N.P. Samokhina

Scientific adviser: E.A. Filimonenko

**MOUNTAIN CENOSIS TYPE AFFECT ORGANIC MATTER
STABILITY IN LITTER AND SOIL**

Sirius University of Science and Technology, Russia

The plant litter decomposability was higher in subalpine grassland than in mixed forest. The potentially mineralizable C pool in litter increased with decreasing C:N ratio and decreasing its thermal stability.

The proportion of thermally stable organic matter was higher in soils than litter and increases under forest mixed compared to subalpine grassland.

Цимбал А.В.

Научный руководитель: Косицына О.А., Чагарова О.В.

**ВЛИЯНИЕ БИОФУНГИЦИДА «БИОФУНГИН»
НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ЛУГОВО-
ЧЕРНОЗЕМОВИДНОЙ ПОЧВЫ**

*Благовещенский государственный педагогический университет,
Россия*

ivanolga2005@mail.ru

Одним из путей решения проблемы деградации почвы является применение средств химизации микробиологического происхождения. К таким препаратам относится биофунгицид «БиоФунгин (АО «Аметис»)). Обработку почвы «БиоФунгином» проводили после уборки зерновых культур по стерне, перед вспашкой почвы. В ходе исследования установили, что обработка почвы «БиоФунгином» активизирует почвенные микроорганизмы и как следствие повышается целлюлозолитическая активность и интенсивность дыхания почвы. Микробный пул лугово-черноземовидной почвы представлен такими группами бактерий, участвующими в круговороте азота, как аммонификаторы-анаэробы, нитрифицирующие и азотфиксирующие бактерий. Общее микробное число аммонификаторов-анаэробов и азотфиксаторов выше в почве, обработанной «БиоФунгином».

Потеря почвенного плодородия является актуальной проблемой сельскохозяйственного производства. Решить вопрос деградации почв возможно при использовании берегающего земледелия и биотехнологии. Микробные препараты – это реальная альтернатива средствам химизации и экологизация земледелия. Одним из таких микробиологических препаратов являются биофунгициды. Применение биофунгицидов не только сохраняет почвенную микрофлору, но и обогащает ее гормоноподобными веществами, повышающими иммунитет растений [1].

Биофунгицид «БиоФунгин», врк (АО «Аметис») представлен спорами гриба *Trichoderma viride* (концентрация 10^9 спор/г).

Грибы рода *Trichoderma* выделяют антибиотические вещества и гидролитические ферменты, способные разлагать растительные остатки. Помимо этого, *Trichoderma* уничтожает почвенные патогены, проникая во внешние слои клеток корня иницирует сложный процесс физиологических реакций, приводящий к развитию фитоиммунитета [2].

Биологическую активность почвы оценивают по ее целлюлозоразлагающей способности, интенсивности дыхания и ферментативной способности. Определение основных показателей биологической активности почвы позволяет судить о процессах, протекающих с участием почвенных микроорганизмов и их активности [3, 4].

Цель исследования – изучение влияния биофунгицида «БиоФунгин», врк на биологическую активность лугово-черноземовидной почвы. Задачи исследования: оценить интенсивность дыхания и целлюлозоразрушающую способность почвы; определить общее микробное число групп микроорганизмов, участвующих в круговороте азота.

Объектом для исследования послужила лугово-черноземовидная почва КФХ «Прохладное», с. Поярково Михайловский район, Амурская область. Отбор проб проводили в октябре 2024 г. через два месяца после обработки почвы биофунгицидом «Биофунгином», врк.

Для изучения биологической активности почв пробы отбирали с глубины 0-20 см в стерильные бумажные пакеты. На каждой исследуемой площадке было отобрано три образца, взятые по диагонали учетной делянки, которые в последующем были смешаны методом конверта для получения среднего образца. Каждый образец почвы сопровождался этикеткой, где указывали вариант опыта, дату [5].

Методика исследования включала определение:

- 1) целлюлозоразрушающей активности почвы аппликационным методом. Оценку биологической активности почв по целлюлозолитической способности почвы определяли по шкале предложенной Д.Г. Звягинцевым (% разложившегося

полотна): очень слабая < 10 %, слабая – 10-30 %, средняя – 30-50 %, сильная – 50-80 %, очень сильная > 80 % [5];

2) интенсивности дыхания (ИД) по количеству выделившегося CO₂. Биологическую оценку почв по уровню интенсивности дыхания (ИД) определяли по пятибалльной шкале, предложенной в [5]: от очень слабой (0-50 г/сут) до очень высокой (250 г/сут и выше).

Выявление азотфиксирующих бактерий проводили на твёрдой среде Эшби; нитрифицирующих бактерий в жидких средах Виноградского (первая и вторая фаза нитрификации); аммонификаторов-анаэробов на МПА. Идентификацию бактерий проводили по культурально-биохимическим признакам. Вероятное число бактерий определяли по таблице Мак-Креди (на 10 г почвы) [6].

Исследуемая почва характеризуется очень слабой интенсивностью дыхания. Однако в варианте с обработкой почвы «БиоФунгином» ИД выше на 58 % по сравнению с контролем. Целлюлозолитическая способность лугово-черноземовидной почвы оценивается как слабая и очень слабая. Обработка почвы «БиоФунгином» на 73% повышает ее целлюлозолитическую способность по сравнению с контрольным вариантом (табл. 1).

Таблица 1. Оценка биологической активности почвы

Вариант опыта	ИД, CO ₂ ·10 г/сутки	% разложения полотна
Почва, обработанная «БиоФунгином»	4,38	11,43
Почва, не обработанная «БиоФунгином» – к.	2,77	6,62

Микробиологический анализ показал наличие в почве аммонификаторов-анаэробов, причем наибольшее их число выявлено в опытном варианте, следовательно, процессы разложения органического вещества идут быстрее при обработке почвы «БиоФунгином». Колонии сформировались

морщинистые, белесые, округлой формы с ровным краем. В мазке форма клеток палочковидная, спорообразующие. Споры овальные, располагаются центрально, терминально и субтерминально. Грамположительны.

Во всех вариантах опыта выявлены нитрифицирующие бактерии. При реакции с дифениламином в присутствии концентрированной серной кислоты получена интенсивно синяя окраска (очень сильная) в варианте с обработкой почвы «БиоФунгином» (вероятнее всего это связано с более высоким содержанием в ней органического вещества, нитрифицирующие бактерии лучше развиваются в хорошо удобренных почвах – почвах с высокой степенью разложения органики). В контрольном варианте окраска культуральной жидкости характеризовалась как средняя (окраска культуральной жидкости с дефиниламином в присутствии концентрированной серной кислоты – синяя).

Во всех вариантах опыта выявлено наличие азотфиксаторов. На поверхности среды сформировались бесцветные слизистые вязкие колонии округлой формы с ровными краями. В мазках присутствуют палочки, грамотрицательные. В опытном варианте во всех разведениях присутствовали азотфиксаторы, в контроле только в разведении 1:1000 (табл. 2).

Таблица 2. Общее микробное число микроорганизмов, КОЕ

Вариант опыта	Аммонификаторы-анаэробы	Нитрифицирующие бактерии	Азотфиксаторы
Почва, обраб. «БиоФунгином»	Не менее 20×10^5	Не менее 20×10^5	Не менее 20×10^4
Почва, не обраб. «Биофунгином» – к.	Не менее 20×10^3	Не менее 20×10^5	Не менее 20×10^3

Таким образом, показано, что внесение «БиоФунгина» активизирует микробиологические процессы в почве.

Автор и научные руководители выражают благодарность АО «Аметис» за предоставленные образцы и консультативные услуги.

Литература

1. Дегтярева Е.А., Виноградова К.А., Александрова А.В., Филоненко В.А., Кожевин П.А. Почвенные актиномицеты как потенциальные биофунгициды // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2009. №2. С.22-26
2. Алимova Ф.К. Промышленное применение грибов рода *Trichoderma*. Казань : Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина, 2006. 209 с.
3. Нечаева Е.Х. Параметры оценки биологической активности почвы // Эпоха науки. 2015. № 4. С.495-498
4. Гринев Л.В. Биологическая активность почвы // Аграрное образование и наука. 2019. № 2. С.14
5. Федорев Н.Г. Медведева М.В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
6. Аникеев В.В., Лукомская К.А. Руководство к практическим занятиям по микробиологии. М. : Просвещение. 1983. 127 с.

Tsimbal Anastasia Viktorovna

Scientific adviser: Kositsyna O.A., Chagarova O.V.

INFLUENCE OF BIOFUNGICIDE "BIOFUNGIN" ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY OF MEADOW- CHERNOZEM-LIKE SOIL

Blagoveshchensk State Pedagogical University, Russia

Issues of agricultural land degradation are becoming increasingly relevant. One way to solve this problem is to use chemical agents of microbiological origin. The drug includes the biofungicide «BioFungin» (JSC Ametis). Tilling the land with «BioFungin» after harvesting grain crops for fodder, before plowing the land. The study found that soil treatment with «BioFungin» activates soil microorganisms and, as a result, increases cellulolytic activity and the intensity of soil respiration. The microbial pool of meadow-chernozem-like soil is represented by groups of bacteria participating in the nitrogen cycle, such as anaerobic ammonifiers, nitrifying and nitrogen-fixing bacteria. The total microbial number of anaerobic ammonifiers and nitrogen fixers is higher in the soil treated with «BioFungin».

ПРОДОВОЛЬСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЗАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Igwe Emmanuel

Scientific adviser: Nazih Y. Rebouh

EFFECT OF PRECIPITATION FLUCTUATION ON SPRING WHEAT PRODUCTIVITY: CASE STUDY OF MOSCOW REGION

*Peoples Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
(RUDN University), Russia*

emmaigwe05@gmail.com

Wheat is a food crop that is highly climatically influenced under normal environmental conditions, with precipitation being a key factor.

Our study examines precipitation data from two major sources (field data and NASA) to weigh the consistency of the data and examine the impact of measured values on wheat yields in critical production years (2017 and 2018). The two methods used to calculate rainfall show different values of monthly rainfall, but with the same trend

(decreasing). This was reflected in a decrease in MRWP yield from an initial value of 3,264,440 in 2017 to 2,276,770 in 2018, representing about 30% loss in wheat production centers. It is important to note that the field values showed superiority (53%) to NASA over our study period. In order to have specific data for more reliable results, we recommend using both methods in combination.

Climate change is considered a key driver of food security. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) acknowledged it. The ever-growing teeming human population on the earth is expected to continue to cause global high food demand on food consumption, in which wheat is considered as one of the common agricultural yields to meet this basic food need. This is simply due to the diverse use, and cheap to fulfill household nutrient demand. Studies have proven that wheat is a fragile crop, vulnerable to climate changes. Over the years, climate change has

proven to be a major setback for farmers for crop yield prediction due to rising surface temperatures, which causes low soil humidity and reduces the activities of the soil biome [1]. The aforementioned conditions tend to create temporary dormancy in wheat Lifecycle and extend its gestation period in the long term. If the situation is not tackled earlier enough, it may lead to a low wheat harvest, creating induced food scarcity and global food insecurity in the future [2]. What is interesting about this investigation, if not many, but the sole important role wheat grain plays in typical Russian household meals. The main product obtained from this finished product (processed) includes; bread which plays is essential component of the daily meal. It this grain product has from 11-24% and 14 to 15% protein subject to the variety, with about 95% digestibility rate. Variety with higher protein content is most ideal for bread while other varieties can serve other purposes such as alcohol, starch and much more.

In order not lose the above important roles of wheat grain, it will be pertinent it is shield from it from climate variability, especially water shortage which is known killer of wheat, with devastating effects on other grain crop. Therefore, the study pays special attention to measures for quantification of water available for wheat in the region in order to avert its most vulnerability, as well provided some cautioning guides to avert future wheat moisture shortage sustenance food policymakers [3].

The study adopted a statistical computation model to observe and draw conclusions on the findings. Climate data were collected and compared with wheat growth and yield responses. The study deploys data from the field and National Aeronautics and Space Administration (NASA) precipitation between 2017 and 2018. Monthly data were collected into three (3) categories 1, 2, and 3 namely each category is made of average 10 days. Crop years as runs from September to August, in this order we collected and analyse the results. The results were compared with wheat productivity in the same year to better understand extending the rainfall influence the quantity of wheat yield. The data for an

annual wheat production in for the study area was accessed through CEIC (<https://www.ceicdata.com/en/russia/crops-production-grain-wheat>).

The study was conducted in the Moscow region also known as oblast, located between latitudes 54° and 57° N and longitudes 35° and 41° E, Moscow Oblast borders in a wheat small field equipped with metrological station.

Moscow oblast shares a regional border with the following territories in Russian federation; Oryol Oblast in the southwest, Tula Oblast borders Moscow Oblast in the north, Kaluga Oblast in the west, Ryazan Oblast in the east, and Lipetsk Oblast in the southeast. With a population of 8,524,665 living in an area of 44,300 square kilometers (17,100 sq mi), it is one of the most densely populated regions in the country and is the second most populated federal territory according to RFSS. The region experiences humid continental climatic conditions with short but warm summers and long, cold winters. The period of the average temperature below 0 °C (32 °F) begins in early or mid-November and ends in late March (or very early April) and could last 130–150 days. The average annual temperature varies from +3.5 °C (38.3 °F) to +5.5 °C (41.9 °F) often.

In order to consider their overall effect of water availability in wheat production, the study deploys the two major methods of collecting the precipitation; physical contact (field record) and the remote method (NASA). Both values were collected in the same period to check it discrepancy.

We may notice in figure 1 that most of the period the value is collected there seem to be a difference in the value; however, what is interesting is that both sources reported a similar trend, either rising or declining values. The result achieved a linear interaction between 1/3 and 2/3 quarter of month, which convenes a message of close unify value between 1 to 20 days of each month. Henceforth, scientifically it could be assumed that after 20 days of month, precipitation tends to show more tendency to fluctuate from its usual pattern. Also, another important discovery is, in a rare

situation (little) period field and NASA shares the same value. This posed a serious concern to the method of field data collection as well the effectiveness of the NASA calibrating device as a gap to be filled in order to get precise precipitation value especially in a mass wheat cropland against what other scientists have investigated [4].

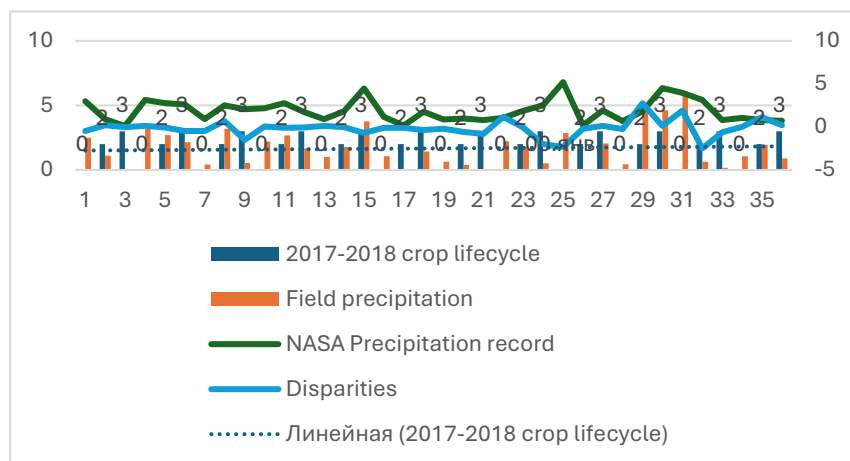


Fig. 1. The 2 methods of measuring precipitation

Our investigation did not just attempt to unravel the vagaries between the two major convectional methods of collecting precipitation sources, but provided the extent and based on tri-values interpolated monthly beginning from each 10 days of the months. This means the consistency of the difference has been accessed three times a month and we could understand the patterns of difference from both sources. The tentative value in figure 2 indicate within the 2017 and 2018 more disparities between 10 and 20 days monthly. The changes occur in non-directional patterns (positive and negatively) under the x and y axes. Both field and NASA values are polarized at some period and at this point it's difficult to make a choice on a more reliable parameter for finding justification, as both sources have their limitations. However, in order to make a fair scientific judgment on the data level, confidence

both physical and remote should be deployed in a blended approach.

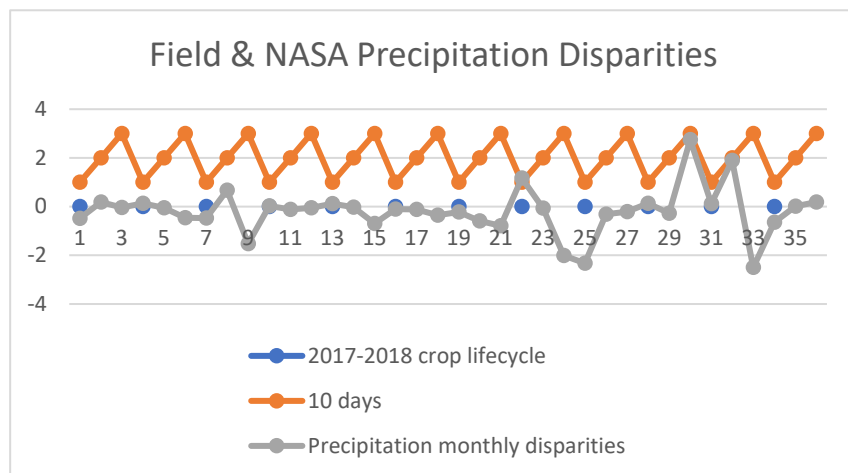


Fig. 2. Major difference between the field and NASA sensor precipitation value

We may agree that there is a steady decline in grain crop (wheat) production in the Moscow region from 2009 to 2020 from as put forward (fig. 3). This comes with no surprise considering the decline in the precipitation rate within those periods (fig.1), although it is understood that other ecological factor like soil temperature and permeability and soil nutrient availability could have a meaningful contribution; however, precipitation plays an overall roles in reshaping the outcome of the wheat yield [5].

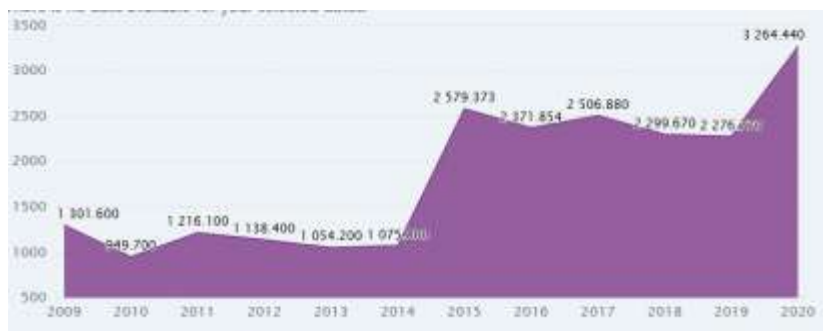


Fig. 3. Moscow region wheat production from 2009 to 2020

According to the Russia Federal Statistic Service (RFSS), the Moscow region wheat production (MRWP) was reported at 3,264.440 centre the in 2020, which is a progress compared with its previous number of 2,276.770 centers the for 2019. This further validates our claims on sharp declines in quantity of precipitation (fig. 2) between 2017 and 2018 which could have led to a significant reduction in wheat production in those Moscow regions production centres as reported by CEIC and RFSS.

Thus the study was conducted to ascertain the influence of natural sources of water in wheat production using two (2) methods to compute the precipitation rate, comprising of physical (field) and remote (NASA) sources respectively. Afterward the differences between both were examined, while the result was use to assess the impact on wheat productivity. Both approaches prove to be reliable, however, it need to be deployed together to arrive at concrete result.

References

1. *Ali Sajjad, Liu Ying, Ishag Muhammad, Shah Tariq, Abdullah Ilyas, Aasir, Din Izhar Ud.* Climate change and its impact on the yield of major food crops: Evidence from Pakistan. // Foods. 2017.№ 6(6). Pp.1-19
2. *Joseph Alcamo, Nikolai Dronin, Marcel Endejan, Genady Golubev, Andrei Kirilenko.* A new assessment of climate change impacts on food production shortfalls and water availability in Russia. // Global Environmental Change. 2007. №17(3-4). Pp.429-444

3. *Florian Schierhorn, Daniel Müller, Alexander V. Prishchepov, Monireh Faramarzi, Alfons Balmann.* The potential of Russia to increase its wheat production through cropland expansion and intensification. // *Global Food Security.* 2014. №3(3-4). Pp.133-141
4. *Matthew Reynolds, David Bonnett, Scott C. Chapman, Robert T. Furbank, Yann Mane`s, Diane E. Mather, Martin A. J. Parry.* Raising yield potential of wheat. I. Overview of a consortium approach and breeding strategies. // *Journal of Experimental Botany.* 2011. Vol. 62. No. 2. Pp. 439–452.
5. *Nazih Y. Rebouh, Chermen V. Khugaev, Aleksandra O. Utkina, Konstantin V. Isaev, Elsayed Said Mohamed, Dmitry E.Kucher.* Contribution of Eco-Friendly Agricultural Practices in Improving and Stabilizing Wheat Crop Yield. // *Agronomy.* 2023. №13. P. 2400.

Изве Эммануэль

Научный руководитель: Nazih Y. Rebouh

**EFFECT OF PRECIPITATION FLUCTUATION ON SPRING
WHEAT PRODUCTIVITY: CASE STUDY OF MOSCOW
REGION**

*Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы
(RUDN University), Россия*

Пшеница является продовольственной культурой, подверженной сильному климатическому влиянию при нормальных условиях окружающей среды, при этом осадки являются одним из ключевых факторов. Наше исследование изучает данные по осадкам из двух основных источников (полевые данные и NASA) с целью оценить согласованность данных и изучить влияние значений на урожайность пшеницы в критические годы производства (2017 и 2018). Два метода, используемые для расчета количества осадков, показывают разные значения месячного количества осадков, но с одной и той же тенденцией (снижение). Это отразилось на снижении урожайности с 3 264 440 т в 2017 году до 2 276 770 т в 2018 году, что составило около 30% потерь в центрах производства пшеницы. Полевые данные показали превосходство (53%) над NASA за период нашего исследования. Для получения более надежных результатов мы рекомендуем использовать оба метода в сочетании.

Khelif, Amira^{1,2,3}; Hajji-Hedfi, Lobna^{1,4}; Krouma, Abdelmajid^{2,3}

**IMPACT OF ECO-FRIENDLY STRATEGIES
ON TOMATO RESILIENCE TO HEAT STRESS
AND FUSARIUM WILT**

¹Regional Centre of Agricultural Research of Sidi Bouzid, Tunisia

²University of Sfax, Tunisia

³University of Kairouan, Tunisia

⁴Carthage University, Tunisia

Khelif95@gmail.com

This study evaluates the use of environmentally friendly management strategies, microbial consortia and compost, to improve plant resistance of two tomato cultivars, Dorra and Firenze, under severe conditions of high temperature stress (45 °C) and Fusarium wilt. The experiment was conducted under controlled conditions, with the application of treatments based on compost extract and/or a microbial consortium over a period of 30 days. The results show that the microbial consortium alone reduced MDA levels in the roots of the Dorra variety, while the application of compost extract reduced these levels in the Firenze variety. The combination of these two treatments resulted in an increase in protein levels. The microbial consortium increased the levels of total phenol content. Thus, the combination of microbial consortia and compost extract can effectively mitigate the negative effects of high temperature stress and Fusarium wilt, increasing the resistance of tomato plants.

Climate change exacerbates agricultural challenges by intensifying abiotic and biotic stresses, including drought, flooding, and disease. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.), a key crop for its nutritional value, is highly susceptible to extreme temperatures and pathogens like *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, which cause significant economic losses and promote excessive pesticide use. This study investigates the combined effects of high temperature stress (45 °C) and Fusarium wilt on two tomato varieties, Dorra and Firenze, and explores eco-friendly management strategies, such as microbial consortia and compost, to improve plant tolerance.

The experiment was conducted in a growth chamber. Two tomato varieties intended for seasonal cultivation were used as plant supports for this experiment: the Firenze variety and the Dorra variety. The experimental design adopted is factorial, with several factors: temperature ($T = 45^{\circ}\text{C}$), microbial biostimulant, the pathogen (*Fusarium oxysporum*), and compost juice. One day after planting, the plants were inoculated with the pathogenic fungus and then treated with the different estimated treatments (compost juice, microbial consortium (*Trichoderma sp* et *pseudomonas sp*), or their combination).

Metabolic activity and defense mechanisms were assessed by measuring malondialdehyde (MDA) content, total phenolic compounds, and protein levels. MDA was quantified according to the method of [1], involving its reaction with thiobarbituric acid (TBA) after extraction with trichloroacetic acid (TCA) and heating. Total phenolic content was determined from 80% methanolic extracts using the Folin–Ciocalteu reagent, with absorbance measured at 760 nm after incubation. For protein analysis, one gram of fresh tomato roots was ground in a specific extraction solution and centrifuged at 12,000 g for 10 minutes at 4°C . Protein concentration was then determined using the colorimetric method of [2], by measuring absorbance at 495 nm following the reaction of the protein extract with Bradford reagent in a phosphate buffer.

According to Figure 1, MDA accumulation in the roots varies depending on the treatment and the variety. The highest levels are observed in the controls (0.88 and $1.4\text{ }\mu\text{mol/g FW}$ for Dorra and Firenze, respectively), while the lowest levels are recorded with the microbial consortium for Dorra ($0.11\text{ }\mu\text{mol/g FW}$) and compost treatment for Firenze ($0.40\text{ }\mu\text{mol/g FW}$).

The combination of the microbial consortium and compost enhances protein synthesis, with a more pronounced effect in the Firenze variety ($42.71\text{ }\mu\text{g/g FW}$), indicating a better physiological response to the treatment (fig 2)

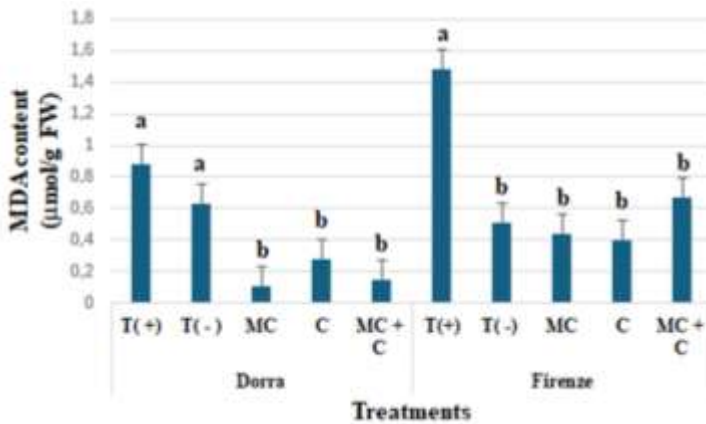


Fig 1. Effect of microbial consortium and/or compost on MDA content (T(+): plants inoculated with *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*; T(-): healthy plants; MC: Microbial Consortium; C: Compost; MC + C: Microbial Consortium + compost).

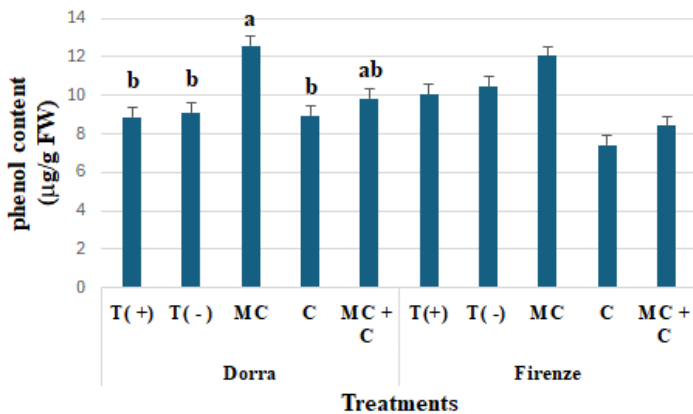


Fig 2. Effect of microbial consortium and/or compost on phenol content (T(+): plants inoculated with *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*; T(-): healthy plants; MC: Microbial Consortium; C: Compost; MC + C: Microbial Consortium + compost).

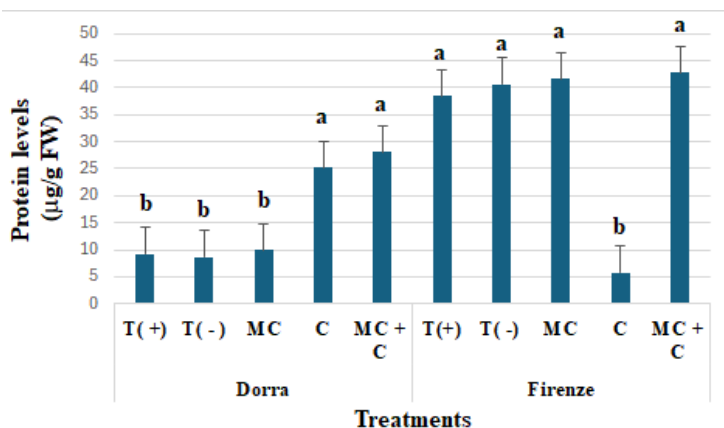


Fig 2. Effect of microbial consortium and/or compost on protein levels (T(+)) : plants inoculated with *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici*; T(-) : healthy plants; MC : Microbial Consortium; C: Compost ; MC + C : Microbial Compost + compost).

Figure 3 illustrates a significant increase in polyphenol content following treatment with the microbial consortium, reaching 12.6 µg/g fresh weight (FW) for the Dorra variety compared to the positive control (8.87 µg/g FW), and 12.05 µg/g FW for the Firenze variety, compared to the positive control (10.05 µg/g FW).

The results indicate the effectiveness of biological treatments, particularly the microbial consortium, in enhancing stress tolerance in both studied varieties. The significant reduction in MDA accumulation, especially in the Dorra variety, indicates a decrease in oxidative stress. At the same time, the notable increase in protein content, particularly in Firenze, reflects an improvement in protein synthesis and, consequently, a better physiological response. Finally, the stimulation of polyphenol accumulation in both varieties underscores the activation of antioxidant defense mechanisms. These findings suggest that the application of biostimulants such as the microbial consortium, alone or in combination with compost, represents a promising strategy to improve plant resilience under unfavorable conditions.

I would like to thank Mr. Abdelmajid Krouma and Mrs. Lobna Hajji-

Hedfi for their supervision and valuable guidance throughout this study. I also thank the Regional Center of Agricultural Research in Sidi Bouzid for their technical support and assistance during the implementation of this work.

References

1. *Haraguchi H., Saito T., Okamura N. Et Yagi A.* Inhibition of lipid peroxidation and superoxide generation by diterpenoids from *Rosmarinus officinalis*. // *Planta Med.* 1995. Vol. 61. Pp. 333–336.
2. *Bradford M.M.* A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. // *Analytical Biochemistry.* 1976. Vol. 72(1-2). Pp.248-254.

Хлиф А.^{1,2,3}, Хаджи-Хедфи Л.^{1,4}, Крума А.^{2,3}

ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ТОМАТОВ К ТЕМПЕРАТУРНОМУ СТРЕССУ И ФУЗАРИОЗНОМУ УВЯДАНИЮ

*¹Региональный центр сельскохозяйственных исследований
Сиди-Бузид, Тунис*

²Университет Сфакса, Тунис

³Университет Кайруана, Тунис

⁴Карфагенский университет, Тунис

В данном исследовании оценивается использование экологически чистых стратегий управления - микробных консорциумов и компоста - для повышения устойчивости растений двух сортов томатов, Дорра и Фиренце, в сложных условиях высокотемпературного стресса (45 °С) и фузариозного увядания. Эксперимент проводился в контролируемых условиях в течение 30 дней.

Результаты показали, что только микробный консорциум снизил уровень МДА в корнях сорта Дорра, а применение компостного экстракта снизило этот уровень у сорта Фиренце. Комбинация этих двух обработок привела к повышению уровня белка.

Консорциум микроорганизмов повысил уровень общего содержания фенола. Таким образом, сочетание микробных консорциумов и компостного экстракта может эффективно смягчить негативные последствия высокотемпературного стресса и фузариозного увядания, повышая устойчивость растений томата.

Niambe O.K.¹, Slovareva O.Y.^{1,2}

**IMPACT OF PLANT-PATHOGENIC BACTERIA ON
CROP PRODUCTIVITY – A CASE STUDY OF *ROBBSIA
ANDROPOGONIS* (SMITH 1911) (REVIEW)**

¹ Peoples Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
(RUDN University), Russia

² All-Russian Plant Quarantine Center, Russia
niambe_o@pfur.ru

Plant-pathogenic bacterium *Robbsia andropogonis* affect maize, sorghum and other plants, leading to important economic losses worldwide. The bacterium employs virulence factors such as type I, II, III, IV and VI secretion systems and others to suppress plant defenses and adapt to changing environmental conditions. Integrated management strategies are essential to mitigate its impact. This review underscores the importance of studying *Robbsia andropogonis* to develop resilient agricultural systems and ensure global food security.

The study of plant-pathogenic bacteria is critical for developing effective disease management strategies [1]. Understanding their biology, host interactions, and environmental adaptability is essential for mitigating their impact on crop productivity. This review is focused on *Robbsia andropogonis* as a case study to explore the impact of plant-pathogenic bacteria on crop productivity.

R. andropogonis is a gram-negative, rod-shaped aerobic bacterium with a single polar sheathed flagellum, enabling motility in aqueous environments [2], [3]. The bacterium is known to infect a wide range of host plants, including economically important crops like sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), maize (*Zea mays* L.), and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) [2], [4], [5]. In total, this species affects about 52 plant species belonging to 15 families, and it is possible that this list will increase in the future [3], [4]. This broad host range complicates disease management, as the pathogen can easily spread between different plant species. The bacterium causes symptoms such as leaf spots, streaks, or stripes [2], [5].

The virulence gene arsenal of *R. andropogonis* is demonstrated in the BLB1 strain isolated from areca palm (*Areca catechu* L.) with leaf spot disease [6]. Discovered a total of 788 virulence-related genes, which accounted for 13.57% of the total genes. Sun et al. found a wide range of genes encoding type I (T1SS), II (T2SS), III (T3SS), IV (T4SS), and VI (T6SS) secretion systems, well known as essential components of pathogen virulence, were also identified [6]. T1SS secretes effectors that promote pathogenesis during plant infection and are also involved in nutrient acquisition [7]. T2SS is responsible for the adaptive functions of bacteria, helping to adapt to global changes in the external environment [8]. The effectors of T3SS are key virulence factors of many important gram-negative pathogens [9]. T4SS can deliver DNA, protein, or other macromolecules to bacterial or eukaryotic cell targets [10]. T6SS determines whether a strain can invade or defend its niche in both environmental and host-associated microbial communities [11]. In a study by Sun et al., 53 genes related to T3SS and 43 genes related to T6SS were found in *R. andropogonis* BLB1 genome [6]. Thus, the pathogen has a wide arsenal of virulence factors, allowing it to adapt to environmental changes and destroy the protective barriers of the host organism.

The high adaptability of the bacterium is demonstrated by its global distribution. Reported cases important economic losses in North and South America, Africa, Europe, Asia, and Australia [3].

This review showed that *R. andropogonis* represents a significant threat to global agriculture, causing substantial economic losses. Its ability to infect a wide range of crops and adapt to diverse environments underscores the need for effective management strategies. By understanding its biology, virulence mechanisms, and epidemiology, researchers can develop targeted approaches to mitigate its impact.

References

1. Strange R.N., Scott P.R. Plant Disease: A Threat to Global FoodSecurity // Annual Review of Phytopathology. 2005. Vol. 43. Pp. 83-116.
2. Lopes-Santos L., Castro D.B.A., Ferreira-Tonin M., Corrêa D.B.A., Weir B.S., Park D., Ottoboni L.M.M., Neto J.R., Destéfano S.A.L. Reassessment of the taxonomic position of *Burkholderia andropogonis* and description of *Robbsia andropogonis* gen. nov., comb. nov. // Antonie van Leeuwenhoek. 2017. Vol. 110. No. 6. Pp. 727-736.
3. Morales-Galván O., Nigam D., Young A.J., Ignatov A.N., Mejía-Sánchez D., Flores-López L.F. Molecular, Phenotypical, and Host-Range Characterization of *Robbsia andropogonis* Strains Isolated from *Bougainvillea* spp. in Mexico. Plant Dis. 2022. Vol. 106. No. 2. Pp. 603-611.
4. Compant S., Nowak J., Coenye T., Clément C., Ait Barka E. Diversity and occurrence of *Burkholderia* spp. in the natural environment // FEMS Microbiol Rev. 2008. Vol. 32. No. 4. Pp. 607-626.
5. Young A.J., Birt H.W.G., Hoelzle R.D., Dennis P.G. Draft Genome Sequences of *Robbsia andropogonis* Isolated from *Sorghum bicolor* Exhibiting Bacterial Leaf Stripe in Australia // Microbiol Resour Announc. 2022. Vol. 11. No. 10:e0024722.
6. Sun J., Li Y., Zheng L., Chen D., Zhou X., Li P. The first complete genome of *Robbsia andropogonis* reveals its arsenal of virulence system causing leaf spot disease of areca palm // Phytopathology Research. 2024. Vol. 6. No. 51.
7. Kanonenberg K., Schwarz C.K., Schmitt L. Type I secretion systems - a story of appendices // Res Microbiol. 2013. Vol. 164. Pp. 596-604.
8. Shaliutina-Loginova A., Francetic O., Doležal P. Bacterial type II secretion system and its mitochondrial counterpart // mBio. 2023. Vol. 14:e03145-03122.
9. Sanchez-Garrido J., Ruano-Gallego D., Choudhary J.S., Frankel G. The type III secretion system effector network hypothesis // Trends Microbiol. 2022. Vol. 30. Pp. 524-33.
10. Costa T.R.D., Harb L., Khara P., Zeng L., Hu B., Christie P.J. Type IV secretion systems: advances in structure, function, and activation // Mol Microbiol. 2021. Vol. 115. Pp. 436-52.

11. Smith W.P.J., Brodmann M., Unterweger D., Davit Y., Comstock L.E., Basler M., Foster K. R. The evolution of tit-for-tat in bacteria via the type VI secretion system // Nat Commun. 2020. Vol. 11. P.5395.

Ниамба О.К.¹, Словарева О.Ю.^{1,2}

**ВЛИЯНИЕ ФИТОПАТОГЕННЫХ БАКТЕРИЙ НА
УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР
– ИССЛЕДОВАНИЕ НА ПРИМЕРЕ *ROBBSIA*
ANDROPOGONIS (SMITH 1911) (ОБЗОР)**

¹ *Российский университет дружбы народов*

² *Всероссийский центр карантина растений*

Фитопатогенная бактерия *Robbsia andropogonis* поражает кукурузу, сорго и другие растения, что приводит к значительным экономическим потерям во всем мире. Бактерия использует факторы вирулентности, такие как системы секреции типа I, II, III, IV и VI, а также другие, для подавления защитных сил растений и адаптации к изменениям условий окружающей среды.

Для смягчения последствий бактериозов, вызываемых *R. andropogonis*, необходимы комплексные стратегии управления. В этом обзоре подчеркивается важность изучения *R. andropogonis* для разработки устойчивых сельскохозяйственных систем и обеспечения глобальной продовольственной безопасности.

Omokaro G.O., Abdulmajeed A.C., Osazemen G.O.
BIOLOGICAL CONTROL METHODS
FOR MITIGATING HERBICIDE APPLICATION
EFFECTS ON SOIL HEALTH

*Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice
Lumumba, Moscow, Russia*
omokaro.kelly@gmail.com

The extensive use of herbicides in agriculture has raised concerns about their impact on soil health, particularly on microbial communities and soil functions. This paper explores biological control strategies as sustainable alternatives to mitigate the adverse effects of herbicides on soil ecosystems. Herbicides such as glyphosate, atrazine, and 2,4-D disrupt soil microbial populations, reduce enzymatic activity, and impair nutrient cycling, ultimately affecting soil fertility. Biological control methods, including microbial bioremediation, bioherbicides, allelopathy, and conservation tillage, leverage beneficial microorganisms and natural processes to restore soil health and reduce reliance on chemical inputs. Despite their potential, the adoption of these methods faces challenges such as limited technical knowledge and access to biocontrol agents. This paper highlights the need for integrated approaches to achieve sustainable soil management.

Herbicides are widely used in modern agriculture to control weeds, but their excessive application has led to significant environmental concerns, particularly regarding soil health [1]. Soil microorganisms, including bacteria, fungi, and actinomycetes, play a crucial role in maintaining soil fertility by facilitating organic matter decomposition and nutrient cycling [2]. However, herbicides can disrupt these microbial communities, leading to reduced enzymatic activity, impaired nutrient cycling, and long-term soil degradation [3]. This paper examines the effects of herbicides on soil ecosystems and explores biological control methods as sustainable alternatives to mitigate these impacts.

Herbicides such as glyphosate, atrazine, and 2,4-D have been shown to negatively affect soil microbial populations and functions [4]. These chemicals can reduce microbial biomass, decrease soil

respiration, and impair the activity of enzymes involved in nutrient cycling [5]. For example, glyphosate disrupts the shikimate pathway in plants and non-target microorganisms, leading to reduced microbial diversity and altered soil functions [6]. Atrazine, another widely used herbicide, has been shown to decrease photosynthetic activity in cyanobacteria, further impacting soil health [7]. The persistence of herbicide residues in soil poses a long-term threat to microbial communities and soil fertility [8].

To mitigate the adverse effects of herbicides on soil, several biological control methods have been developed. These methods leverage natural processes and beneficial microorganisms to restore soil health and reduce reliance on chemical inputs.

Microbial bioremediation involves the use of beneficial microorganisms to degrade herbicide residues in soil. Bacteria such as *Pseudomonas putida* and fungi like *Trichoderma harzianum* have demonstrated the ability to metabolize herbicides like glyphosate and atrazine into less toxic compounds [9]. These microorganisms utilize herbicides as carbon or energy sources, accelerating their decomposition and reducing their persistence in soil [10].

Bioherbicides, derived from natural sources such as fungi, bacteria, or plant extracts, offer an environmentally friendly alternative to chemical herbicides. For example, *Colletotrichum gloeosporioides* has been used to control weeds like northern jointvetch, while *Xanthomonas campestris* targets morning glory [11]. These bioherbicides are specific to target weeds and leave no toxic residues in the soil [12].

Conservation tillage practices, such as reduced or no-till farming, promote the natural degradation of herbicides by maintaining soil organic matter and microbial activity [15]. These practices enhance microbial populations responsible for herbicide breakdown while reducing soil erosion and nutrient loss [16]. Long-term no-till farming has been shown to increase the abundance of glyphosate-degrading bacteria and fungi, leading to faster herbicide breakdown [17].

Organic amendments, such as compost and biochar, improve soil structure and support microbial communities involved in herbicide degradation [18]. Biochar, in particular, has been shown to adsorb herbicide residues, preventing their leaching into groundwater and enhancing microbial activity [19]. Studies have demonstrated that biochar application increases the abundance of glyphosate-degrading bacteria and fungi, reducing soil contamination [20].

Despite the potential of biological control methods, their adoption faces several challenges. Limited technical knowledge, inadequate access to biocontrol agents, and insufficient extension services hinder the widespread implementation of these strategies. Future research should focus on optimizing biological control methods for different agricultural systems and understanding the long-term ecological consequences of herbicide use. Integrated weed management (IWM) approaches that combine biological, cultural, and mechanical methods are essential for achieving sustainable soil management.

Thus, biological control methods offer promising solutions to mitigate the adverse effects of herbicides on soil ecosystems. By leveraging beneficial microorganisms, plant-microbe interactions, and natural weed suppression mechanisms, these strategies can restore soil health and reduce reliance on chemical inputs. However, the successful adoption of biological control methods requires further research, technical support, and integrated approaches to ensure sustainable soil management in agriculture.

References:

1. *Sebiomo A., Ogundero V.W., & Bankole S.A.* Effect of four herbicides on microbial population, soil organic matter and dehydrogenase activity. // *Afr J Biotechnol.* 2011. Vol.10. Pp. 770–778.
2. *Zain M.M.M., Rosli B.M., Kamaruzaman S., NurMasirah M., & Yahya A.* Effects of selected herbicides on soil microbial populations in oil palm plantation of Malaysia: A microcosm experiment. // *African Journal of Microbiology Research.* 2013. Vol.7(5). Pp.367-374.

3. *Raj S.K., & Syriac E.K.* Herbicidal effects on the bio-indicators of soil health - a review. // *Journal of Appl Nat Sci.* 2017. Vol.9. Pp.2438–2448.
4. *Stanley H.O., Maduiké E.M., & Okerentugba P.* Effect of herbicide (atrazine and paraquat) application on soil bacterial population. // *Sky Journal of Soil Science and Environmental Management.* 2013. Vol.2. Pp.101–105.
5. *Subhani A., El-ghamry A.M., Huang C., & Xu J.* Effect of Pesticides (Herbicides) on Soil Microbial Biomass – A Review. // *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 2000. №3(5). Pp.705–709.
6. *Leino L., Niemelä M., & Yli-Mattila T.* Classification of the glyphosate target enzyme (5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase) for assessing sensitivity of organisms to the herbicide. // *Journal of Hazardous Materials.* 2021. Vol.408. P.124556.
7. *Huang H., Zhang S., Wu N., Luo L., & Christie P.* Influence of *Glomus etunicatum*/*Zea mays* mycorrhiza on atrazine degradation, soil phosphatase and dehydrogenase activities, and soil microbial community structure. // *Soil Biological Biochemistry.* 2009. Vol.41. Pp.726–734.
8. *Nguyen N.K., Hiradate S., Fujie K., & Kosugi Y.* Large variation in glyphosate mineralization in 21 different agricultural soils explained by soil properties. // *Sci. Total Environ.* 2018. Vol.627. Pp.544–552.
9. *Yang X., Li J., Shen Z., & Zhang K.* Effects of glyphosate on the rhizosphere soil microbial communities under two different cropping patterns. // *Journal of Environmental Sciences.* 2022. Vol.23(9). Pp.1606–1613.
10. *Chirinos D.T., Castro R., Cun J., Castro J., Peñarrieta S., Solis L., & Geraud F.* Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: La magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. // *Ciencia y Tecnología Agropecuaria.* 2020. Vol.21. e1276.
11. *Kim H. J., Bo A. B., Kim J.D., Kim Y.S., Khaitov B., Ko Y.K., Cho K.M., Jang K.S., Park K.W., & Choi J.S.* (). Herbicidal Characteristics and Structural Identification of the Potential Active Compounds from *Streptomyces* sp. KRA17-580. // *Journal of agricultural and food chemistry.* 2020. Vol.68(52). Pp.15373–15380.
12. *Bo A.B., Kim J.D., Kim Y.S., Sin H.T., Kim H.J., Khaitov B., Ko Y.K., Park K.W., & Choi J.S.* Isolation, identification and

characterization of *Streptomyces* metabolites as a potential bioherbicide. // *PloS one*. 2019. Vol.14(9). e0222933.

13. *Landis D.A., Wratten S.D., & Gurr G.M.* Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. // *Annual Review of Entomology*. 2000. Vol.45. Pp.175–201.

14. *Altieri M.Á., & Nicholls C.I.* Agroecología: Única esperanza para la soberanía alimentaria y la resiliencia socioecológica. // *Agroecología*. 2012. Vol.7(2). Pp.65–83.

15. *Zabaloy M.C., Gómez E., Pedrini S., & Torres L.* Microbiomes and glyphosate biodegradation in edaphic and aquatic environments: recent issues and trends. // *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2022. Vol.28. Pp.98.

16. *Moorman T.B., Cowan J.K., Arthur E.L., & Coats J.R.* Organic amendments to enhance herbicide biodegradation in contaminated soils. // *Biology and Fertility of Soils*. 2001. Vol.33(6). Pp.541–545.

17. *Boedeker W., Watts M., Clausing P., & Marquez E.* The global distribution of acute unintentional pesticide poisoning: Estimations based on a systematic review. // *BMC Public Health*. 2020. Vol.20. P.1875.

18. *Albandary Almahri K.S., Abou-Melha K.S., Katouah H.A., Albonayan A.M., Saad F.A., El-Desouky M.G., & El-Bindary A.A.* (). Adsorption and removal of the harmful pesticide 2,4-dichlorophenylacetic acid from an aqueous environment via coffee waste biochar: Synthesis, characterization, adsorption study and optimization via Box-Behnken design. // *Journal of Molecular Structure*. 2023. Vol.1293. P.136238.

Omokaro G.O., Abdulmajeed A.C., Osazemen G.O.
МЕТОДЫ БИОЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ
СНИЖЕНИЯ ЭФФЕКТОВ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРБИЦИДОВ
НА ЗДОРОВЬЕ ПОЧВ

*Российский университет дружбы народов имени Патриса
Лумумбы, Москва, Россия*

Широкое применение гербицидов в сельском хозяйстве вызывает опасения по поводу их воздействия на здоровье почвы, особенно на микробные сообщества и функции почвы. В данной статье рассматриваются стратегии биологического контроля как устойчивые альтернативы для смягчения негативного воздействия гербицидов на почвенные экосистемы. Гербициды, такие как глифосат, атразин и 2,4-D, разрушают популяции почвенных микроорганизмов, снижают ферментативную активность и нарушают круговорот питательных веществ, что в конечном итоге сказывается на плодородии почвы. Биологические методы контроля, включая микробную биоремедиацию, биогербициды, аллелопатию и консервативную обработку почвы, используют полезные микроорганизмы и естественные процессы для восстановления здоровья почвы и снижения зависимости от химических веществ. Несмотря на их потенциал, внедрение этих методов сталкивается с такими проблемами, как ограниченные технические знания и доступ к агентам биоконтроля. Данная статья подчеркивает необходимость комплексных подходов для достижения устойчивого управления почвой.

*Агаркова Н.А.^{1,2}, Дренова Н.В.¹,
Еремина У.В.^{1,2}, Шукова А.С.^{1,2}*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОВМЕСТИМОСТИ БИОАГЕНТОВ ВОЗБУДИТЕЛЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО ОЖОГА ПЛОДОВЫХ КУЛЬТУР *ERWINIA AMYLOVORA*

¹ *Всероссийский центр карантина растений (ФГБУ «ВНИИКР»),
р.п. Быково, Россия*

² *РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева», Москва, Россия*
agarkova.nadezhda2023@yandex.com

В предыдущих исследованиях были отобраны препараты на основе бактерий и дрожжей против возбудителя бактериального ожога *Erwinia amylovora*. Цель исследования - определить взаимовлияние биоагентов методом совместного культивирования.

Данные, полученные в исследовании, будут учтены при разработке комбинированных биопрепаратов или схем обработки.

Erwinia amylovora (Burrill) Winslow et al. – возбудитель бактериального ожога плодовых, является карантинным объектом на территории Российской Федерации. Наносит значительный экономический ущерб садовым хозяйствам, вызывая потери урожая и гибель деревьев [1]. Химические методы борьбы не дают гарантии полного уничтожения патогена, а также наносят вред окружающей среде [2, 3], поэтому в настоящий момент активно ведется разработка биопрепаратов [3]. Целью исследования является выявление совместимых штаммов-антагонистов *E. amylovora*. В перспективе эти данные могут использоваться при создании схемы интегрированной защиты против возбудителя бактериального ожога.

В опыте были использованы штаммы, обладающие антагонизмом к *E. amylovora*, отобранные на предыдущих этапах исследования:

- А8 – *Pseudomonas asgharzadehiana* Girard et al (пансе – *Pseudomonas putida* (Trevisan 1889) Migula et al.),
- DN397, DN487 – *Pseudomonas orientalis* Dabboussi et al.

- DN36, DN82, DN94, Ae11, Ae24 – *Pseudomonas fluorescens* gr.;
- DN42 – *Pseudomonas putida* gr.;
- DN300 – *Metschnikowia pulcherrima*;
- DN536 – *Erwinia billingiae*;
- E24, E57 – *Pantoea agglomerans* gr.
- E95 – *Pseudomonas* sp.
- V-B-0075, V-B-0076, V-B-0079 – *Bacillus subtilis* gr. [4, 5].

Совместимость биоагентов была определена методом совместного культивирования на среде R2A [6]. На поверхность питательной среды бактериологической петлей наносили полосу штамма. После инкубации в течение суток при 25°C перпендикулярно наносили полосы других антагонистов так, чтобы полосы пересекались. Инкубировали при 25°C в течение 3 суток.

Абсолютное большинство испытанных штаммов совместимы друг с другом. Штамм E95 показал несовместимость со всеми остальными испытанными штаммами (рис. 1).

У штамма A8 наблюдается несовместимость с другими штаммами рода *Pseudomonas*: Ae39, DN397, DN487, DN36 (рис. 2).

Еще один случай несовместимости внутри рода *Pseudomonas* – DN82 и DN487 подавляют рост Ae39.

Штаммы группы *Pseudomonas fluorescens* DN82 и DN94 несовместимы с дрожжами DN300.

Интересно проявляется антагонизм у штаммов V-B-0075, V-B-0076, V-B-0079 (группа *Bacillus subtilis*): со штаммами A8 и Ae24 наблюдается четкая граница роста бактериальной массы (рис.2). Также у штаммов V-B-0076 и V-B-0079 отмечен рост бактериальной массы по культуре других биоагентов (рис. 3).



Рис. 1 – Истончение штриха у штаммов DN82, DN94, DN397, DN487 и образование стерильной зоны у штаммов DN536 и E24.

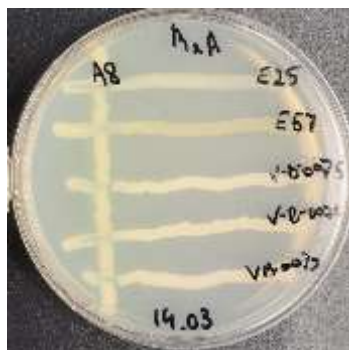


Рис. 2 – Штамм A8 останавливает рост штаммов V-B.



Рис. 3 – Рост штамма V-B-0076 по штамму Ae39.

Результаты опыта представлены в таблице 1.

Таблица 1. Совместимость биоагентов.

	A8	Ae39	E24	E57	E95	V-B-0075	V-B-0076	V-B-0079	Ae11	Ae24	DN36	DN82	DN94	DN300	DN397	DN487	DN536
A8	-	+	-	-		+!	+!	+!	+	+	-	-	-		+	+	+
Ae39	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-
E24	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	+
E57	-	-	+	-		-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-
E95	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+
V-B-0075	-	+	+	+		-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	+
V-B-0076	-	+	+	-		-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	+
V-B-0079	-	-	+	+		-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	+
Ae11	-	-	-	-	-	-	-	-						-			
Ae24	-	-	-	-	-	+	+	+						-			
DN36	-	-	-	+	-	-	-	-						-			
DN82	-	+	-	-	-	-	-	-						+			
DN94	-	-	-	-	-	-	-	-						+			
DN397	-	-	-	-	-	-	-	-						-			
DN487	-	+	+	-	-	-	-	-						-			
DN536	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

«-» – подавление отсутствует; «+» – истончение штриха; «+!» – останавливается рост «+*» – рост тест-штамма по антагонисту.

Полученные данные будут использованы в дальнейших исследованиях при разработке биопрепаратов. Необходимо дальнейшее изучение взаимодействия штаммов-антагонистов возбудителя бактериального ожога при рабочей концентрации в природных условиях.

Исследование проводится в рамках Государственного задания, рег. № НИОКТР 123042100020-5.

Литература

1. Каримова Е.В. и др. Фитопатогенные бактерии *Erwinia amylovora* и *Acidovorax citrulli* и анализ их фитосанитарного риска // Проблемы развития АПК региона. 2019. №. 4. С. 71-77.
2. Саданов А.К. и др. Бактериальный ожог плодовых культур // Микробиология және вирусология. 2023. №. 1 (40). С. 35-46.
3. Esteban-Herrero G. et al. Screening for novel beneficial environmental bacteria for an antagonism-based *Erwinia amylovora* biological control // Microorganisms. 2023. T.11. №.7. С. 1795.
4. Дренова Н.В., Селицкая О.В., Ванькова А.А., Еремина У.В., Шукова А.С., Агаркова Н.А., Джалилов Ф.С. Бактериальный ожог плодовых культур в РФ: разработка мер борьбы. Садоводство и питомниководство России: современные тенденции, проблемы и перспективы. // Сады России – взгляд в будущее: сборник материалов Международной научно-практической конференции, приуроченной к 70-летию со дня рождения В.В. Степанова: г. Челябинск, 16 октября 2024 г./ под об. ред. Н.Н. Зезина и др. ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. – г.Челябинск: АО «Челябинский Дом печати», 2024. – С.55-63.
5. Еремина У.В., Дренова Н.В., Шукова А.С., Агаркова Н.А., Селицкая О.В. Физиолого-биохимические свойства штаммов рода *Pseudomonas*, проявляющих антагонизм против *Erwinia amylovora*. // Сборник трудов, приуроченных к Всероссийской студенческой научно-практической конференции "Актуальные вопросы сельскохозяйственной микробиологии", посвященной 100-летию со дня рождения В.Т. Емцева, Москва, 05 декабря 2024 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет, 2024. – С. 100-104.

6. *Егоров Н.С.* Микробы антагонисты и биологические методы определения антибиотической активности. М.:Высшая школа, 1965. – 212 с.

*Agarkova N.A.^{1,2}, Drenova N.V.¹,
Eremina U.V.^{1,2}, Shukova A.S.^{1,2}*

**DEFINITION OF BIOAGENTS COMBINABILITY OF
BACTERIAL BURNING BODY INHIBITOR OF FRUITING
CULTURES *ERWINIA AMYLOVORA***

¹ *All-Russian Plant Quarantine Center (FGBU “VNIIKR”), Bykovo,
Russia*

² *Russian State Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
Moscow, Russia*

In previous studies, bacterial and yeast-based preparations were selected against the bacterial blight pathogen *Erwinia amylovora*. The aim of the study is to determine the mutual influence of bioagents by co-culture method. The data obtained in the study will be taken into account in the development of combined biopreparations or processing schemes

Балакина Т.Р., Полупан Н.И., Лысенко А.Б.
МОНИТОРИНГ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЯСЕНЕВОЙ
ИЗУМРУДНОЙ ЗЛАТКИ (*AGRILUS PLANIPENNIS*
FAIRMAIRE) НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

*Федеральный центр охраны здоровья животных (ФГБУ
«ВНИИЗЖ»), Россия*

balakina-tatjana2017@yandex.ru

Проведен мониторинг ясеневых насаждений и приведены возможные естественные факторы регулирования численности вредителя на территории региона.

Ясеновая изумрудная златка (*Agrilus planipennis* Fairmaire), – наиболее опасный вредитель ясеня в мире. Родина вида – леса Кореи, северо-восточной части Китая, север Японии, Дальний Восток России. Монофаг ясеня.

Жук инвазивен в Северной Америке, Европейской части Российской Федерации. В Восточной Европе популяция была обнаружена в 2003 году в Москве (Россия). С 2003 по 2016 год эта популяция распространилась на запад в сторону Европейского Союза со скоростью до 40 км в год. Хотя по состоянию на 2019 год вид не зарегистрирован в Европейском Союзе, он уже распространился на Восток Украины (Луганск) из соседней России (Белгород, Брянск, Владимир, Волгоград, Воронеж, Калуга, Курск, Липецк, Москва, Орёл, Рязань, Смоленск, Тамбов, Тула, Тверь, Ярославль) [1].

В Курской области распространены смешанные и широколиственные леса. В насаждениях, которых присутствуют представители рода Ясень (*Fraxinus*) как в естественных, так и в искусственных (озеленение парков, скверов, улиц и т.д.). На территории области распространены два вида ясеня: ясень обыкновенный (*F. excelsior*) и ясень зеленый (пенсильванский, пушистый или ланцетный) (*F. lanceolata* или *F. pennsylvanica*) [1,2].

В 2022 году на территории региона Управлением Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному

надзору по Орловской и Курской областям впервые была установлена карантинная фитосанитарная зона по ясеневой изумрудной златке (*Agrius planipennis* Fairmaire) на площади 7219,58 га. На сегодняшний день зона не расширялась.

В отличие от естественного ареала на территории Курской области нет такого количества естественных врагов. Яйцееды, наездники и другие энтомофаги чаще всего узкоспециализированы и их ареал зачастую ограничен аборигенным ареалом вредителя, на котором они паразитируют. Таким образом, на территории Курской области насекомые-энтомофаги ясеневой изумрудной златки отсутствуют [2,3].

Среди птиц наибольший интерес могут представлять дятлы. На территории Курской области встречаются: Малый пёстрый дятел (*Dendrocopos minor*), Большой пёстрый дятел (*Dendrocopos major*), Чёрный дятел или Желна (*Dendrocopos major*), Зелёный дятел (*Picus viridis*). Перечисление приведено в порядке уменьшения встречаемости дятлов в древесных насаждениях. На территории городских парков и лесопарком есть возможность встретить только малого пёстрого дятла. Для остальных видов соседство с человеком и посторонние шумы не приемлемы.

Таким образом, биологических факторов для сдерживания и регулирования численности популяции ясеневой изумрудной златки на территории Курской области практически нет, так как большая часть ясеневых насаждений находится в черте населенных пунктов и вдоль дорог.

Литература

1. Методические рекомендации по выявлению и идентификации ясеневой изумрудной златки *Agrius planipennis* Fairmaire. ФГБУ «ВНИИКР». 2013.
2. Алексеев А.В., Сем. Buprestidae – Златки, стр. 463-489 // П.А. (ред.). Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Том 3. Жесткокрылые, или жуки. Ч. 1. Л., Наука.

3. *Алексеев А.В.* Кормовые связи узкотелых златок рода *Agrilus* Curt. Европейской части СССР (Coleoptera, Buprestidae). Вторая научная конференция зоологов педагогических институтов РСФСР (15-19 сентября). Тезисы докладов. Краснодар, 1964. – С. 3-4.

T.R. Balakina¹, N.I. Polupan¹, A.B. Lysenko¹

**MONITORING OF THE DISTRIBUTION OF THE ASH
EMERALD GOLDFISH (*AGRILUS PLANIPENNIS*
FAIRMAIRE) IN THE TERRITORY OF THE KURSK REGION**
*Federal State-Financed Institution «Federal Centre for Animal Health»
(FGBI «ARRIAH»), Russia*

Monitoring of ash stands was carried out and possible natural factors regulating the number of the pest on the territory of the region were given.

Батиров Х.Ф., Пардаев Б.А., Муродуллаев К.Ш.
ЗИМНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ КУЛЬТУРЫ
В УСЛОВИЯХ САМАРКАНДСКОЙ ОБЛАСТИ

Самаркандский государственный университет имени Шарофа

Рашидова, Узбекистан

xidir_batirov@mail.ru

.В статье представлены результаты исследований по оценке эффективности возделывания зимних промежуточных культур для семенных целей в хлопково-зерновом комплексе орошаемых земель Узбекистана. Почвенно-климатические условия региона вполне благоприятны для формирования полноценного урожая не только зеленой массы, но и семян промежуточных культур в зимний период вегетации. Установлено, что наиболее целесообразным является возделывание из числа двулетних культур свеклы, моркови, а новых для региона капустных культур тифона, редьки масличной и брюквы, которые способствуют накоплению органических веществ в почве. Эффективность заправки зеленой массы не уступает внесению 20-30 т/га перепревшего навоза, особенно если зеленая масса запахивается с соломой озимых зерновых. В опытах сбор семян или зерна достигает 2,5 – 2,7 т/га, а капустных 2,6-2,8 т/га.

Проблема применения зеленого удобрения в Узбекистане приобретает особую актуальность на сероземных и других типах почв, в которых содержание гумуса не превышает 0,76-1,1 % и более того, при многократном рыхлении междурядий хлопчатника и сопутствующих культур происходит интенсивное разложение органических веществ, ежегодные потери которых достигает больших пределов. Для восполнения же утраченных запасов гумуса в орошаемом земледелии вынуждены применять органические удобрения - навоз, торф и другие, внесение которых в нужном количестве для многих фермерских хозяйств явно недоступны [2, с.7-12].

В наших условиях культуры, используемые на зеленый корм, занимают поля в течение весенне-летнего периода, а оставшийся после урожая теплый безморозный период

не используется. Коэффициент использования фотосинтетически активной радиации (ФАР) при одном урожае составляет 0,76-0,91%, из которых на урожай используется в пределах 60-70% благоприятного теплого периода вегетации. И использовать ресурсы можно путём возделывания зимних промежуточных культур, способствующих накоплению в почвах органических веществ.

Между тем зеленое удобрение, как доступный способ обогащения почвы органическим веществом, было известно земледельцам как Центральной Азии так и Египта, Китая, Индии и других стран [4, с.5-7]. Его сущность заключается в том, что на поле выращивают различные виды бобовых, капустных и других семейств растений, зеленая масса которых запахивается в почву [1, с.92-107]. Опыты показывают, что в настоящее время в качестве сидератов могут быть использованы вика озимая, зимующий горох, озимый рапс, перко, горчица, брюква, тифон, редька масличная и многие другие [3, с.17-24].

Они обеспечивают больше органической массы, которое заменяют высокие дозы как органических так и минеральных удобрений. К примеру, рапс, тифон, горчица или же редька масличная как лучшие сидераты для сероземных почв, дают в среднем 40-45 т/га зеленой, а с 10-15 т корней до 50-65 т/га органической массы, что равносильно хорошо перепревшему навозу. Они также богаты макро- и микроэлементами, необходимыми для вегетации с.-х. культур и которые находясь в составе органической массы не вымываются из почвы [5, с.3-7].

Сидераты имеют стержневую корневую систему, обладающую способностью извлекать из глубоких слоев почвы питательные вещества и пронизывая глубиной до 1 метра, образуют в ней разветвленную систему корней. Благодаря биологическим свойствам и особому морфологическому строению они являются как бы основой окультуривания серозёмов [6, с 35-41; 8, с.24-25]. Кроме того

они с помощью корневых выделений растворяют трудно растворимые соединения фосфатов, превращая их в доступные формы для растений, а органическая масса, запахиваемая в почву, разлагается микроорганизмами, резко повышающими её биологическую активность.

Зелёное удобрение не только защищает растения от болезней, вредителей, но и подавляет сорняков, а их проростки и семена ингибируются и погибают в процессе разложения зелёной массы, что снижает засоренность посевов хлопчатника и других культур до 30-60%. Они также являются хорошими медоносами для пчёл, а семейства бобовые способствуют обогащению почвы биологическим (до 200 кг/ га) азотом и т.д [12, с.5-8].

Таким образом, основой биологической технологии является максимальное использование внутренних энергетических ресурсов в качестве сидератов, а также и соломы в виде органики. Тем более, что в наших условиях после уборки зерновых в поле остается 2-5 т/га соломы, с применением которой в почву возвращается по меньшей мере 12-15 кг азота, 7-8 кг фосфора и 24-30 кг/га калия [11,с.65-67]. Возделывание сидератов в качестве промежуточных культур необходимо в хлопково-зерновом севообороте с короткой ротацией, что весьма эффективно при ресурсосберегающей технологии с целью усиления биологического круговорота веществ.

Почвы опытного участка типичные серозёмы давнего орошения с залеганием уровня грунтовых вод 5-7 метров. В почвах содержание перегноя (гумуса) было в среднем 0,76-0,90%, общего азота 0,85-0,111%, подвижных форм фосфора 15-30 мг/кг и обменного калия 150-190 мг/кг почвы. В опытных вариантах изучались сроки посева 20 сентября, 1 и 10 октября и нормы высева их семян из расчёта 30, 45, 60 шт. на 1 п. м. рядка.

Посев семян осуществляли после тщательной подготовки почвы путём боронования в два следа и молавание, а летом

с лёгкой пахотой опытного поля на глубину 22-25 см, осенью в растущий хлопчатник, после уборки зерновых рядовым способом с помощью сеялки СПЧ-6,0 при заделке семян на глубину 2-3 см. Закладку и проведение полевых опытов, а также учёт урожая в исследованиях проводили по методике полевого опыта [7, с.211-304], соответствующие учёты, наблюдения и анализы по общепринятым методикам [9, с.74-137 и 10, с.49-137], технология же их выращивания была рекомендованной для данной зоны [2, с.42-43].

После всходов осенью растения поливали 2 раза при норме 600-650 м³/га, что повторяли весной 3-4 раза с внесением 2 подкормки из расчёта азотных удобрений 90- 100 кг/га и столько обработки междурядий на глубину 12-14 см с помощью культиватора КРХ-4,0 на базе трактора МТЗ-80. Измельчали сидеральной массы перед ее запашкой с помощью роторной косилки КИР-1,5, которую переоборудовали сняв направляющие трубы и закрыв листом железа отверстие над барабаном. Опыты закладывали в 4-х кратной повторности с размещением делянок в два яруса, общая их площадь составляла 50м², из них учетных – 42м² и результаты опытов подвергались статистической обработке дисперсионным методом на компьютере.

Следует отметить, что в орошаемых условиях недостаточно полно используют агроклиматические ресурсы теплого времени года после хлопчатника и особенно зерновых колосовых, занимающих в пределах 60-65% площади пашни, агроклиматические ресурсы используются лишь на 60-70%. Заметим, что биология культур, выращиваемых для зеленого удобрения такова, что они формируют урожай и достигают полной спелости за 3,5-4,0 зимнего месяца.

После уборки зерновых культур до наступления устойчивого похолодания остается 3,5-4,0 месяца теплого времени, часто обеспеченного теплом и атмосферными осадками в количестве, необходимом для выращивания целого ряда повторных и промежуточных культур.

Результаты многолетних исследований показывают, что агроклиматические ресурсы и севооборотные площади наиболее полно используются с помощью посевов промежуточных культур. Изучение динамики температуры почвогрунтов в осенне-зимний, зимний и ране-весенний периоды года, т.к. считаем, что между температурой почвы и воздуха существует прямая связь (табл.1).

Таблица 1. Температура воздуха и почвы в зимний период (Самаркандская гидрометеостанция, среднее за 2017-2022 гг.)

Показатели	Месяцы							Период с I/X по I/IV	
	X	XI	XII	I	I	III	IV		
								Сумма	Среднее
Температура воздуха, °С	12,1	8,0	2,3	2,3	-0,8	6,5	14,4	44,8	6,4
Температура почвы °С на глубине, см									
0-5	13,6	8,0	2,4	2,5	2,9	7,0	15,4	51,8	7,4
5-10	14,9	8,2	3,1	3,5	3,7	7,5	15,0	55,9	8,0
10-20	15,8	8,4	3,3	4,2	5,1	9,6	15,3	61,7	6,8

Наши наблюдения показали, что почвогрунты начиная со слоя 0-10 см в пахотном горизонте, где проводились опыты, никогда не остываю и считаем, что этому способствует активная деятельность корневой системы зимующих овощных двулетников даже при пониженных температурах атмосферы, что сказалось частично и на гибели растений (табл.2).

Данные таблицы показывают, что растения в опытах лучше зимуют, если их высевают в первой половине октября - не раньше оптимальных сроков посева озимых зерновых культур.

Таблица 2. Гибель растений зимней вегетации
(хозяйства им. Н. Азимова и «Файзибад» Самаркандской области,
среднее за 2017-2022 гг.

Культура	Густота стояния растений, тыс/га			
	После всходов	Перед уходом в зиму	Весной	Сохранность, %
Рапс	350	349	347	97,0
Свекла сахарная	330	330	280	86,2
Свекла столовая	250	250	240	80,1
Свекла листовая	280	270	260	97,2
Морковь столовая	300	300	280	94,8
Брюква	250	249	247	97,0
Редька масличная	240	240	238	97,5
Тифон	300	290	289	98,2

В то же время, если вегетационный период подзимних и некоторых других культур в так называемый «зимний» период (декабрь-март месяцы) частично продолжается, то у корнеплодов (виды свеклы, морковь, репа и другие) идет усиленной процесс роста и развития не только осенью т.е., в ноябре, но и в течение всего зимнего периода вегетации.

В наших экспериментах сахарная свекла, другие корнеплоды и капустные демонстрируют быстрое отрастание ранней весной, начиная со второй декады марта и начиная с этого периода, если им создать подходящий водный и пищевой режим, это создаст хорошую возможность для прохождения последующих фаз. У корнеплодов и капусты средняя продолжительность фазы стеблевания составляет 8–12 дней, цветения – 22–27 дней, а продолжительность фазы созревания – 8–14 дней.

Все зимующие культуры в орошаемых условиях хорошо вызревают на семена и могут дать от 25 до 29 ц/га и более. Эти культуры высокий коэффициент размножения (50 – 70%), что позволяет быстро их размножить и иметь в хозяйстве свои

семена. Пригодны для зимних посевов все культуры, которые при посеве осенью формируют высококачественные урожаи и семян (табл.3).

Таблица 3. Урожай семян зимующих культур (хозяйства Н.Азимова и «Файзиабод» Самаркандской области, среднее за 2017-2022 гг.

Культура	Урожайность, т/га	Масса 1000 шт, г	Всхожесть, %	
			Лабораторная	Полевая
Рапс озимый	2,6	3,11	93,8	86,1
Свекла сахарная	2,7	12,4	83,0	68,0
Свекла столовая	2,5	21,4	92,6	69,3
Свекла листовая	2,6	20,6	82,10	70,2
Морковь столовая	1,4	1,4	80,9	69,5
Брюква	2,6	2,06	91,0	80,1
Редька масличная	2,7	11,10	89,5	81,3
Тифон	2,8	5,12	94,1	88,7

* - по данным: Добродомов В.Л., 2012 г.

** - по данным: Батиров Х.Ф., и др. 1990-2017 гг.

Эффективность заправки осеннего и зимнего сидерата по своему влиянию на урожай последующих культур (картофель, ячмень, озимая пшеница, рожь) не уступает внесению 20-30 т/га навоза хорошего качества, особенно если зеленая масса запахивается с соломой озимых культур. Но все же сбор семян или зерна достигает 2,5 – 2,7 т/га, а капустных 2,6-2,8 т/га.

Необходимо подчеркнуть, что возделывание культур в так называемый не вегетационный, т.е. зимний период вегетации теснейшим образом связано с повышением их экологической устойчивости с целью создания изобилия свежих и экологически чистых продуктов, а так же для обогащения

сырьевой базы не только Самаркандской, но и других областей Узбекистана. Выявленный нами набор культур, который может выращиваться в изучаемный отрезок времени, весьма многообразен по использованию и их можно разделить на культуры продовольственного, кормового, сидерального назначения.

Литература

1. *Антонюк А.С. и др.* Адаптивные системы земледелия /под ред. А.А. Попкова. - Минск, 2001. – 308 с.
2. *Батиров Х.Ф.* Научные основы зимнего растениеводства в условиях Зеравшанской долины РУз. Автореф. докт. дисс.Ташкент, УзНИИХ,1997 - 46 с.
3. *Батиров Х.Ф.* Корнеплоды зимней вегетации в условиях орошения. Самарканд: изд-во СамГУ им. Ш.Рашидова, 2023 - 112 с.
4. *Горелов Е.П.* Промежуточные культуры в хлопководческих хозяйствах Узбекистана и их применение для сидерации. Автореф. докт. дисс.. Ташкент, 1972 - 37 с.
5. *Горелов Е.П., Добродомов В.Л. и др.* Рекомендации по выращиванию рапса и перко на семена. Ташкент: Министерство сельского хозяйства Узбекистана, 1989 - 9 с
6. *Довбан К.И.* Применение сидератов в качестве промежуточных культур. Минск, 2001. – 48 с.
7. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта. Москва: «Агропромиздат», 1985 - 246 с.
8. *Жученко А.А.* Адаптивное растениеводство // Кишинёв, «Штинница», 1990, 431 с.
9. *Кашкаров А.Д., Кашкарлова К.* Значение промежуточных культур // Хлопководство. 1989. № 6. С. 24-25.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Москва, 1983 - 246с
11. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами / Под общей редакцией В. М. Лукомеца. - Краснодар, 2010.- 382 с.
12. *Семёнов В.М. и др.* Агроэкологические функции растительных

остатков в почве // «Агрохимия». 2006. № 7. С. 61–65.

13. Утеуш Ю.А. и др. Выращивание масличной редьки и использование в качестве повторной культуры. Киев: УкрНИИНТИ, 3-е издание, 1987 - 9 с.

Batirov H.F., Pardaev B.A., Murodullaev K.Sh.

**WINTER PROMOTIONAL CULTURES IN THE CONDITIONS
OF SAMARKAND OBLAST**

Sharof Rashidov Samarkand State University, Uzbekistan

The article presents the results of studies on the efficiency of winter intercrop cultivation for seed purposes in the cotton-grain complex of irrigated lands of Uzbekistan. The soil and climatic conditions of the region are quite favorable for the formation of a full-fledged harvest of not only green mass, but also seeds of intercrops in the winter growing season. It has been established that the most appropriate is the cultivation of biennial crops of beets, carrots, and new cabbage crops for the region - typhon, oil radish and rutabaga, which contribute to the accumulation of organic matter in the soil. The efficiency of plowing green mass is not inferior to the introduction of 20-30 t / ha of rotted manure, especially if the green mass is plowed with straw of winter grains. In experiments, the collection of seeds or grain reaches 2.5 - 2.7 t / ha, and cabbage 2.6-2.8 t / ha.

Бондарева Л.Г.¹, Федорова Н.Е.
**ЭКОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НА СЕМЕЧКОВЫХ КУЛЬТУРАХ
(НА ПРИМЕРЕ ЯБЛОК) ПРОИЗВОДНОГО АМИД
ПИРАЗОЛ-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ –
ПИДИФЛУМЕТОФЕНА**

*Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана
Роспотребнадзора, Россия
l-bondareva@mail.ru*

Апробированы методики определения остаточных количеств пидифлуметофена в препаратах с их использованием на семечковых культурах (яблоки). Предел обнаружения в плодах и соках, полученных из исследуемых плодов, составил 0,01 мг/кг.

Установлено, что пидифлуметофен не распространяется в воздушной среде. До 95 % пидифлуметофена находится в верхнем слое почвы и не вымывается потоками воды.

По оценкам BusinesStat, в 2019-2023 гг продажи свежих яблок в России увеличились на 24%: с 1,8 до 2,2 млн т. Среднегодовое же потребление товарного яблока в России составляет около 14 кг на душу населения. При среднем весе одного плода в 176 грамм один россиянин в год съедает порядка 80 яблок – то есть по одному яблоку в 4-5 дней (по данным портала <https://businessstat.ru/catalog/id8771/>).

Для того, чтобы плоды яблок имели товарное качество, необходимо в течение всего сезона вегетации проводить профилактическую обработку деревьев, в том числе и от грибковых заболеваний. Грибковые заболевания плодов семечковых культур являются одной из основных причин потерь при их длительном хранении. В настоящее время в мире выявлено около 150 видов грибов, вызывающих заболевания плодов семечковых культур [1].

Учитывая, что и в процессе длительного хранения плодов развитие грибных болезней может привести к существенному экономическому ущербу, их возбудители весьма разнообразны, а вредоносность зависит от множества факторов, в каждой

зоне садоводства существуют преобладающие агрессивные патогены, наносящие наибольший экономический урон, считаем, что использование пестицидных препаратов минимизирующих причины развития грибной инфекции в хранении, предуборочных и послеуборочных факторов, стабилизирующих качество продукции, актуален и имеет большую практическую значимость [2].

Для предотвращения этого используются препараты, содержащие как индивидуальные вещества, так и баковые смеси из нескольких веществ.

Цель работы: изучить поведение пидифлуметофена при применении на семечковых культурах, на примере садовой культуры - яблоки.

В исследованиях проводился контроль остаточных количеств пидифлуметофена в почве, воде, листьях, плодах яблонь различной зрелости, в урожае и соке, полученном из урожая яблок. В качестве образцов использовались сорта Голден Делишес, Ред Чиф и Белый налив.

Контроль остаточных количеств в растительном сырье и почве основан на определении пидифлуметофена методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с диодно-матричным детектором после извлечения вещества из анализируемых образцов смесью ацетонитрил-вода (80:20, по объему), очистки экстрактов перераспределением в системе несмешивающихся растворителей и на колонке с силикагелем. Массы навесок листьев – 5 г, почвы, плодов и сока – 10 г.

Пробы воздушной среды (воздуха рабочей зоны и атмосферного воздуха) отбирали в день обработки фунгицидом озимой пшеницы и через трое суток после обработки. Второй отбор проб воздушной среды проводится с целью обоснования выхода на обработанные поля работников, занятых в сельском хозяйстве, для выполнения механизированных работ.

Пидифлуметофен – синтетический фунгицид, действующее вещество пестицидов (фунгицидов), разрешенных к приме-

нию на зерновых, плодовых и овощных культурах для защиты от широкого спектра заболеваний, вызываемых фитопатогенными грибами [3].

Согласно СанПиН 1.2.3685-21, ОБУВ для воздуха рабочей зоны пидифлуметофена – 0,1 мг/м³, в атмосферном воздухе – 0,02 мг/м³. В соответствии с этим, пробы воздуха отбирались на бумажные фильтры «синяя лента», со скоростью аспирации 5 л/мин. Установлено, что нижние пределы количественного определения пидифлуметофена в воздухе рабочей зоны – 0,01 мг/м³ при отборе 10 л воздуха, в атмосферном воздухе – 0,005 мг/м³, при отборе 20 л воздуха. В настоящих исследованиях во всех отобранных пробах воздуха содержание пидифлуметофена не выявлено.

Пробы почвы, зеленой части деревьев, плодов, отбирались в динамике: непосредственно в день обработки культуры в период вегетации, через 10, 20, 30 и 40 дней после обработки (урожай). Сок производился из урожая, отобранного через 40 дней после обработки.

Адаптированные нами методики определения остаточных количеств пидифлуметофена устанавливают предел обнаружения вещества на уровне 0,01 мг/кг в почве, плодах и соке, полученного из яблок.

Полученные результаты показали, что остаточные количества пидифлуметофена установлены только в день обработки деревьев препаратом. Содержание пидифлуметофена варьировалось в пределах погрешности в интервале 0,97-1,56 мг/кг зеленой массы. В плодах различной зрелости и соке, полученном из урожая, пидифлуметофен не выявлен, т.е. остаточное количество менее 0,01 мг/кг.

При анализе почвенного покрова, отобранного при сборе урожая и непосредственно под кроном деревьев, было установлено следующее. Пидифлуметофен выявлен только в верхнем слое почвы (0-10 см) ~ 95 % от всего количества. В других, более нижних слоях почвы, содержание пидифлуметофена было ниже 0,01 мг/кг.

Таким образом, при использовании препаратов, содержащих пидифлуметофен, в сельском хозяйстве в сезон вегетации растения (в данном случае яблони), действующее вещество смывается осадками в почву, где адсорбируется почвенными частицами. А с учетом того, что почва содержит органические вещества, гумус например, присутствует достаточно большое количество адсорбционных центров, которые способствуют значительной адсорбционной емкостью для пестицида.

Практическое использование современной методики оценки риска при воздействии химических природных и антропогенных факторов среды обитания на состояние здоровья сельских жителей позволяет не только рассматривать комбинированный многосредовой путь поступления различных ксенобиотиков в организм человека, но и выявлять основные направления их влияния на формирование неканцерогенной, а также онкологической заболеваемости населения.

В виду того, что нами не установлено присутствие пидифлуметофена в урожае яблок, соке, полученном из этого урожая, а также в воздушной среде при применении препарата, сделано предположение, что использование пидифлуметофена не может причинить значительный вред здоровью населения. Так как пидифлуметофен прочно удерживается в верхнем слое почвы, то и миграция действующего вещества в грунтовые воды минимальна. Следовательно, не ожидается и значительный ущерб при использовании данного вещества в сельском хозяйстве

Литература

1. *Patriarca A.* Fungi and mycotoxin problems in the apple industry. // Food Science. 2019. Vol.29: Pp.42-47.
2. *Buxton K., Harp T., Tally A., and Mclean H.* Adepidyn (TM): A new fungicide active ingredient for the control of foliar diseases. //Phytopathology (suppl.). 2016; Vol.106. S4.61
3. Patent EA201890916A1 Use of Pydiflumetofen to Reduce

Mycotoxin Contamination in Plants Authors: Peter Damen (DE), Pierre-Yves Coqueret (FR), Ingo Wetcholowski (DE)

Bondareva L.G., Fedorova N.E.

**ECOLOGICAL AND HYGIENIC ASPECTS OF USING
PYRAZOLE-CARBOXYLIC ACID AMIDE DERIVATIVE -
PIDIFLUMETHOFEN ON SEED CROPS (USING THE
EXAMPLE OF APPLES)**

Federal Scientific Centre of Hygiene named after F.F. Erisman, Russia

Methods for determining residual amounts of pydiflumetofen in preparations using them on pome crops (apples) were tested. The detection limit in fruits and juices obtained from the studied fruits was 0.01 mg/kg. It was found that pydiflumetofen does not spread in the air. Up to 95% of pydiflumetofen is in the upper soil layer and is not washed out by water flows.

**Гасанова Д.А., Южаков С.В., Смирнов С.А.,
Климов Д.А., Растрига Н.В., Левашов П.А.
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МИКРООРГАНИЗМА *PRIESTIA*
MEGATERIUM (КАПУСТНОЙ ПАЛОЧКИ)
С ЛИЗОЦИМОМ: ОСОБЕННОСТИ
ФЕРМЕНТАТИВНОГО ЛИЗИСА БАКТЕРИИ**

*Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова химический факультет, Россия*
Sipuha240194@yandex.ru

Изучены особенности лизиса бактерий *Priestia megaterium*, катализируемого ферментом лизоцимом куриного яйца. Показано, что рН-оптимум лизиса находится в диапазоне 7,5–8,0. Оптимум скорости лизиса по ионной силе достигается при добавлении 0,04–0,06 М NaCl. Увеличение концентрации хлорида натрия выше 0,08 М и до 0,2 М приводит к снижению скорости лизиса в 2–5 раз при рН в диапазоне значений 6–9. При рН 9,0 данный эффект минимален. Показано, что добавление глутаминовой кислоты и аргинина в концентрациях приводит к увеличению скорости лизиса в 1,4–1,7 раза, а смесь из 4 аминокислот: глутаминовой кислоты, аргинина, гистидина, лизина приводит к увеличению скорости лизиса в 1,85 раза, что меньше, чем для изученного ранее лизиса бактерии *Escherichia.coli*.

Микроорганизм капустная палочка *Priestia megaterium*, известная ранее как *Bacillus megaterium* – факультативно аэробная грамположительная спорообразующая бактерия, встречающаяся в природе в почве и грунтовых водах, широко применяется в био- и агротехнологиях [1], в том числе значима как пробиотик в животноводстве в питании домашней птицы, свиней, мелкого и крупного рогатого скота [2], входит в состав коммерческих препаратов биостимуляторов [3]. Важная роль *P. megaterium* в почве – трансформация фосфора из неорганических ионов в биомолекулы [4], установлено влияние на усвоение железа растениями [5]. Установлено, что *P. megaterium* является антагонистом бактерии-патогена *Erwinia amylovora*, вызывающей заражение груш и яблонь [6].

Для успешного применения микроорганизмов в агротехнологиях необходимо учитывать условия устойчивости клеток к внешним воздействиям: температуре, солевому и кислотному стрессам. В перечень внешних воздействий входит и действие различных ферментов-гидролаз, разрушающих пептидогликан клеточной стенки бактерий. Основным примером таких ферментов может служить семейство лизоцимов. Среди лизоцимов, описанных у животных, выделяют типы: куриный, гусиный и беспозвоночных, обозначаемые с-, g- и i-типы, причём в одном организме могут встречаться лизоцимы разных типов [7—9]. Лизоцимы широко распространены в природе не только у животных, но и в организмах других царств, в частности, растений. Например, лизоцим был выделен из ядовитого растения *Calotropis procera*, показана бактериолитическая активность сока нескольких других растений: *Ficus bengalensis*, *Artrocarpous heterophyllus*, *Taivetia neerifolia*, *Azadirachta indica*, *Musa acuminata* [10]. Кроме того, лизоцимы существуют у бактериофагов [11] и бактерий; к примеру, штаммы сенной палочки *Bacillus subtilis* способны синтезировать лизоцим в значительном количестве [12]. В качестве модельного бактериолитического фермента мы использовали часто применяемый в биотехнологии куриный лизоцим.

P. megaterium штамм ATCC 14581 (B-9869) получен из Всероссийской коллекции промышленных микроорганизмов (НИЦ Курчатовский институт). Для культивирования бактериальных клеток применяли питательную среду LB, pH 7,6, с добавлением неорганических солей: на 1 л среды 1 мг $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 1,2 мг $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, 1,6 мг $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Культивирование клеток бактерий проводили в два этапа: на первом этапе (получение ночной культуры) в пробирку с 5 мл среды добавляли 200 мкл музейной культуры и инкубировали при температуре 37°C в течение 20 часов. Далее в конические колбы вносили по 100 мл среды, добавляли по 1 мл ночной культуры клеток и затем при аэрации, при температуре 37°C инкубировали смесь до достижения оптического поглощения

1,0 при длине волны 650 нм, длительность данного этапа составила около 8 часов. Полученную культуру клеток *P. megaterium* центрифугировали при температуре 4°C на центрифуге 5804R (Eppendorf, Германия), ротор F-34-6-38, в течение 30 мин, при 6000 об/мин (4811g). Осадок клеток ресуспендировали в буферном растворе: 0,01 М трис-MES-ацетат, 50 мМ NaCl, pH 7,5 (в одну пробирку с осадком, полученным из 50 мл питательной среды, добавляли 7 мл буферного раствора). Аликвоты полученной суспензии по 1 мл хранили при температуре –20°C.

Измерения скорости ферментативного лизиса живых бактериальных клеток проведены турбидиметрическим методом при выполнении линейной зависимости скорости реакции от концентрации фермента – лизоцима и линейности аналитического сигнала в зависимости от концентрации субстрата – бактериальных клеток [13].

Изучена зависимость ферментативного лизиса от pH и ионной силы раствора. Установлено, что pH-оптимум лизиса находится в диапазоне 7,5–8,0. На рисунке 1 приведены зависимости скорости лизиса при трех значениях pH от ионной силы раствора, задаваемой хлоридом натрия. Оптимум активности лизоцима достигается в районе 0,04–0,06 М NaCl. При более низких концентрациях NaCl активность снижается, поскольку от ионной силы зависят параметры адсорбции фермента на клетках [14], а также изменяется состояние ионогенных групп самого лизоцима. Как видим, при всех исследованных значениях pH концентрация хлорида натрия выше 0,06 М приводит к уменьшению скорости ферментативного лизиса, то есть повышению устойчивости бактерий к действию фермента. Наблюдаемая форма зависимости активности лизоцима от ионной силы (кривая с одним максимумом) имеет место при всех рассмотренных значениях pH, но изменение скорости лизиса клеток в зависимости от ионной силы наименее выражено при pH 9,0.

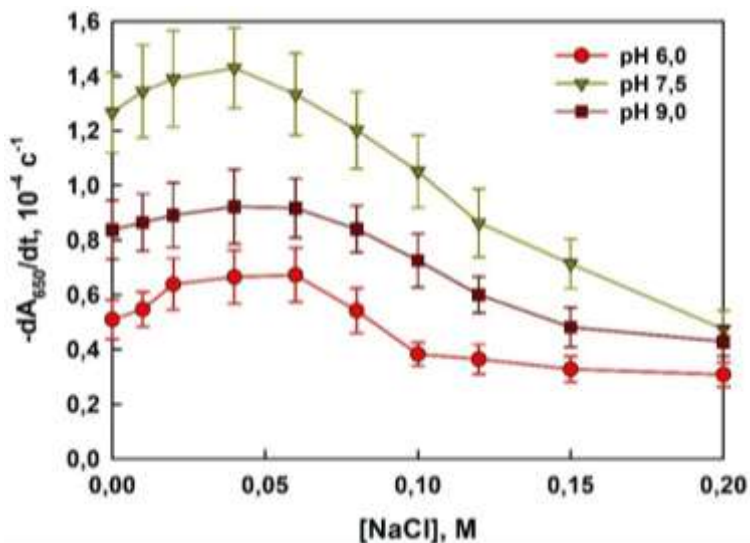


Рис. 1. Зависимость активности лизоцима по отношению к *P. megaterium* от концентрации NaCl. Условия измерений: буферный раствор 0,01 М MES, 0,01 М Tris-HCl с pH = 6,0; 7,5; 9,0; температура 37°C. Исходное поглощение суспензии клеток 0,40–0,45. Концентрация фермента в реакционной смеси 0,5 мкг в мл.

Известно, что активаторами лизоцима выступают заряженные аминокислоты, в том числе их двойные и тройные сочетания [15]. В данном случае актуально проверить степень активации лизиса капустной палочки, так как аминокислоты применяются в агротехнологии: показано применение раствора глутамата в обработке растений для повышения устойчивости к болезням [16], аргинин вносят в почву для улучшения роста и урожайности разных видов растений [17].

На рисунке 2 показано индивидуальное влияние аминокислот глицина, глутаминовой кислоты и аргинина на лизис бактерий; видим, что глицин не влияет на скорость лизиса, а глутаминовая кислота и аргинин приводят к ее увеличению.

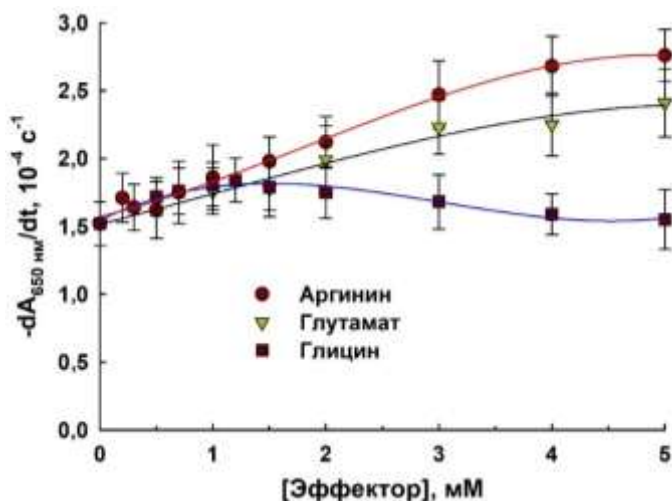


Рис. 2. Зависимость активности фермента (скорости ферментативного лизиса клеток *P. megaterium* в присутствии лизоцима) от концентрации свободных аминокислот: глутамата Glu, аргинина Arg, глицина Gly. Условия измерений: pH 8,0; 0,02 M Tris-HCl с добавлением 55 mM NaCl; температура 37°C. Исходное поглощение суспензии клеток 0,40–0,45. Концентрация фермента в реакционной смеси 0,5 мкг в мл.

Поскольку ранее показана значительная активация лизоцима по отношению к другим бактериям в присутствии смесей из 3 или 4 аминокислот [15], аналогичный эксперимент проведён и с *P. megaterium*: к ускоряющим лизис глутаминовой кислоте и аргинину добавили еще аминокислоты лизин, входящий в состав кормов животных [18], и гистидин, по включению которого в корм есть исследования [19]. Применение такой смеси с концентрациями 5 мМ каждой аминокислоты в нашем случае привело к увеличению скорости лизиса в 1,9 раза, что меньше, чем для изученного ранее лизиса бактерии *Escherichia coli*, где увеличение уже при трехкомпонентных смесях составляет 4–7 раз [15]. Важно отметить, что для различных видов бактерий устойчивость к ферментативному лизису лизоцимом изменяется в присутствии одних

и тех же концентраций эффекторов в разной степени. Это позволит при помощи применения рассмотренных эффекторов создавать условия, где устойчивость *P. megaterium* значительно превосходит устойчивость патогенных для сельскохозяйственных растений видов бактерий.

Таким образом, показана зависимость скорости ферментативного лизиса *P. megaterium* от таких параметров среды, как рН и ионная сила, а также от присутствия низкомолекулярных эффекторов – аминокислот аргинина, глутамата, глицина. С учетом этого можно варьировать условия применения *P. megaterium* на различных типах почв с целью повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Работа выполнена в МГУ имени М.В. Ломоносова в рамках государственного задания: Номер ЦИТИС: 123032300028-0.

Литература

1. Biedendieck R, Knuuti T, Moore S J, Jahn D. The “beauty in the beast” — the multiple uses of *Priestia megaterium* in biotechnology. // Appl Microbiol Biotechnol. 2021. Vol. 105. P. 5719–5737.
2. Yao J, Wang L, Zhang W, Liu M, Niu J. Effects of *Bacillus megaterium* on growth performance, serum biochemical parameters, antioxidant capacity, and immune function in suckling calves. // Open Life Sci. 2020. Vol. 15(1). P. 1033-1041.
3. Hura M U D, Zafar T, Borana K, Prasad J R, Iqbal J. Effect of commercial probiotic *Bacillus megaterium* on water quality in composite culture of major carps. // Int. J. Curr. Agric. Sci. 2018. Vol. 8. P. 268–273.
4. Rodríguez H, Fraga R. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. // Biotechnol Adv. 1999. Vol. 17 (4-5). P. 319-339.
5. Plaza A, Rzążewska E, Gąsiorowska B. Effect of *Bacillus megaterium* var. phosphaticum bacteria and L-alpha proline amino acid on iron content in soil and *Triticum aestivum* L. Plants in Sustainable Agriculture System. // Agronomy. 2021. Vol. 11(3). P. 511.
6. Cui Z, Hu L, Zeng L, Meng W, Guo D, Sun L. Isolation and

characterization of *Priestia megaterium* KD7 for the biological control of pear fire blight. // Front. Microbiol. 2023. Vol. 14. Article 1099664.

7. Callewaert L, Michiels C W. Lysozymes in the animal kingdom. // Journal of Biosciences. 2010. Vol. 35(1). P. 127–160.

8. Mukherjee K, Moroz L. Evolution of g-type lysozymes in metazoa: insights into immunity and digestive adaptations. // Front. Cell Dev. Biol. 2024. Vol. 12. Article 1487920.

9. Van Herreweghe J M, Michiels C W. Invertebrate lysozymes: diversity and distribution, molecular mechanism and in vivo function. // J Biosci. 2012. Vol. 37(2). P. 327–348.

10. Muthu S, Gopal V, AL-Younis Z K, Altemimi A B, Perumal P, et al. Extraction, purification, and investigation of the antibacterial potential of lysozyme isolated from the latex of *Calotropis procera*. // Eur Food Res Technol. 2024. Vol. 250. P. 1401–1416.

11. Grabowski L, Lepek K, Malgorzata S, Kosznik-Kwasnicka K, Karolina Z, et al. Bacteriophage-encoded enzymes destroying bacterial cell membranes and walls, and their potential use as antimicrobial agents. // Microbiological Research. 2021. Vol. 248. Article 126747.

12. Naveed M, Tianying H, Wang F, Yin X, Chan M, et al. Isolation of lysozyme producing *Bacillus subtilis* Strains, identification of the new strain *Bacillus subtilis* BSN314 with the highest enzyme production capacity and optimization of culture conditions for maximum lysozyme production. // Current Research in Biotechnol. 2022. Vol. 4. P. 290–301.

13. Матолыгина Д.А., Душутина Н.С., Овчинникова Е.Д., Еремеев Н.Л., Белогурова Н.Г., и др. Единый подход для расчета скорости ферментативного лизиса живых бактериальных клеточных субстратов турбидиметрическим методом // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2018. Том 59. №2. С. 125-131.

14. Sedov S.A., Belogurova N.G., Shipovskov S., Levashov A.V., Levashov P.A. Lysis of *Escherichia coli* cells by lysozyme: discrimination between adsorption and enzyme action. // Colloids Surf. B. Biointerfaces. 2011. Vol. 88(1). P. 131-133.

15. Rastriga N.V., Klimov D.A., Gasanova D.A., Levashov P.A.. Comparison of the individual and combined actions of charged amino acids and glycine on the lysis of *Escherichia coli* cells by human and

- chicken lysozyme. // Process Biochemistry. 2023. Vol. 125. P.190-197.
16. Sun C, Jin L, Cai Y, Huang Y, Zheng X, Yu T. l-Glutamate treatment enhances disease resistance of tomato fruit by inducing the expression of glutamate receptors and the accumulation of amino acids // Food Chem. 2019. Vol. 293. P. 263-270.
17. Wang T, Liu Q, Wang N, Dai J, Lu Q, Jia X, Lin L, Yu F, Zuo Y. Foliar arginine application improves tomato plant growth, yield, and fruit quality via nitrogen accumulation. // Plant Growth Regul. 2021. Vol. 95. P. 421–428.
18. Sohail S.S., Bryant M.M., Roland Sr.D.A. Influence of adding synthetic lysine in corn-soy diets for commercial leghorns. // International Journal of Poultry Science. 2003. Vol.2. P. 335-340.
19. Heger J., Patráš P., Nitrayová S., Dolešová P., Sommer A. Histidine maintenance requirement and efficiency of its utilization in young pigs. // Archives of Animal Nutrition. 2007. Vol. 61(3). P. 179–188.

Gasanova D.A, Iuzhakov S.V., Smirnov S.A.,

Klimov D.A., Rastriga N.V., Levashov P.A.

**THE INTERACTION OF THE *PRIESTIA MEGATERIUM*
MICROORGANISM WITH LYSOZYME:**

FEATURES OF ENZYMATIC LYSIS OF BACTERIA

*Department of Chemistry, Lomonosov Moscow State University,
Moscow, Russia*

Resistance of soil bacteria to various chemical factors defines the structure of microbiota populating soils. The process of enzymatic lysis of *Priestia megaterium* cells catalyzed with chicken egg lysozyme was investigated in the following report, concerning the rate of lysis at various pH and ionic strength values. Influence of amino acids, such as glutamate, arginine, and glycine, on the rate of cell lysis was also studied. The optimum of cell lysis rate is reached at pH 7.5–8, and concentrations of NaCl above 0.06 M cause decrease in the rate. The influence of amino acids on the lysis of *P. megaterium* is compared to the effect on the lysis of *Escherichia coli* bacteria, which has similarities with several plant pathogens. The combination of glutamate, arginine, histidine, and lysine added increases the cell lysis rate by 1.85 times for *P. megaterium*, while the effect of the same additives on *E. coli* cell lysis reaches 4–7 times as discovered before.

Гвоздева М.С., Кудинова О.А., Руденко В.Д., Волкова Г.В.

**ВЛИЯНИЕ ФУНГИЦИДА БАЛИЙ
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАТОГЕННОСТИ
ПОПУЛЯЦИИ *PUSSINIA HORDEI***

*Федеральный научный центр биологической защиты растений,
Россия*

maria-v23@mail.ru

Карликовая ржавчина *Puccinia hordei* G.H. Otth. является одной из самых опасных болезней ячменя, способной значительно снижать урожайность и качество зерна. Целью исследования была оценка влияния двухкомпонентного фунгицида Балий, КМЭ в рекомендуемой норме применения на показатели патогенности популяции возбудителя карликовой ржавчины. В сравнении с исходной популяцией (без обработки) средняя вирулентность *P. hordei* снижалась в 2 раза, жизнеспособность спор – в 2,6 раза, спорулирующая способность – в 3,3 раза. Латентный период оставался на уровне исходной популяции. Таким образом, обработка растений ячменя фунгицидом Балий, КМЭ в рекомендуемой норме применения способствует падению показателей патогенности.

Карликовая ржавчина (*Puccinia hordei*) считается одним из наиболее вредоносных патогенов ячменя. Болезнь имеет широкое распространение и может приводить к значительным потерям урожая, снижая качество зерна [1]. В условиях стремительной интенсификации сельского хозяйства, вопрос эффективной защиты от карликовой ржавчины становится особенно важным. Контроль развития болезни зависит от многих факторов, в том числе и от чувствительности *P. hordei* к действующим веществам фунгицида. Известно, что использование химических препаратов оказывает давление на популяцию патогена, приводя к изменениям в структуре и возникновению устойчивости [2]. Целью данного исследования была оценка влияния двухкомпонентного

фунгицида Балий, КМЭ в рекомендуемой норме применения (0,6 л/га) на показатели патогенности популяции возбудителя карликовой ржавчины.

Работу выполняли в условиях лабораторно-тепличного комплекса ФГБНУ «Федеральный научный центр биологической защиты растений».

Для исследования был выбран фунгицид Балий, КМЭ (д.в.: пропиконазол, 180 г/л + азоксистробин, 120 г/л) с нормой применения 0,6 л/га [3]. В ходе работы проанализировано влияние препарата на такие показатели патогенности как вирулентность [4], жизнеспособность, спорулирующая способность [5] и латентный период [6] северокавказской популяции *P. hordei*.

В сравнении с исходной популяцией (без обработки) под влиянием фунгицида установлено снижение средней вирулентности популяции гриба от 48,4 % до 23,7 %; спорулирующей способности – от 0,013 мг спор с одной пустулы до 0,004 мг; жизнеспособности – от 100 % до 38,3 %. Латентный период оставался на уровне исходной популяции (168 ч). Таким образом, применение фунгицида Балий, КМЭ способствует снижению показателей патогенности северокавказской популяции *P. hordei*.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10063, <https://rscf.ru/project/23-76-10063/>

Литература

4. Данилова А.В., Волкова Г.В., Надыкта В.Д., Замотайлов А.С. Карликовая ржавчина ячменя: биология, этиология, внутривидовая структура и защита от болезни // Краснодар: ООО «РПК «ЗЕТАПРИНТ», 2022. – 93 с.
5. Тютчев С.Л. Проблемы устойчивости фитопатогенов к новым фунгицидам // Вестник защиты растений. 2001. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-ustoychivosti-fitopatogenov-k-novym-fungitsidam> (дата обращения: 03.03.2025).
6. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов,

разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть I. Пестициды (фунгициды) (по состоянию на 23 января 2025 г.)

7. Волкова Г.В., Кудинова О.А., Гладкова Е.В., Ваганова О.Ф., Данилова А.В., Матвеева И.П. Вирулентность популяций возбудителей ржавчины зерновых колосовых культур (учебное пособие) // ВНИИБЗР. Краснодар, 2018. - 38 с.

8. Санин С.С., Шинкарев В.П., Кайдаш А.С. Методы определения количества спор, образуемых ржавчинными и другими фитопатогенными грибами // Микология и фитопатология. 1975. Т.9. Вып. 3. С. 443-445.

9. Пыжикова Г.В. Влияние температуры на инфекцию и развитие желтой ржавчины пшеницы // Микология и фитопатология. 1972. Т.6. Вып. 3. С. 51-53.

Gvozdeva M.S., Kudinova O.A., Rudenko V.D., Volkova G.V.
THE INFLUENCE OF THE FUNGICIDE BALIY
ON THE PATHOGENICITY CHARACTERISTICS OF THE
PUCCINIA HORDEI POPULATION

Federal Research Center of Biological Plant Protection, Russia

Dwarf rust *Puccinia hordei* G.H. Otth. is one of the most dangerous diseases of barley, which can significantly reduce the yield and quality of grain. The purpose of this study was to evaluate the effect of the two-component fungicide Baliy, MEC at the recommended application rate on the pathogenicity indices of the dwarf rust pathogen population. Compared with the initial population (without treatment), the average virulence of *P. hordei* decreased by 2 times, spore viability - by 2.6 times, sporulating ability - by 3.3 times. The latent period remained at the level of the initial population. Thus, treatment of barley plants with the fungicide Baliy, MEC at the recommended application rate contributes to a decrease in pathogenicity indices.

Дмитриева Н.А.^{1,2}

Научный руководитель: Лагуткина Л.Ю.¹

**НОВЫЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ ПИТАНИЯ
НА ОСНОВЕ РАСТЕНИЯ-ДИКОРОСА
АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ - ВЕРБЛЮЖЕЙ
КОЛЮЧКИ (ALHAGI PSEUDALHAGI)**

*¹ Астраханский государственный технический университет
Астрахань, Россия*

*² ООО «Саликорния Нутришн», г. Астрахань, Россия
tendersburn@gmail.com*

Обсуждаются перспективы и способы производства функционального продукта питания – напитка на основе распространенного дикороса Астраханской области – верблюжьей колючки.

В последние десятилетия Правительством страны актуализируются проблемы продолжительности жизни и оздоровления населения. На ранке пищевых продуктов также можно заметить тенденции к более здоровым и экологичным продуктам питания, как со стороны хозяйствующих субъектов, так и со стороны населения.

Это связано с реализацией таких национальных проектов, как «Продолжительная и активная жизнь» и «Новые технологии сбережения здоровья», одной из целей которых является увеличение ожидаемой продолжительности жизни до 78 лет к 2030 году и до 81 года к 2036 году (см. <https://government.ru/news/54356>).

Одним из направлений для реализации поставленных задач является разработка новых функциональных продуктов питания. Функциональные продукты питания – это те продукты, которые оказывают лечебно-профилактический эффект посредством целенаправленного улучшения физиологических функций организма и его отдельных органов и систем при их систематическом потреблении.

Важными требованиями, предъявляемые к таким

продуктам, является их природное происхождение и массовость спроса, возможность включения их в ежедневный рацион питания.

Растения-дикоросы играют большую роль в разработке новых функциональных продуктов питания, за счет своих лечебно-профилактических свойств. Астраханская область — это район пустынно-степного типа почвообразования, характеризующийся малым количеством атмосферных осадков, высоким испарением и сухостью воздуха, что является оптимальными условиями для произрастания таких дикоросов, как верблюжья колючка (*Alhagi pseudalhagi*) [1].

Верблюжья колючка известна богатым содержанием полезных биологически активных веществ. В состав растения входят углеводы, флавоноиды, жирные кислоты, терпеноиды, фенольные соединения, альдегиды, витамины С, К и группы В, каротин, урсоловая кислота [2]. В надземных частях верблюжьей колючки (*Alhagi pseudalhagi*) содержатся кемпферол, кварцетин, алхацин, рамнетин, рутин, каликоцин, формонетин, ванилиновая кислота, салициловая кислота, фруктоза, сахароза, винная кислота, уксусная кислота, бутин, сквален. Также верблюжья колючка богата полезными микро- и макроэлементами, такими как: магний, кальций, натрий, алюминий, марганец, кремний.

В связи с этим для расширения линейки функциональных продуктов ООО «Саликорния Нутришн» было принято решение разработать новый продукт-функциональный напиток на основе верблюжьей колючки.

Водный экстракт, верблюжьей колючки, полученный из высушенного и измельченного сырья (рис.1) обладает следующими органолептическими качествами: светло-лимонный цвет, легкий чайно-ромашковый аромат, сладковатый вкус. Он используется в качестве желчегонного и мочегонного средства [3].



Рис. 1. Высушенное и измельченное сырье для экстракции верблюжьей колючки (*Alhagi pseudalhagi*)

Одним из известных способов получения напитка из верблюжьей колючки является метод, описанный в формуле патента Ж.Д. Сабдалинова «Способ приготовления пищевого продукта на основе верблюжьей колючки». Изобретение относится к используемым в качестве лекарственных средств пищевым продуктам из ксерофитов. Данное решение повышает лечебные свойства пищевого продукта из верблюжьей колючки, в частности её бактерицидные, мочегонные и потогонные свойства, лечебные свойства при желудочно-кишечных заболеваниях, заболеваниях печени, колитах, дизентерии, при простудных заболеваниях, в применении в качестве успокаивающего, расслабляющего и иммуностимулирующего средство [4].

Перспективным методом представляется разработка О.И. Квасенкова и др. «Способ получения ароматизированного восстановленного чая» [5]. В качестве преимущества метода можно отметить то, что для получения восстановленного ароматизированного чая используется шрот, образующийся после экстрагирования отходов при

комплексной переработке чая, которые предусматривают сбор отходов в виде чайной пыли и черешков, с последующим их экстрагированием и введением чайных экстрактов в состав пищевых продуктов. Таким образом, основным результатом данного изобретения является полная утилизация отходов чайного производства.

Однако остаются вопросы относительно количества содержания полезных биологически активных веществ в конечном продукте - ароматизированном восстановленном чае, что не дает возможности называть полученный конечный продукт функциональным и обладающий лечебно-профилактическим эффектом. Из описанного способа получения восстановленного ароматизированного чая можно сделать вывод, что цветки верблюжьей колючки используются для ароматизации конечного продукта, а не для обогащения его полезными биологически активными веществами.

Таким образом, первые опыты разработки показали перспективу использования напитка в качестве безопасного мочегонного средства. Также следует отметить конкурентные органолептические свойства функционального напитка, которые дают перспективы успешного вывода продукта на рынок и усилят позиции предприятия в этой отрасли в регионе.

Литература

1. *Абдул-Хафиз И.Й., Егоров М.А.* Биологические исследования роста верблюжьей колючки на различных почвах астраханской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2010. № 5 (67). С. 61-64
2. *Асеминова Д.Я.* Лекарственное значение верблюжьей колючки (ALHAGI)/Асеминова Д.Я.//ФОРУМ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ 6(58) – 2021. – С. 93-95.
3. *Данатаров Б.Г., Гурбангельдыев Б.Д.* Инновационный способ получения сухого экстракта верблюжьей колючки // Молодой

ученый. 2022. № 3 (398). - С. 1-4.

4. *Сабдалинов Ж.Д.* Способ приготовления пищевого продукта на основе верблюжьей колючки. Патент на изобретение, Евразийская заявка № 201800507, 23.03.2020.

5. *Квасенков О.И., Татарченко И.И., Безкровная М.С.* Способ получения восстановленного ароматизированного чая. Патент на изобретение RU 2363200 C1, 07.04.2008. Заявка № 2008113035/13 от 07.04.2008.

Dmitrieva N.A. ^{1,2}

Scientific adviser: Lagutkina L.Y. ¹

**NEW FUNCTIONAL FOOD PRODUCT BASED ON
ASTRAKHAN OBLAST DICOROS - VERBLE BUTTERFLY
(ALHAGI PSEUDALHAGI)**

¹*Astrakhan State Technical University
Astrakhan, Russia*

²*LLC "Salicornia Nutrition", Astrakhan, Russia. Astrakhan, Russia*

The report focuses on prospects and methods of production of functional food product – a drink based on camel thorn, a common wild plant of the Astrakhan region.

Егорченкова О.Е.

КОНТРОЛЬ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ЗЕТА-ЦИПЕРМЕТРИНА В ЛИСИЧКАХ ПОСЛЕ АВИАОБРАБОТКИ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ

*Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана
Роспотребнадзора, Россия*

e-ol@mail.ru

Авиаобработка пестицидами является одним из наиболее эффективных способов борьбы с вредителями лесных массивов.

В качестве объектов исследования использовались: зета-циперметрин – действующее вещество, лесные грибы (лисички).

Идентификацию и количественное определение вещества выполняли методом капиллярной газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС). Применение технологии QuEChERS позволило минимизировать матричные эффекты. С помощью валидированной методики СТБ EN15662-

2017 проведено определение остаточных количеств зета-циперметрина в реальных образцах лесных грибов, отобранных через 30 дней после авиаобработки лесных территорий в трех почвенно-климатических зонах Российской Федерации.

Установленный предел обнаружения инсектицида составил 0,01 мг/кг. При анализе образцов лисичек содержание зета-циперметрина было менее предела обнаружения.

Одним из актуальных направлений в современной практике защиты лесных массивов от насекомых-вредителей является авиаобработка их инсектицидами. Массовые вспышки их численности паразитов (короеды, шелкопряды, пилильщики и другие) приводят к ослаблению и гибели деревьев, способствуя распространению фитопатогенов. Однако существует потенциальный экологический риск, связанный с воздействием таких обработок на дикорастущие съедобные грибы, например, лисички (*Cantharellus cibarius*).

Лисички – микоризные грибы, произрастающие в хвойных и смешанных лесах, преимущественно на лесной подстилке, вблизи поверхности почвы. В результате авиационного

внесения препаратов возможно их прямое загрязнение оседающим аэрозолем, особенно в местах с разреженной древесной растительностью (опушки, поляны, просеки).

Зета-циперметрин – синтетический пиретроид второго поколения с высокой инсектицидной и акарицидной активностью, широко применяемый при авиационном опрыскивании лесных территорий против вредителей древесных насаждений. Как и другие пиретроиды, он действует на нервную систему насекомых, нарушая передачу нервных импульсов, что приводит к их параличу и гибели [1].

С учетом того, что грибы, являющиеся объектами питания для многих животных и людей, могут значительно аккумулировать пестициды через плодовое тело и мицелий, после обработки лесных массивов необходим строгий контроль остаточных количеств (ОК) зета-циперметрина в грибах.

Максимально допустимый уровень (МДУ) зета-циперметрина в шампиньонах в Российской Федерации установлен на уровне 0,1 мг/кг (в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21).

Оценка безопасности использования инсектицидов для защиты лесных насаждений невозможна без методов контроля их микроколичеств в пищевой растительной продукции.

В настоящее время самым надежным способом измерения предельно низких концентраций пестицидов и их достоверной идентификации является более информативный метод хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС).

В связи с этим для определения ОК зета-циперметрина в лесных грибах был валидирован метод СТБ EN 15662-2017 [2]. Исследования проведены на 10 образцах грибов (лисички) с внесением зета-циперметрина на уровне нижнего предела количественного измерения (LOQ) и 10 пределов определения ($10 \cdot \text{LOQ}$), по 5 повторностей для каждого уровня внесения. Средние величины полноты извлечения для конкретного уровня внесения – 96,4 % (0,01 мг/кг) и 83,2 % (0,1 мг/кг),

средняя величина по полной выборке – 89,8 %.

Авиаобработка естественного смешанного хвойно-мелколиственного древостоя, искусственных посадок сосны обыкновенной, естественного древостоя самшита колхидского, под покровом которого на опушках и под деревьями произрастали грибы (лисички), была проведена однократно с нормой расхода по препарату 0,09 л/га. В исследованиях использован образец аналитического стандарта зета-циперметрина, с содержанием основного компонента 95,64 %.

Пробы отбирали в период товарной зрелости грибов путем прохода по диагоналям опытных участков, а также контрольных вариантов, необработанных пестицидом. Для предотвращения потерь исследуемого вещества при хранении растения лисички замораживали. Перед анализом их тщательно измельчали для обеспечения гомогенности и равномерного распределения пестицида.

В качестве основного метода пробоподготовки применяли технологию QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe) [3].

Для экстракции зета-циперметрина из лисичек был выбран ацетонитрил. Для повышения эффективности экстракции были использованы соли с цитратным буфером (сульфат магния, хлорид натрия, цитрат натрия и натрий лимоннокислый двузамещённый, 1,5-водный) [4].

Очистка полученных экстрактов проводилась с использованием комбинации сорбентов, включающей первично-вторичный амин (PSA) и сульфат магния. Применение PSA позволило эффективно удалить органические кислоты и сахара. Сульфат магния способствовал осушению экстрактов, предотвращая возможные искажения результатов при анализе методом ГХ-МС [5]. Процедура низкотемпературного вымораживания послужила дополнительной ступенью очистки экстрактов. Конечные экстракты концентрировали и перерастворяли в ацетоне.

Идентификацию исследуемого аналита осуществляли

в режиме регистрации выбранных ионов (SIM) с отношением масса/заряд (m/z): 181 (количественный расчет), 127, 152.

Зета-циперметрин содержит два хиральных центра и представляет собой смесь энантиомеров в соотношении 45-55:55-45, которые в выбранных условиях метода хромато-масс-спектрометрии формируют на хроматограмме четыре близких по площади пика. Аналитические данные для количественного определения вещества были рассчитаны с учетом суммы площадей четырех наблюдаемых хроматографических пиков.

В опытах, проведенных в разных областях Российской Федерации, образцы грибов (лисичек), отобранные через 30 дней после обработки, не содержали действующего вещества зета-циперметрина (или содержжали менее 0,01 мг/кг).

Анализ результатов исследования показал, что авиаобработка лесных массивов препаратом на основе зета-циперметрина не оказывает существенного влияния на содержание действующего вещества в образцах грибов (лисички), произрастающих под покровом деревьев.

Выражаю благодарность руководству Российского университета дружбы народов (РУДН), Институту экологии и организаторам конференции за предоставленную возможность представить результаты наших исследований.

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Литература

1. Marina Gourgouta, Christos I. Rumbos, Christos G. Athanassiou. Residual toxicity of a commercial cypermethrin formulation on grains against four major storage beetles// Journal of Stored Products Research. 2019. Volume 83. Pp. 103-109.
2. СТБ EN 15662-2017. Продукция пищевая растительного происхождения. Определение остатков пестицидов с применением

ГХ-МС и/или ЖХ-МС/МС после экстракции ацетонитрилом и очистки с применением дисперсионной ТФЭ. Метод QuEChERS. Минск: БелГИСС, 2017, 54 с.

3. *Lehotay S. J., Son K.A., Kwon H., et al.* Comparison of QuEChERS sample preparation methods for the analysis of pesticide residues in fruits and vegetables. // *Journal of Chromatography A*. 2010. Vol.1217(16). Pp.2548-2560.

4. *Michelangelo Anastassiades, Steven J. Lehotay, Darinka Stajnbaher, Frank J. Schenck.* Fast and Easy Multiresidue Method Employing Acetonitrile Extraction/Partitioning and Dispersive Solid-Phase Extraction for the Determination of Pesticide Residues in Produce. // *Journal of AOAC International*. 2003. Vol.86 (2). Pp. 412-431.

5. *Liu Libin, Yuki Hashi, Qin Yaping, Zhou Haixia, Lin Jinming.* Rapid Analysis of Multiresidual Pesticides in Agricultural Products by Gas Chromatography-mass Spectrometry. // *Chin J Anal Chem*. 2006. Vol.34(6). Pp. 783–786.

O.E. Egorchenkova

CONTROL OF RESIDUAL QUANTITIES OF ZETA-CYPERMETHRIN IN CHANTERELLES AFTER AERIAL TREATMENT OF FORESTRY AREAS

Federal scientific center of Hygiene named after F.F. Erisman of the Federal Service of Surveillance in the Sphere of Consumer Rights Protection and Human Welfare, Russia

Aerial pesticide treatment is one of the most effective methods of forest pest control. The objects of the study were: zeta-cypermethrin – the active substance, forest mushrooms (chanterelles). Identification and quantitative determination of the substance was carried out by capillary gas chromatography with mass spectrometric detection (GC-MS).

The use of QuEChERS technology allowed us to minimize matrix effects. Using the validated method of STB EN15662-2017, residual amounts of zeta-cypermethrin were determined in real samples of forest mushrooms collected 30 days after aerial treatment of forest areas in three soil and climatic zones of the Russian Federation. The established detection limit of the insecticide was 0.01 mg / kg. When analyzing real chanterelle samples, the content of zeta-cypermethrin was below the detection limit.

Елишибек А.Б., Джубатова Э.А., Алпысбаева К.А.
ЗЛАТОГЛАЗКА В БОРЬБЕ С ВРЕДИТЕЛЯМИ

*Казахский научно-исследовательский институт защиты
и карантина растений им. Жазкена Жиембаева, Казахстан*

aiko.elshibek@mail.ru

Златоглазка обыкновенная (*Chrysopa carnea* Steph.) является одним из наиболее эффективных энтомофагов, широко распространенных на юго-востоке Казахстана. В докладе обсуждается применение златоглазки в тепличных хозяйствах региона для биологической защиты овощных культур, особенно огурцов, от тлей, которые активно развиваются в марте-апреле и способны нанести значительный ущерб урожаю. Применение златоглазки способствует снижению пестицидной нагрузки и сохранению экологического баланса. Для достижения максимальной эффективности необходимо своевременное обнаружение очагов вредителя и систематическое обследование теплиц, а также проведение повторных колонизаций энтомофага.

Одной из актуальных задач современного овощеводства является снижение применения химических средств защиты растений и внедрение биологических методов контроля вредителей. Особую роль в биологической защите растений играют энтомофаги – насекомые-хищники, ограничивающие численность вредных организмов. Златоглазка обыкновенная (*Ch. carnea* Steph.), представитель семейства Chrysopidae отряда Neuroptera, является одним из наиболее эффективных энтомофагов, используемых в борьбе с тлями. В мире известно 250 видов хризоп, в СНГ распространено около 30 видов [1, 2], а на юго-востоке Казахстана – 15 видов златоглазок, из них златоглазка обыкновенная широко распространена [3].

Массовое разведение златоглазки в лабораторных условиях проводили по технологии А.И. Анисимова и Г.А. Беглярова [4, 5]. В тепличных условиях проводили мониторинг распространения тли и паутинного клеща [6].

Златоглазка обыкновенная характеризуется высокой биологической активностью. Личинки энтомофага имеют три

возраста и отличаются высокой прожорливостью. В период развития одна личинка способна уничтожить до 500-600 тлей. В Южно-Казахстанском филиале ТОО «КазНИИ защиты и карантина растений им. Ж. Жиембаева» занимается массовым разведением златоглазки обыкновенной (*Chrysopa carnea* Steph.). Технология разведения златоглазки в лабораторных условиях включает следующие этапы: инкубация яиц, воспитание личинок, получение коконов, содержание имаго и хранение энтомофага. Мы в качестве корма используем личинки и яйца зерновой моли, а также специальные искусственные питательные среды [7]. Имаго златоглазки содержатся в специальных садках или в банках и подкармливаются раствором сахарного сиропа (рис. 1).



Рис. 1. Содержание имаго златоглазки *Ch. Carnea*

В тепличных условиях вредители, преимущественно тли, появляются в марте-апреле и способны нанести серьёзный ущерб урожаю огурцов. Для успешной биологической защиты рекомендуется проводить выпуск златоглазки в фазе яйца. Систематический мониторинг и своевременные меры позволяют эффективно сдерживать численность вредителей, сохраняя урожай без использования химических средств защиты.

Проведенные исследования подтверждают высокую эффективность применения златоглазки обыкновенной в тепличных условиях юго-востока Казахстана для контроля численности тлей в условиях закрытого грунта.

Литература

1. Тилменбаев Ә.Т., Жармухамедова Г.Ә. Энтомология. Алматы, 1994. – 136 с.
2. Сагитов А.О., Ашыкбаев Н.Ж., Слямова Н.Д., Толеубаев Қ.М., Дүйсембеков Б.Ә. Биологическая защита растений. Алматы, 2012. – С. 227-231.
3. Алтысбаева К.А., Толеубаев К.М., Абзейтова Э.А. Особенности развития златоглазки обыкновенной (*Chrysopa carnea* Steph.) при питании на различном корме // Результаты и исследования. – Алматы, 2013. №3. С. 160-163.
4. Анисимов А.И., Дорохова Г.И., Красавина Л.П., Белякова Н.А., Лузгин М.С. Златоглазки (Chrysopidae) диагностика, особенности биологии, разведения, селекции и применения в закрытом грунте. ВИЗР, 2000. – 43 с.
5. Бегляров Г.А., Ущевков А.Т. Методические указания по биологическому методу борьбы с тлями в защищенном грунте. М., 1983. – 28 с.
6. Чалков А.А. Биологическая борьба с вредителями овощных культур защищенного грунта. М., 1986. – 95 с.
7. Alpysbayeva K., Abzeitova E. Toleubayev K. Developmental peculiarities of green lacewing (*Chrysopa carnea* Steph.) fed on different preys. Information Bulletin IOBC EPRS 46 Research articles of the International Scientific conference «Plant protection for ecological sustainability of agrobiocenoses». Almaty, 2014. – P. 149-152.

Ayazhan Elshibek, Elmira Dzhubatova, Karlygash Alpysbayeva

CHRYSOPE CARNEA STEPH. IN PEST CONTROL

Kazakh research institute of plant protection and quarantine named after zh. Zhiembayev, Kazakhstan

The common lacewing *Chrysopa carnea* Steph. is one of the most effective entomophagous insects in southeastern Kazakhstan. Report focuses on using *C. carnea* in regional greenhouses, for biological control of aphids, which peak in March-April and damage vegetable crops, especially cucumbers. Its use reduces pesticide load and supports ecological balance. Maximum effectiveness requires timely pest detection, regular monitoring, and repeated releases if needed.

Епишина Т.М., Чхвиркия Е.Г., Лохин К.Б.
ВЛИЯНИЕ ДВУХКОМПОНЕНТНОГО ПЕСТИЦИДА
НА ПОКАЗАТЕЛИ ТОКСИЧНОСТИ У
ЛАБОРАТОРНЫХ ЖИВОТНЫХ

Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана
Роспотребнадзора, Россия
epishina.tm@fncg.ru

Изучено влияние нового двухкомпонентного пестицида на основе пириметанила и флуопирама на показатели токсичности у лабораторных животных, установлены классы опасности. Полученные результаты свидетельствуют, что новый препарат по острой пероральной и дермальной токсичности, раздражающему действию на кожу, сенсибилизирующему и кумулятивному эффектам относится к малоопасным соединениям (4 класс опасности), по раздражающему действию на слизистые глаза к умеренно опасным соединениям (3В класс опасности). Следовательно, препарат по изученным показателям относится к умеренно опасным соединениям и не представляет реальной опасности при его применении в условиях сельского хозяйства Российской Федерации.

В структуре химических загрязнителей окружающей среды, способных оказывать существенное влияние на состояние здоровья населения, особое место занимают пестициды. Известно, что без применения современных средств химизации сельского хозяйства невозможно получение высоких и устойчивых урожаев самых различных культур. Вместе с тем, применение всё большего числа химических средств защиты растений предопределяет опасность загрязнения окружающей среды токсическими веществами, что неблагоприятно воздействует на состояние здоровья населения [1]. Пестициды способны поступать в организм человека различными путями: при непосредственном контакте с ними в условиях производства и применения, с пищевыми продуктами, через загрязненную воду, воздух и т.д. Поэтому научной основой безопасного

применения пестицидов являются комплексные токсиколого-гигиенические исследования по изучению параметров токсичности и биологического действия пестицидов, оценке риска для работающих и населения, научному обоснованию регламентов применения и мер безопасности при работе с ними [2].

В наших исследованиях проведена экспериментальная оценка токсичности нового двухкомпонентного пестицида на лабораторных животных (крысы, кролики, морские свинки), для установления класса опасности и решения вопроса о возможной его государственной регистрации на территории Российской Федерации.

Изучаемый нами новый препарат на основе двух действующих веществ пириметанила и флуопирама предназначен для применения в качестве фунгицида против грибковых заболеваний на ягодных культурах, яблонях и винограде.

Цель исследования: определить токсичность и опасность нового двухкомпонентного пестицидного препарата, установить класс опасности. Задачи исследования: определить параметры острой токсичности (ЛД₅₀) препарата при однократном пероральном и дермальном воздействии; провести оценку раздражающего действия препарата на кожу и слизистую глаза; оценить сенсibiliзирующее и кумулятивное действие препарата.

Исследования проведены в испытательной биологической лаборатории (виварии) ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» в соответствии с методическими указаниями [3-5].

При определении параметров острой пероральной токсичности использованы белые крысы-самцы с массой тела 210-220 г. (по 6 особей в группе). Препарат вводили однократно, через 2 часа после приема корма, внутрижелудочно с помощью металлического зонда. Введена доза -10000 мг/кг массы тела (м.т.).

Для установления острой дермальной токсичности

препарат наносили крысам-самцам с массой тела 210-220 г (по 6 особей в группе), однократно на выстриженный участок кожи в дозе 2000 мг/кг м.т.

Раздражающее действие препарата изучалось при однократном нанесении на кожу белым крысам-самцам (по 6 животных), кроликам-самцам (3 животных) нативного препарата в количестве 0,5 мл при экспозиции 4 часа с последующим смывом.

Для оценки раздражающего действия на слизистую глаза препарат вносили однократно в конъюнктивальный мешок правого глаза кроликов (3 животных) в количестве 0,1 мл, левый глаз служил контролем.

Исследование сенсибилизирующего действия препарата проводили на морских свинках-самцах с массой тела 350- 400 г. белой масти по схеме комплексной сенсибилизации. Опытным животным вводили однократно под кожу внешней поверхности ушной раковины 200 мкг препарата с последующим (через 10 суток) эпукутаным нанесением препарата в разведении, не оказывающим раздражающего действия, и тестированием на противоположный бок животных после 7 накожных аппликаций (провокационная проба). Оценку кожной реакции проводили через 24 и 48 часов после провокационной пробы. Для оценки иммунологической реактивности в крови у морских свинок через 48 часов после провокационной пробы подсчитывали состав лейкоцитарной формулы крови и проводили определение реакции специфического лизиса лейкоцитов (РСЛЛ).

Оценку кумулятивного эффекта препарата проводили на крысах-самцах с массой тела 220-230 г. (по 10 животных в опытной и контрольной группах). Препарат вводили ежедневно перорально в дозе 1000 мг/кг м.т. (1/10 ЛД₅₀) в течение 2-х месяцев. Токсичность препарата оценивали по критерию «гибели животных», по динамики массы тела,

гематологическим, биохимическим и физиологическим показателям.

При определении ЛД₅₀ перорально, клиническая картина интоксикации в дозе 10000 мг/кг м.т. характеризовалась малоподвижностью и угнетенным состоянием животных в первые двое суток введения препарата. Гибель животных не зарегистрирована. ЛД₅₀ перорально > 10000 мг/кг м.т. Накожное нанесение препарата в дозе 2000 мг/кг м.т. гибели животных и видимых признаков интоксикации не выявило. ЛД₅₀ дермально для крыс-самцов > 2000 мг/кг м.т.

Раздражающего действия на кожу крыс-самцов и кроликов-самцов после однократного нанесения через 1 час, 4 часа и в последующие сроки наблюдения (1-14 суток) не выявлено. После внесения препарата в конъюнктивальный мешок правого глаза у животных наблюдалась слабая гиперемия конъюнктивы, проходящая через трое суток.

Результаты аллерготестирования показали, что кожные пробы отрицательны, оценка показателя РСЛЛ и показателей лейкоцитарной формулы крови не выявила достоверных изменений у опытных животных по сравнению с контрольными животными, относительный процент лизиса менее 10%.

Препарат не обладает кумулятивным действием по критерию «гибели животных» Кум > 5. Анализ динамики массы тела, гематологических, биохимических и физиологических показателей не выявил достоверные изменения у опытных животных по сравнению с контрольными.

В результате проведенных исследований установлены классы опасности для изученных токсикологических параметров [6]. По параметрам острой пероральной и дермальной токсичности (ЛД₅₀), раздражающему действию на кожу, сенсibiliзирующему и кумулятивному эффектам изученный препарат относится к малоопасным соединениям (4 класс опасности); по раздражающему действию

на слизистую глаза к умеренно опасным соединениям (3 В класс опасности).

Проведенные исследования позволили установить, что изученный препарат относится к умеренно опасным соединениям (3 класс опасности) и соответственно, не представляет реальной опасности окружающей среде в условиях Российской Федерации.

Выражаем благодарность руководству Российского университета дружбы народов (РУДН), Институту экологии и организаторам конференции за предоставленную возможность представить результаты наших исследований.

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Литература

1. *Ракитский В.Н., Чхвиркия Е.Г., Епишина Т.М.* Основы обеспечения безопасного применения пестицидов. //Здравоохранение Российской Федерации. 2020. №64(1). Р.45.
2. *Егорченкова О.Е., Гречина М.С., Федорова Н.Е.* Методические вопросы оценки контаминации пищевой продукции пестицидами. // Сборник материалов международной научно-практической конференции "Здоровье и окружающая среда". 2019. С. 333-335.
3. *Алексеева О.Г., Дудева Л.А.* Аллергия к промышленным химическим соединениям. М., «Медицина», 1978 - 270 с.
4. *Каган Ю.С.* Кумуляция, критерии и методы её оценки, прогнозирование хронических интоксикаций. В кн.: Принципы предельно допустимых концентраций. М.: Медицина, 1970. С.49-65.
5. Оценка токсичности и опасности химических веществ и их смесей для здоровья человека: Руководство Р1.2.3156-13 М.: Гигиена, токсикология, санитария. 2014.- 639 с.
6. «Гигиеническая классификация пестицидов и агрохимикатов по степени опасности» (МР № 1.2.0235-21). 2021.- 13с.

Epishina T.M., Chkhvirkiya E.G., Lokhin K.B.

**EFFECT OF A TWO-COMPONENT PESTICIDE
ON TOXICITY INDICES IN LABORATORY ANIMALS**

*Federal scientific center of Hygiene named after F.F. Erisman of the
Federal Service of Surveillance in the Sphere of Consumer Rights
Protection and Human Welfare, Russia*

The effect of a new two-component pesticide based on pyrimethanil and fluopyram on toxicity indices in laboratory animals was studied and hazard classes were established. The obtained results indicate that the new preparation, according to the indices of acute oral and dermal toxicity, irritant effect on the skin, sensitizing and cumulative action, belongs to low-hazard compounds (hazard class 4), and according to the irritant effect on the mucous membranes of the eyes, to moderately hazardous compounds (hazard class 3B). Consequently, according to the studied indices, the preparation belongs to moderately hazardous compounds that do not pose a real danger to the environment and nature management in the conditions of the Russian Federation.

**Ерёмина У. В.^{1,2}, Дренова Н. В.¹,
Шукова А. С.^{1,2}, Агаркова Н. А.^{1,2}**

ИСПЫТАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ БИОПРЕПАРАТОВ ПРОТИВ ВОЗБУДИТЕЛЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО ОЖОГА *ERWINIA AMYLOVORA*

¹ *Всероссийский центр карантина растений, Россия*

² *ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Россия*

yeu-q@yandex.ru

Был проведён опыт взаимодействия *E. amylovora* с четырьмя коммерческими биопрепаратами на искусственных питательных средах с целью проверки их эффективности против возбудителя ожога плодовых, а также для определения стандарта в дальнейших исследованиях с новыми потенциальными биоагентами.

Erwinia amylovora (Burrill) Winslow et al. является карантинным объектом и возбудителем бактериального ожога, который поражает яблони и груши из семейства розовых (*Rosaceae*). На данный момент существуют следующие меры борьбы с заболеванием: выбор устойчивых сортов плодовых деревьев; проведение санитарной обрезки пораженных участков с обязательной дезинфекцией инструментов или удаление зараженных деревьев; использование бактерицидных средств, таких как медьсодержащие фунгициды и антибиотики (например, стрептомицин) в период цветения [1-2]. В последнее время наблюдается тенденция к биологизации земледелия: активно разрабатывают биопрепараты для защиты растений. Так, есть данные об эффективном использовании против бактериального ожога штаммов *Bacillus amyloliquefaciens* MB-40 и *Lactobacillus plantarum* 17M в производственных условиях [3].

Цель нашего исследования – проверка эффективности коммерческих биопрепаратов против возбудителя бактериального ожога, а также выбор стандарта для дальнейших исследований с новыми потенциальными биоагентами.

В качестве объектов исследования выбраны четыре

коммерческих биопрепарата, большинство из которых применяют на яблоне (*Malus*): Респекта (ООО СХП «НИВА», РФ), Серенада АСО (Байер АГ, Германия), Оргамика С (ООО «ОРГАНИК ПАРК», РФ) и Бфтим КС-2 (ООО «ПАРАДИГМА», РФ). Из них Серенада АСО зарегистрирована против бактериального ожога на фоне умеренного развития болезни. Для биопрепаратов Респекта и Оргамика С нет официальных данных об использовании в защите плодовых растений [4].

Для определения антагонистического взаимодействия с *E. amylovora* использовали чашечный метод на искусственной питательной среде R2A. С помощью шпателя Дригальского сеяли 50 мкл суспензии фитопатогена (штамм CFBR 1430) в концентрации около 5×10^7 КОЕ/мл (NanoDrop, A600). Для каждого препарата приготовили стократное (10^7 КОЕ/мл) и тысячекратное (10^5 КОЕ/мл) разведения. Добавляли по 10 мкл каждого разведения в двухкратной повторности на свежезасеянный газон *E. amylovora*. Результат учитывали на 3 сутки после инкубации при 27°C.

Результаты опыта представлены на рис.1 и в таблице 1.

Зона подавления *E. amylovora* биопестицидом Серенада АСО, зарегистрированным против возбудителя бактериального ожога, составила 2,5 мм. Оргамика С показал результат лучше: независимо от разведения стерильная зона 4 мм. Оба препарата созданы на основе вида *Bacillus amyloliquefaciens* [4]. Препараты Бфтим КС-2 и Респекта также содержат этот вид в качестве действующего агента, но штаммы оказались не активны против *E. amylovora*.

Таблица 1. Информация о биопрепаратах и результаты опыта

Название	Препаративная форма	Д.в., (содержание) [4]	Зона, мм
Серенада АСО	КС	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , штамм QST-713, (10^9 КОЕ/Мл)	2,5
Респекта	Ж	<i>Pseudomonas aureofaciens</i> + <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , ($0,5 \times 10^9$ КОЕ /Мл + 5×10^9 КОЕ/Мл)	0

Оргамика С	Ж	Bacillus amyloliquefaciens, штамм OPS-32, (5×10^9 КОЕ/Мл)	4,0
Бфтим КС-2	Ж	Bacillus amyloliquefaciens КС-2 (10^9 КОЕ/Мл)	0

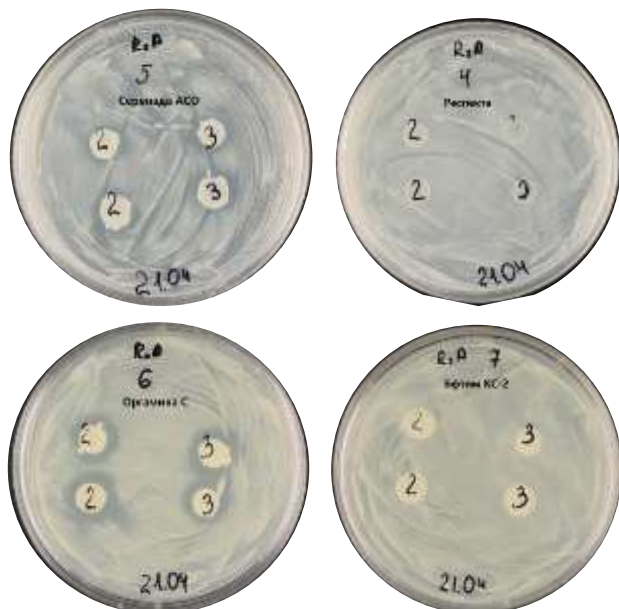


Рис.1. Результаты опыта по изучению эффективности коммерческих биопрепаратов против *E. amylovora* на среде R2A

Таким образом, коммерческий биопрепарат Оргамика С показывает эффективность выше зарегистрированного против *E. amylovora* препарата Серенада АСО. Данные могут быть использованы в дальнейших исследованиях коммерческих биопрепаратов и их агентов, а также для разработки новых биопрепаратов против возбудителя бактериального ожога плодовых культур.

Исследование проводится в рамках Государственного задания, рег. № НИОКТР 123042100020-5.

Литература:

1. Дренова Н.В. и др. Изучение эффективности препаратов

Фитолавин, Фармайод, Стрекар против возбудителя бактериального ожога плодовых культур //Карантин растений. Наука и практика. 2017. №. 4 (22). С. 40.

2. Дренова Н.В., Селицкая О.В., Ванькова А.А., Еремина У.В., Шукова А.С., Агаркова Н.А., Джалилов Ф.С. Бактериальный ожог плодовых культур в РФ: разработка мер борьбы // Садоводство и питомниководство России: современные тенденции, проблемы и перспективы. Сады России – взгляд в будущее: сборник материалов Международной научно-практической конференции, приуроченной к 70-летию со дня рождения В.В. Степанова: г. Челябинск, 16 октября 2024 г./ под об. ред. Н.Н. Зезина и др. ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН. – г.Челябинск: АО «Челябинский Дом печати». 2024. С.55-63.

3. Молжигитова А.Е. и др. Оценка биологической и хозяйственной эффективности биопрепаратов против возбудителя бактериального ожога (*Erwinia amylovora*) //Микробиология және вирусология. 2020. №. 4 (31). С. 31-41.

4. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации (Минсельхоз России). Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Часть I. Пестициды: Издание официальное. М., 2025. — 1221 с. .

***Yeremina U.B.^{1,2}, Drenova N.V.¹,
Shukova A.S.^{1,2}, Agarkova N.A.^{1,2}***

**TESTING EFFECTIVENESS OF COMMERCIAL
BIOPRAPARATES AGAINST BACTERIAL BURN PATHOGEN
*ERWINIA AMYLOVORA***

¹ *All-Russian Plant Quarantine Center, Russia*

² *K.A. Timiryazev Russian State Agricultural Academy, Russia*

The interaction of *E. amylovora* with four commercial biopreparations on artificial nutrient media was tested to verify their efficacy against the fruit blight pathogen, as well as to define the standard in further studies with new potential bioagents.

Козлов Е.Е.¹, Миронова О.А.^{2,3}

**ОЦЕНКА ПОЖНИВНЫХ ОТХОДОВ,
УТИЛИЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОЙ
МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ,
НА СООТВЕТСТВИЕ КРИТЕРИЯМ ТРЕБОВАНИЙ
БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ КОРМЛЕНИИ МОЛОДНЯКА
КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА**

¹*Донской государственный аграрный университет, Россия*

²*Российский университет дружбы народов имени Патриса
Лумумбы, Россия*

³*Всероссийский центр карантина растений, Россия*

mister.evgenie@mail.ru

Антропогенное влияние аграрного сектора несопоставимо с угрозой от промышленных выбросов. Но мировой объём отходов, образующихся в данной социально значимой сфере, вызывает серьёзную обеспокоенность. Актуальной проблемой является и все возрастающая потребность животноводства в кормах, что напрямую связано с наращиванием производственных мощностей и урожайности растениеводческих культур и соответственно увеличением объема производимых целлюлозосодержащих отходов. Разработана опытная гранулированная смесь, состоящая из пожнивных остатков злаковых и масличных культур, утилизированных методом твердофазной микробиологической ферментации с использованием закваски Леснова. Лабораторными исследованиями подтверждена её биологическая и химическая безопасность.

Объём производства кормов чаще всего не соответствует потребностям животноводства. Технологические мощности предприятий, занятых возделыванием растениеводческих культур, сдерживают развитие их животноводческого сектора. Ввиду этого разработка новейших технологий, передовых методов подготовки и обогащения малопитательных кормов носит актуальный характер. Аграрный сектор обладает несопоставимым ресурсным потенциалом к остальным отраслевым

структурам. В отличие от промышленной сферы, большинство сельскохозяйственных отходов являются условными и обладают энергоёмким вторичным запасом. Ежегодный объём неиспользуемого аграриями вторичного сырья превышает миллиард тонн. На фоне распространенных форм уничтожения, коррелирующих с утратой плодородия верхних слоев почвы сельскохозяйственных угодий и выбросом в атмосферу образующегося углекислого газа, значения концентрации которого втрое выше первоначального количества отходов, отступают на второй план экономические критерии данной проблемы [1]. Растительные остатки потенциально имеют высокую концентрацию биологически активных веществ. Их вторичное использование получило широкое распространение в качестве альтернативного вида топлива [2], при производстве фармацевтических препаратов. Поиск новых путей компромиссного применения невостребованного сырья открывает соответствующие преимущества в стимуляции роста рентабельности и наряду с этим снижения экологической угрозы от деятельности предприятия [3-6].

Впервые проведены экспериментальные исследования, направленные на интегральную характеристику опытного гранулированного комбикорма, предназначенного для молодняка крупного рогатого скота с трехмесячного возраста. Компонентный состав представлен отходами растительного происхождения, образующимися во время уборки урожая злаковых и масличных культур. Разработка и изготовление произведено в условиях кормоцеха хозяйства полного цикла по следующему рецепту (из расчета на один килограмм): кукурузные отходы – 640,0 г (из них обмолоченные стержни кукурузных початков – 500,0 г; солома кукурузная – 140,0 г); масличные отходы (обмолоченные цветочные корзинки подсолнечника) – 250,0 г; меласса – 50,0 г; мел кормовой – 50,0 г; соль – 10,0 г.

На стадии измельченного субстрата растительная смесь подвергалась утилизации методом твердофазной микробио-

логической ферментации с использованием закваски Леснова в соотношении 5×10^{-6} части активатора на одну часть субстрата. По установленным производителем технологическим требованиям подготовленная к ферментации масса должна иметь показатели влажности в диапазоне от 45% до 65% и температурные значения от 40°C до 60°C. До внесения препарата в емкость добавлялась вода до уровня гигроскопической влажности 55%. Затем производилось тщательное смешивание с закваской и последующее доведение до 50°C.

В условиях аккредитованной испытательной лаборатории определены и интерпретированы параметры, предъявляемые к безопасности кормов.

Потребность в утилизации пожнивных остатков стала параллельным решением задачи перспективной возможности альтернативного применения в кормлении скота. Но при использовании ферментированных отходов в качестве корма необходимо исключить потенциальную опасность для животных. Ввиду этого наряду с зоотехнического анализом полученных ферментированных продуктов установлен уровень концентрации токсических веществ и произведена его оценка в соответствии с требованиями НД (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика показателей химической и биологической безопасности в испытуемых образцах гранулированного комбикорма из пожнивных отходов

Показатель, ед. измерения	Гранулированный корм		ПДК
	Нативный	Ферментированный	
Афлатоксин В1, мг/кг	не более 0,004	не более 0,004	0,1
Дезоксиниваленол, мг/кг	не более 0,041	не более 0,041	1,0
Зеараленон, мг/кг	не более 0,09	не более 0,09	1,0
Охратоксин А, мг/кг	не более 0,0004	не более 0,0004	0,05
Т-2 токсин, мг/кг	не более 0,03	не более 0,03	0,1
Плесневые грибы, КОЕ/г	не более $3,2 \times 10^2$	не более $5,1 \times 10^1$	5×10^2
Дрожжи, КОЕ/г	не более $2,9 \times 10^2$	не более $6,1 \times 10^1$	5×10^2

Нитраты, мг/кг	87,0±0,24	141,0±0,42	200,0
Нитриты, мг/кг	1,31±0,08	0,94±0,08	10,0
Свинец, мг/кг	не более 0,4	не более 0,4	0,5
Мышьяк, мг/кг	не более 0,09	не более 0,09	0,5
Кадмий, мг/кг	не более 0,01	не более 0,01	0,1
Ртуть, мг/кг	не более 0,01	не более 0,01	0,02
Малатион, мг/кг	не более 0,01	не более 0,01	0,02
Пиримифос-метил, мг/кг	не более 0,01	не более 0,01	0,01
Циперметрин, мг/кг	не более 0,01	не более 0,01	0,2
Дифлубензурон, мг/кг	не более 0,01	не более 0,01	0,01

По результатам исследований, содержание микотоксинов, пестицидов, токсических элементов, дрожжей и плесневых грибов в гранулированном комбикорме из пожнивных отходов не превысило уровни ПДК. Более того, в ферментированных пробах выявлено 84%-ное снижение содержания колоний плесневых и 78%-ное – одноклеточных грибов. Это можно объяснить конкурентным действием микроорганизмов, содержащихся в закваске Леснова. Установлен рост содержания нитратов на 54 мг/кг (38,3%), что, вероятно, также обусловлено действием использованного микробного состава закваски, но данный результат ниже допустимого уровня на 29,5%.

Таким образом, гранулированный комбикорм из пожнивных отходов злаковых и масличных культур, утилизированных биологическим методом твердофазной микробиологической ферментации с использованием закваски Леснова, соответствуют требованиям химической и биологической безопасности, предъявляемым к кормам для животных.

Литература

1. Prado-Acebo I., Cubero-Cardoso J., Lu-Chau T.A., Eibes G. Integral multi-valorization of agro-industrial wastes: A review // Waste Management. 2024. Vol.183. P. 42-52.
2. Иванов А.С. Технологическая схема сжигания сельскохозяйственных гранулированных растительных отходов для получения

тепловой энергии // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. Vol. 3 (107). С.169–173.

3. Козлов Е.Е., Миронова О.А. Применение ферментированных пожнивных остатков в качестве составной части рациона молодняка крупного рогатого скота // Аграрный вестник Северного Кавказа. 2024. № 4 (56). С. 14–20.

4. Кузнецова Н.А., Козлова О.А. Анализ тенденций в сфере образования отходов в отрасли растениеводства Омской области // Продовольственная политика и безопасность. 2023. № 3. С.483–496.

5. Кузубов А.А., Шашло Н.В. Модели использования отходов аграрных предприятий в обеспечении энергетической и экологической безопасности // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. № 3. С. 168–176.

6. Sath P.K., Duhan S., Duhan J.S. Agro-industrial wastes and their utilization using solid state fermentation: a review // Bioresour. Bioprocess. 2018. Vol. 1(5). P. 1-15.

Kozlov E.E.¹, Mironova O.A.^{2,3}

EVALUATION OF CROP WASTE DISPOSED BY SOLID-PHASE MICROBIOLOGICAL FERMENTATION FOR COMPLIANCE WITH THE CRITERIA OF SAFETY REQUIREMENTS FOR FEEDING YOUNG CATTLE

¹*Don State Agrarian University, Russia*

²*Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (RUDN University), Russia*

³*All-Russian Plant Quarantine Center, Russia*

The anthropogenic impact of the agricultural sector is incomparable with the threat from industrial emissions. However, the global volume of waste generated in this socially significant area is a serious concern.

Another pressing issue is the ever-increasing need for animal feed in livestock farming, which is directly related to the increase in production capacity and crop yields and, accordingly, the increase in the volume of cellulose-containing waste produced. An experimental granulated mixture has been developed, consisting of stubble residues of cereals and oilseeds, utilized by solid-phase microbiological fermentation using Lesnov's starter. Laboratory studies have confirmed its biological and chemical safety.

**Кудинова О.А., Гвоздева М.С.,
Руденко В.Д., Волкова Г.В.**

**ДЕЙСТВИЕ ПОВТОРНЫХ ОБРАБОТОК
ФУНГИЦИДОМ НА ОСНОВЕ ТИАЗОЛОВ
И СТРОБИЛУРИНОВ НА ИЗМЕНЕНИЕ
ВИРУЛЕНТНОСТИ ИЗОЛЯТОВ *PUCCINIA HORDEI***

Федеральный научный центр биологической защиты растений,

Россия

alosa@list.ru

Проанализировано влияние обработок двухкомпонентным фунгицидом на основе действующих веществ из класса триазолов и стробилуринов на северокавказскую популяцию *Puccinia hordei*.

Установлено, что после двух обработок фунгицидом в рекомендуемой норме применения 15 изолятов прекратили спорулироваться и средняя вирулентность популяции уменьшилась на 35 %, после третьей обработки не сохранилось жизнеспособных изолятов гриба. Таким образом, под действием фунгицида в северокавказской популяции *P. hordei* не происходит отбор вирулентных изолятов.

Ячмень является значимой зерновой культурой, возделываемой в различных условиях по всему миру [1, с. 1]. Карликовая ржавчина (возбудитель *Puccinia hordei* Otth.) – одна из распространенных и вредоносных болезней ячменя [2, с. 618], которая ежегодно регистрируется в Северо-Кавказском регионе России [3, с. 590]. Повсеместное применение фунгицидов привело к образованию резистентных к действующим веществам форм патогенов [4, с. 876]. *P. hordei* является быстро эволюционирующим фитопатогеном, для которого также возможен риск возникновения резистентности к фунгицидам [5, с. 35]. Исследований по влиянию фунгицидов на вирулентность популяции *P. hordei* не проводилось, но такие работы являются актуальными для разработки адаптивно-интегрированной защиты растений [6, с. 6].

Цель данной работы – анализ вирулентности популяции

P. hordei под влиянием повторных обработок двухкомпонентным фунгицидом Балий, КМЭ. Популяция *P. hordei* была получена путем сбора пораженных болезнью листьев в ходе ежегодных маршрутных обследований посевов зерновых культур на территории Краснодарского, Ставропольского края и Ростовской области.

Исследования проводили с использованием УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (<https://fnbbr.ru/brk-i-unu/unique-installation-2/>) в 2023 г. Выделение монопустульных изолятов проводили по существующим методикам [7, с. 117]. Обработку фунгицидом проводили в рекомендуемой норме применения по первым признакам развития болезни. Для изучения структуры популяции гриба по вирулентности использовали 20 сортов-дифференциаторов и линий из международного и австралийского наборов [8, с. 570], содержащих известные на данный момент гены устойчивости к патогену Типы реакции (в баллах) сортов-дифференциаторов ячменя оценивали по шкале Левина и Черевика [7, с. 225].

В результате выделено и продифференцировано 30 монопустульных изолятов популяции *P. hordei*. Популяция гриба была представлена вирулентными изолятами – средняя вирулентность популяции составила 74,7%. После первой обработки фунгицидом в рекомендуемой норме применения вирулентность популяции снизилась на 5%, а 15 изолятов перестали спорулироваться. После второй обработки средняя вирулентность популяции уменьшилась уже на 30%, большинство изолятов были авирулентны к 12-ти линиям с генами *Rph*. После третьей обработки фунгицидом вся популяция перестала спорулироваться, не сохранилось ни одного жизнеспособного изолята гриба. Таким образом, в северокавказской популяции *P. hordei* отсутствует отбор вирулентных изолятов под действием двухкомпонентного фунгицида.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-76-10063, <https://rscf.ru/project/23-76-10063/>

Литература

1. *Kiiker, R.; Juurik, M.; Mäe, A.* Fungicide Resistance Evolving in *Ramularia collo-cygni* population in Estonia // *Microorganisms* 2021. Vol.9. P.1514
2. *Sapkota R., Jørgensen L.N., Boeglin L., Nicolaisen, M.* Fungal communities of spring barley from seedling emergence to harvest during a severe *Puccinia hordei* epidemic // *Microbial ecology*. 2023. Vol.85(2). Pp.617-627.
3. *Volkova G.V., Danilova A.V., Kudinova O.A.* The virulence of the barley leaf rust pathogen in the North Caucasus in 2014-2017 // *Agricultural biology*. 2019. Vol.54(3). Pp.589-596.
4. *Shcherbakova L.A.* Fungicide resistance of plant pathogenic fungi and their chemosensitization as a tool to increase anti-disease effects of triazoles and strobilurines // *Agricultural Bioljgy*. 2019. Vol.54. Pp.875-891.
5. *Walters D.R., Avrova A., Bingham I.J., Burnett F.J., Fountaine J., Havis N.D., Newton A.C.* Control of foliar diseases in barley: towards an integrated approach // *European J of Plant Pathology*. 2012. Vol.133. Pp.33-73.
6. *Соколов М.С., Спиридонов Ю.Я., Глинушкин А.П. Каракотов, С.Д.* Стратегия фундаментально-прикладных исследований в сфере адаптивно-интегрированной защиты растений // *Агрохимия*, 2018. 5:3-12.
7. *Бабаянц Л. Мештерхази А., Вехтер Ф., Неккса Н., Дубинина Л., Омельченко Л., Клечковская Е., Слюсаренко А., Бартош. П.* Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. Прага, 1988. - 321 с.
8. *Park, R. F., Golegaonkar, P. G., Derevnina, L., Sandhu, K. S., Karaoglu, H., Elmansour, H. M., Singh, D.* Leaf rust of cultivated barley: pathology and control // *Annual review of phytopathology*. 2015. Vol.53(1). Pp.565-589.

Kudinova O.A., Gvozdeva M.S., Volkova G.V.
EFFECT OF REPEATED FUNGICIDE TREATMENTS
ON CHANGES IN VIRULENCE OF PUCCINIA HORDEI
ISOLATES

Federal Research Center of Biological Plant Protection, Russia

The effect of treatments with a two-component fungicide based on active substances from the class of triazoles and strobilurins on the North Caucasian population of *Puccinia hordei* was analyzed. It was found that after two treatments with fungicide in the recommended rate of application 15 isolates stopped sporulating and the average virulence of the population decreased by 35%, and after the third treatment there were no viable isolates of the fungus. Thus, under the action of fungicide in the North Caucasian population of *P. hordei* there is no selection of virulent isolates.

**Курбаков Д.Н.¹, Кузнецов В.К.¹,
Панов А.В.², Саруханов А.В.¹**

**ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОЦЕНКИ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ НА ТЕРРИТОРИЯХ,
ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

*¹Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии
и агроэкологии Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт», Россия*

*²Обнинский институт атомной энергетики — филиал
Национального исследовательского ядерного университета
«МИФИ», Россия*

Kurbakov007@gmail.com

Статья посвящена проблеме загрязнения почв тяжелыми металлами, представляющем опасность для сельскохозяйственного производства. Решение проблемы основывается на мониторинге экологического состояния территорий и разработке комплекса эффективных реабилитационных мероприятий, обеспечивающих производство сельскохозяйственной и пищевой продукции, отвечающей санитарно-гигиеническим нормативам. Разработанное для оценки эффективности реабилитационных мероприятий в условиях загрязнения тяжелыми металлами программно-информационное средство содержит информацию о продукции растениеводства, типах и свойствах почв, видах специальных агрохимических и агротехнических мероприятий и особенностях их применения.

Существующее многообразие специальных реабилитационных мероприятий определяет необходимость выявления среди них наиболее эффективных и обеспечивающих получение продукции растениеводства, соответствующей нормативным требованиям. Для решения этой задачи создана база данных (БД) в СУБД Access по оценке эффективности реабилитационных технологий в сельском хозяйстве на территориях, загрязненных тяжелыми металлами (ТМ) и система под-

держки принятия решения (СППР), включающие экологические, нормативные и экономические показатели [1-2]. БД предназначена для ввода, хранения, систематизации, поиска и анализа информации [2]. Для ее создания были проанализированы научные журналы, монографии, научные труды, доклады конференций, кандидатские и докторские диссертации, опубликованные с 1986 г. по 2020 г. [2].

В базе данных созданы несколько взаимосвязанных модулей, объединенных по ключевым полям (рис.1.) [2]: 1) место проведения исследования; 2) параметры эксперимента; 3) физико-химические характеристики почв; 4) удобрения; 5) результаты внедрения реабилитационных технологий; 6) литературный источник; 7) примечания.

Рис. 1. – Окно формы «Внесение и просмотр данных»

Обоснование различных вариантов внедрения стандартных мероприятий и реабилитационных технологий в сельскохозяйственном производстве состоит из нескольких этапов, каждый из которых включает в себя анализ эффективности

605

комбинаций альтернативных технологий на основе определенных критериев, отличающихся на разных стадиях оценки [3-4]. Технологии, имеющие одинаковый эффект снижения содержания ТМ в продукции, могут отличаться по экономическим показателям затрат и выгоды. Отбор комплекса оптимальных технологий в этом случае будет обусловлен показателями дополнительных критериев и данных.

Для оценки эффективности внедрения реабилитационных технологий, при производстве сельскохозяйственной продукции на территориях, загрязненных ТМ, в качестве основных критериев использовались:

- Экологические – кратность снижения содержания ТМ в сельскохозяйственных культурах или степень техногенного воздействия в целом на экосистему по сравнению с фоновой;
- Санитарно-гигиенические - нормативы содержания ТМ в производимой продукции сельского хозяйства (СанПиН 2.3.2.1078-01);
- Экономические – объем и стоимость ресурсов, необходимых для внедрения реабилитационных технологий; прибыль, полученная при реализации сельскохозяйственной продукции, после внедрения реабилитационных технологий; увеличение урожайности, рентабельность.

Оценка эколого-экономической эффективности внедрения реабилитационных мероприятий проводится в несколько этапов [4, 5]:

- 1) Оценка экологической обстановки – определение необходимости применения реабилитационных мероприятий при обнаружении в ходе экологического мониторинга превышений содержания ТМ в с/х продукции и почве.
- 2) Обоснование потенциально эффективных реабилитационных мероприятий и их комбинаций, применение которых позволит уменьшить содержание ТМ до уровней, установленных действующими санитарно-гигиеническим нормативами с учетом экологической обстановки и характеристик ведения

сельскохозяйственного производства. На этом этапе для мероприятий со сходными экологическими критериями проводится также оценка их стоимости и затрат на внедрение – анализ экономической эффективности. При этом учитываются: площадь загрязненного участка (га), валовый сбор продукции (т), урожайность (ц/га) или продуктивность (кг(л)/год). На основе сравнительного анализа достоинств и недостатков применения отдельных реабилитационных мероприятий дается обоснование и формируется список наиболее эффективных [2].

3) Сравнительный анализ эффективности реабилитационных мероприятий. Основной целью этого этапа является определение комбинаций реабилитационных мероприятий, имеющих наибольшую эффективность во всем периоде времени, когда их применение оправданно по любому из выделенных выше критериев.

Оценка экологической и экономической эффективности реабилитационных мероприятий и их комплексов по получению нормативно «чистой» сельскохозяйственной продукции включает несколько последовательных многозадачных этапов, каждый из которых имеет свои особенности и определяется анализом ряда показателей.

Анализ собранной в БД обширной научной информации позволяет оценивать не только изменение эффективности агрохимических технологий по снижению накопления ТМ в сельскохозяйственной продукции в зависимости от доз агроメリорантов, но и разрабатывать оптимальную систему их применения с учетом специфики ведения растениеводства на почвах, различных по физико-химическим свойствам.

Литература

1. Курбаков Д.Н., Панов А.В., Сотникова Н.А. База данных по эффективности реабилитационных технологий в сельском хозяйстве на территориях, загрязненных тяжелыми металлами. Руководство пользователя. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2016. - 32с.

2. Курбаков Д.Н. База данных по эффективности технологий ведения земледелия на территориях, загрязненных тяжелыми металлами // Электронный научно-производственный журнал «АгроЭкоИнфо». 2017. №3. С.9
3. Бакалова О.Н., Ульяненко Л.Н., Жигарева Т.Л., Санжарова Н.И. Оценка экономической эффективности применения технологических приемов, повышающих устойчивость зерновых культур, картофеля и многолетних трав в условиях техногенного загрязнения. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2008. -18 с.
4. Бакалова О.Н., Жигарева Т.Л., Попова Г.И. Методика определения экономической эффективности технологических приемов, используемых при ведении растениеводства, кормопроизводства и животноводства на техногенно загрязненных территориях. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2009. – 55 с.
5. Методические указания по получению экологически чистой сельскохозяйственной продукции на техногенно загрязненных территориях. Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2005. – 93 с.

Kurbakov D.N.¹, Kuznetsov V.K.¹, Panov A.V.², Sarukhanov A.V.¹
SOFTWARE TOOLS FOR EVALUATING
THE EFFECTIVENESS OF REHABILITATION MEASURES
IN AGRICULTURE IN AREAS CONTAMINATED
WITH HEAVY METALS

¹ *Russian Institute of Radiology and Agroecology of National Research Centre «Kurchatov Institute», Russia*

² *Obninsk Institute for Nuclear Power Engineering, Russia*

The article is devoted to the problem of soil pollution by heavy metals, which poses a danger to agricultural production. The solution to this problem is based on monitoring the ecological condition of territories and developing a set of effective rehabilitation measures to ensure the production of agricultural and food products that meet sanitary and hygienic standards. The software and information tool, developed to evaluate the effectiveness of rehabilitation measures in conditions of heavy metal pollution, contains information about crop production, types and properties of soils, types of special agrochemical and agrotechnical measures and the specifics of their application.

*Лашина В.Д., Сухно И.В., Бузько В.Ю.,
Подушин Ю.В., Король А.А.*

**ВЛИЯНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ
СОЕДИНЕНИЙ НА РОСТОСТИМУЛИРУЮЩУЮ
АКТИВНОСТЬ ПШЕНИЦЫ**

*Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, Россия*

vika24-06@yandex.ru

В работе исследовано влияние образцов наноразмерных оксидных материалов на ростостимулирующую активность озимой пшеницы сорта Гром с использованием метода замачивания в водной дисперсии наночастиц. Обнаружено, что обработка семян пшеницы использованными оксидными наноматериалами стимулировала ростовые процессы на начальных этапах вегетации озимой пшеницы.

Известно, что выдающиеся результаты показывают микроудобрения, применяемые в форме наночастиц – плотных структур размером от 1 до 100 микрон. Они обладают хорошей способностью к ионообмену, улучшенной диффузией, адсорбцией ионов и комплексообразованию. В отличие от более мелких частиц медленнее отдают в раствор химические элементы, что позволяет, например, разово использовать большие дозировки микроудобрений, не боясь отрицательного эффекта от передозировки. Обработка препаратом в такой форме позволяет эффективно и равномерно снабжать культуру микроэлементами длительный промежуток времени. Показано, что химические соединения в форме наночастиц проявляют особое физиологическое воздействие на растения, не выявляемые для них в других формуляциях. Как известно, наночастицы оксида цинка (ZnO) и оксида магния (MgO) могут оказывать значительное влияние на процесс проращивания зёрен пшеницы [1-10]: из-за улучшение усвоения питательных веществ и микроэлементов, из-за улучшение водоудерживающей способности почвы, из-за стимуляция роста корней, из-за влияния на гормо-

нальный баланс зерен, из-за микробиологическая активность по отношению к патогенам, из-за повышение проницаемости клеточных мембран.

Таким образом, использование водных дисперсий наночастиц этих оксидов может принципиально улучшать условия для проращивания зёрен пшеницы, способствуя их более быстрому и здоровому развитию.

В связи с этим решено было провести скрининг на выявление на выявление ростостимулирующей активности по отношению к семенам озимой пшеницы сорта Гром ростостимулирующей активности наночастиц оксидов цинка и магния с допированием ионами марганца, цинка и кобальта в порошковой форме.

Наноразмерные препараты, используемые в опыте, были синтезированы в центре нанобиотехнологий Кубанского ГАУ модифицированным методом пирохимического золь-гель синтеза. В работе использовались наночастицы со следующим химическим составом:

1. Оксид магния, допированный кобальтом (MgO-Co(II)) – образец №1.
2. Оксид цинка, допированный марганцем (ZnO-Mn(III)) – образец №2
3. Оксид магния, допированный марганцем (MgO-Mn(III)) – образец №3.

Все полученные наноматериалы, представляли собой порошковые оксидные полупроводниковые соединения с выраженной фотокаталитической активностью и с рассчитанной шириной оптической запрещенной зоны в диапазоне от 2,94 до 3,16 эВ по данным измерений методом спектроскопии диффузного светотражения.

Средний размер наночастиц в изготовленных оксидных препаратах составлял (рисунок 1): для образца №1 – ~ 38 нм, для образца №2 – ~ 36 нм, для образца №3 – ~ 40 нм.

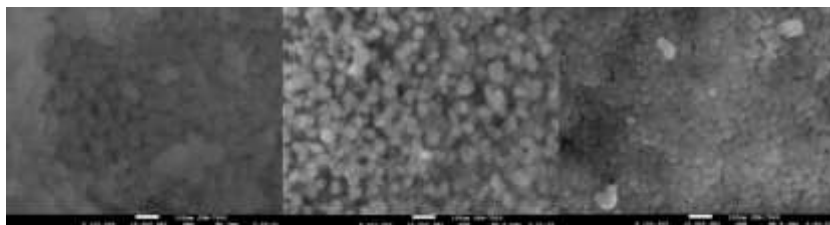


Рис. 1. Микрофотографии наночастиц исследованных материалов №1-3 (слева направо).

Для исследования создали конструкцию для проращивания зерен пшеницы. Взвесили для каждого вида порошка, а также для контроля, одинаковое количество семян. На аналитических весах взвесили по 10 мг наноматериалов № 1-4 и смешали с 10 мл H_2O (дист.). Засыпали отweighенные семена в подготовленные растворы, затем перемешали, оставляли на 3 минуты. Затем сливали растворы, выкладывали семена на конструкцию в 3 ряда по 20 семян на каждый вид порошка. Зерновки пшеницы проращивали на влажной фильтровальной бумаге в комнатных условиях. Массу проростков и всхожесть оценивали на пятые-шестые сутки вегетации. Биологическая повторность опыта составляла 60 растений. Для каждого варианта было сделано три серии опытов. При статистической обработке данных применяли однофакторный дисперсионный анализ.

Средняя масса одного проростка пшеницы по трём сериям опытов в контрольном варианте составила 143 ± 11 мг, всхожесть 72 %. Масса проростков пшеницы, обработанных наночастицами $MgO-Co(II)$ составила 148 ± 13 мг, при обработке $ZnO-Mn(III)$ – 143 ± 13 мг, что существенно не отличалось от контрольного варианта. Обработка зерна пшеницы наночастицами $MgO-Mn(III)$ привела к интенсификации ростовых процессов у растений. Средняя масса проростков в данном варианте составила 157 ± 19 мг, что выше контроля на 10 %.

Всхожесть семян пшеницы между вариантами опыта

с обработкой наночастицами оксидов существенно не отличалась и варьировала в диапазоне от 72 до 81% при вариации условий в лаборатории.

Результаты скрининга исследуемых препаратов подтвердили перспективность поиска новых регуляторов роста растений на основе оксидных наночастиц. Обработка семян пшеницы наночастицами MgO-Mn(III) стимулировала ростовые процессы на начальных этапах вегетации озимой пшеницы.

Литература

1. *Lin D., Xing B.* Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth // *Environmental pollution*. 2007. Vol. 150. P. 243-250.
2. *Prasad R.* Plant Nanobionics: Volume 1, Advances in the Understanding of Nanomaterials Research and Applications. 2019. Vol. 496. p.
3. *Du W., Sun Y., Ji R., Zhu J., Wu J., Guo H.* TiO₂ and ZnO nanoparticles negatively affect wheat growth and soil enzyme activities in agricultural soil // *J. Environ. Monit.* 2011. Vol. 13(4). P. 822–828.
4. *Fathi A, Zahedi M, Torabian S, Khoshgoftar A.* Response of wheat genotypes to foliar spray of ZnO and Fe₂O₃ nanoparticles under salt stress // *J Plant Nutr.* 2017. Vol. 40. P. 1376–85.
5. *García-Gómez C, Obrador A, González D, Babín M., Fernández M. D.* Comparative study of the phytotoxicity of ZnO nanoparticles and Zn accumulation in nine crops grown in a calcareous soil and an acidic soil // *Sci Total Environ.* 2018. Vol. 644. P. 770–780.
6. *Sun H., Du W., Peng Q., Lv Z., Mao H., Kopittke P. M.,* Development of ZnO nanoparticles as an efficient Zn fertilizer: using synchrotron-based techniques and laser ablation to examine elemental distribution in wheat grain // *J. Agric. Food Chem.* 2020. Vol. 68. P. 5068–5075.
7. *Da Cruz T. N. M., Savassa S. M., Montanha G. S., Ishida J. K., de Almeida E., Tsai S. M., Junior J. L., de Carvalho H. W. P.* A new glance on root-to-shoot in vivo zinc transport and time-dependent physiological effects of ZnSO₄ and ZnO nanoparticles on plants // *Sci. Rep.* 2020. Vol. 9. P. 10416.

8. *Abou-Zeid H. M., Ismail G. S. M., Abdel-Latif S. A.* Influence of seed priming with ZnO nanoparticles on the salt-induced damages in wheat (*Triticum aestivum L.*) plants // J. Plant Nutr. 2020. Vol. 44(1). P. 1–15.
9. *Mazhar Z., Akhtar J., Alhodaib A., Naz T., Zafar M. I., Iqbal M. M.* Efficacy of ZnO nanoparticles in Zn fortification and partitioning of wheat and rice grains under salt stress // Sci. Rep. 2023. Vol. 13 (1). P. 1–11.
10. *Rathore I., Tarafdar J. C.* Perspectives of biosynthesized magnesium nanoparticles in foliar application of wheat plant // J. Bionanosci. 2015. Vol. 9. P. 209–214.
11. *Lian J., Cheng L., Zhai X., Wu R., Liu W., Pan J., Shohag M.J.I., Xin X., He Z., Yang X.* Foliar spray of combined metal-oxide nanoparticles alters the accumulation, translocation and health risk of Cd in wheat (*Triticum aestivum L.*) // Journal of Hazardous Materials. 2022. Vol. 440. P. 129857

Lashina V.D., Sukhno I.V., Buzko V.Yu., Podushin Yu.V., Korol A.A.
EFFECT OF NANOSIZED INORGANIC COMPOUNDS
ON GROWTH-STIMULATING ACTIVITY OF WHEAT
Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Russia

The effect of samples of nanosized oxide materials on the growth-stimulating activity of winter wheat of the Grom variety using the method of soaking in an aqueous dispersion of nanoparticles was investigated in this work. It was found that treatment of wheat seeds with the used oxide nanomaterials stimulated growth processes at the initial stages of winter wheat vegetation.

**Пачкин А.А., Балахнина И. В.,
Нестерова А. Ю., Лептягин Д. О.
ИЗУЧЕНИЕ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ
ЧЛЕНИСТОНОГИХ ЯБЛОНЕВОГО САДА
С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ УСТРОЙСТВ**

*Федеральный научный центр биологической защиты растений,
Россия*

capricornalad@gmail.com

В связи с принятием как краевого, так и федерального законов «Об органическом земледелии» становятся актуальными вопросы экологизации земледелия. Для экологизации производства важно изучение процессов формирования садового энтомокомплекса. Цель исследований – изучение состава и структуры энтомоценоза молодых и плодоносящих садов с помощью стандартных и инновационных устройств. Материалы исследования - устройства для изучения видового состава членистоногих молодых и плодоносящих яблоневых садов. В молодых садах общее количество привлеченных видов членистоногих превышало таковое в плодоносящих садах, что подтверждает индекс Симпсона.

В мире активно внедряются программы экологизации земледелия и органическое земледелие [1, 2]. В России, в связи высокой пестицидной нагрузкой ведется работа по ее снижению [3, 4]. Основным фитофагом яблони в европейских странах [5] и в России [6] является яблонная плодожорка, рост вредоносности которой отмечается повсеместно. Ресурс естественной агроценотической регуляции численности фитофагов мало эффективен в том числе из-за активного применения химических инсектицидов [7].

Изучение биоразнообразия насекомых и оценка состояния экосистем необходимы для поиска новых методов снижения численности вредителей. Поддержание комплекса энтомофагов и сохранения экологического равновесия под воздействием антропогенной деятельности слабо изучены [8].

Оценка энтомокомплекса проводится с использованием различных индексов [9].

Целью исследований является изучение состава и структуры энтомоценоза молодых и плодоносящих садов с помощью стандартных и инновационных устройств.

Исследования проводились в 2024 году в условиях Центральной зоны Краснодарского края в п. Лорис и ст. Брюховетской. Объекты исследования – молодые и плодоносящие яблоневые сады. Исследования видового состава и численности членистоногих проводились еженедельно с использованием феромонных ловушек, ловушек Малеза и светоловушек. Идентификация видов проводилась с использованием определителей [10]. Полученные данные обрабатывались индексами биоразнообразия и доминирования предложенными различными авторами [9].

С помощью феромонных ловушек была отмечена меньшая численность фитофагов яблони в молодых садах в сравнении с плодоносящими. По данным световых ловушек в молодых садах общее количество привлеченных видов членистоногих превышало таковое в плодоносящих что подтвердил индекс Симпсона.

Таблица 1. Значения индексов биоразнообразия

Индекс	Брюховецкая		п. Лорис	
	ПС	МС	ПС	МС
Шеннон	2,3±0,2	2,1±0,2	2,6±0,2	2,2±0,8
Маргалев	4,0±0,5	3,9±0,6	4,8±0,7	4,4±0,9
Симпсон	0,2±0,0	0,2±0,1	0,1±0,1	0,2±0,1
Бергер-Паркер	3,8±0,7	3,3±0,7	4,2±0,9	3,5±1,4
Пиелю	0,7±0,1	0,7±0,1	0,8±0,1	0,7±0,1

ПС – плодоносящий сад, МС – молодой сад

Однако индексы Шеннона, Маргалева, Бергера-Паркера показывают, что наибольшее видовое разнообразие отмечено в плодоносящих садах. Индекс Пиелю показал высокую

выровненность популяций, что говорит о сбалансированном состоянии агроэкосистем в местах проведения исследований.

В садах ст. Брюховецкой активно применялись биологические инсектициды, в п. Лорис преимущественно химические. Кратность обработок в молодых садах была ниже в сравнение с плодоносящими.

Использование ловушек Малеза и анализ полученных данных показывает численное превышение количества видов насекомых, отловленных в плодоносящем саду (57) в сравнении с молодым садом (45) относящихся к 9 отрядам. Аналогичная ситуация в отношении видов – представителей семейств Ichneumonidae, Braconidae и Trichogrammatidae виды представители, которых часто являются паразитами целевых видов. Причинами более низкого числа паразитов в молодом саду могут быть неустоявшаяся агроэкосистема, более низкая численность фитофагов и следовательно недостаточная кормовая база.

Таким образом, в молодых садах численность основных фитофагов ниже, чем в плодоносящих. Индексы биоразнообразия по-разному представляют состояние агроэкосистем. Количество видов членистоногих привлекаемых различными устройствами отличаются. Анализ разнообразия энтомоценозов необходимо проводить с помощью различных устройств.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда и Российского научного фонда в рамках проекта № 24-26-20053, <https://rscf.ru/en/project/24-26-20053/>

Литература

1. ECOFRUIT: The European Conference on Organic Fruit Growing «Ecofruit 2022» 21.02 – 23.02 (электронный ресурс). Режим доступа <https://organicinfo.ua/en/events/ecofruit-2022/> (дата обращения: 06.04.2025).
2. IFOAM Organics Europe's Guidelines to help interpret EU Organic Regulation (электронный ресурс). Режим доступа

<https://tporganics.eu/ifoam-guidelines-eu-organic-regulation/> (дата обращения: 06.04.2025).

3. Возможности снижения пестицидной нагрузки» [Электронный ресурс] : Категория: Биологический метод в растениеводстве Биометод : «Агропромышленная газета Юга России» электрон. журн. URL: <https://www.agropromyug.com/v-rastenievodstve/197-vozmozhnosti-snizheniya-pestitsidnoj-nagruzki.html> (дата обращения: 06.04.2025).

4. Пестицидное загрязнение сельскохозяйственных земель и способы его снижения [Электронный ресурс] / Управление Федеральной службы по ветеринарному и фитосанитарному надзору по Орловской и Курской областям электрон. журн. 11.04.2023 URL: <https://57.fsvps.gov.ru/news/pestitsidnoe-zagryaznenie-selskohozjajstvennyh-zemel-i-sposoby-ego-snizhenija/> (дата обращения: 06.04.2025).

5. *Trapman M., Helgen H., Polfliet M.* Development of a dynamic population models as a decision support system for codling moth (*Cydia pomonella*) Management. // Eco-fruit. Proc. Conf. 18-20 Feb., Weinsberg, Germany. 2008. P. 248-260.

6. *Зерова М.Д., Толканиц В.И., Котенко А.Г., Нарольский Н.Б., Фурсов В.Н., Фурсов В.Н., Фаринец С.М., Кононова С.В., Никитенко Г.М., Мелика Ж.Г., Свиридов С.В.* Энтомофаги яблони юго-запада СССР. Киев: Наукова думка, 1992. - 276 с.

7. *Толстова Ю.С., Атанов Н.М.* Действие химических средств защиты растений на фауну членистоногих. I. Долговременное воздействие пестицидов на агроценоз. // Энтомол. обозр.. 1982 Т. 61 С. 441-453.

8. *Чернышев В.Б.* Экологическая защита растений. М.: Изд-во Московского университета. 2001. - 132 с.

9. *Баканов А.И.* О книге А.А. Протасова. Биоразнообразие и его оценка. Концептуальная диверсикология // Биология внутренних вод. 2003. № 2. С. 92–94.

10. *Плавильщиков Н.Н.* Определитель насекомых. Определитель наиболее распространенных насекомых европейской части России. М.: Топпал. 1994. - 544 с.

*Alexey Aleksandrovich Pachkin, Irina Viktorovna Balakhnina,
Alena Yurievna Nesterova, Daniil Olegovich Leptiagin*
**STUDYING THE SPECIES DIVERSITY OF ARTHROPODS
IN AN APPLE ORCHARD USING VARIOUS DEVICES**
Federal Research Center of Biological Plant Protection, Russia

In connection with the adoption of both regional and federal laws "On organic farming", the issues of greening agriculture are becoming relevant. For the greening of production, it is important to study the processes of formation of the garden entomocomplex. The purpose of the research is to study the composition and structure of the entomocenosis of young and fruit-bearing orchards using standard and innovative devices. The research materials are devices for studying the species composition of arthropods of young and fruiting apple orchards.

In young orchards, the total number of attracted arthropod species exceeded that in fruit-bearing orchards, which is confirmed by the Simpson index. The values of the Shannon, Margalef, and Berger-Parker indices show the opposite picture.

*Переведенцев А.В., Довбня А.Н., Лещева Ю.С.,
Миронова О.А., Курбанов С.С.*

**ПЕРСПЕКТИВЫ БИОУТИЛИЗАЦИИ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ГРИБОВ РОДА
PLEUROTUS (ВЕШЕНКИ) И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
В РАЦИОНАХ СВИНЕЙ**

*Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы,
Россия*

sasha6641@yandex.ru

В России и в мире наблюдается активный рост промышленного грибководства, по причине сильно возросшего спроса на данный тип продукта. На фоне этого увеличивается накопление отработанных субстратов после выращивания грибов, при несвоевременной и нерациональной утилизации которых страдают природные системы, частью которых является и человек.

Грибы обладают значительной питательной ценностью. Они являются богатым источником калия, рибофлавина, селена и витамина D. Доказано, что они очень полезны для укрепления иммунитета, контроля веса и минимизации рисков различных хронических заболеваний, помогают в лечении гиперхолестеринемии и гипертонии. Обладают противовоспалительными, антиоксидантными и противоопухолевыми свойствами, благодаря чему широко используются в производстве лекарственных средств и индустрии красоты. В настоящее время насчитывается около 2000 съедобных видов грибов, распространенных по всему миру, но только около 25 видов широко используются в домашних хозяйствах, а также разнообразно применяются в пищевой и перерабатывающей промышленности [1].

Цель работы: Изучение возможности использования кормов для свиней из растительных отходов агропромышленного комплекса, ферментированных методом твердофазной биоферментации.

Задачи:

- 1) изучить динамику производства растительных отходов

сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности за период 2019-2024гг.

2) изучить способы применения растительных отходов сельскохозяйственного производства и перерабатывающей промышленности.

Индустрия культивируемых грибов быстро растёт: с 1978 по 2017 год мировое промышленное производство съедобных грибов увеличилось более чем на 30% и продолжает расти, учитывая растущий спрос на богатые белком, витаминами и минералами заменители мяса [2]. Размер мирового рынка грибов достиг 63 млрд долларов США в 2022 году. Достижения в технологиях упаковки грибов являются еще одним фактором, стимулирующим рост. Другие факторы, в том числе рост потребления органических продуктов питания, урбанизация и рост потребительских расходов, будут способствовать дальнейшему развитию рынка. Ожидается, что к 2028 году рынок превысит отметку в 90 млрд долларов США, демонстрируя среднегодовой темп роста в 6,2% в течение 2022-2028 годов. Китай является крупнейшим производителем грибов, на долю которого приходится примерно 75 % мирового рынка грибов. На страны Азии приходится около 80 % производства грибов, за ними следуют Европа (~12,5 %) и США (~3,5 %) [2].

Отработанному грибному субстрату (ОГС) нашли применение во многих областях экономики:

- Растениеводство.

Добавку ОГС используют для улучшения показателей компостирования отходов переработки сельскохозяйственных культур, навоза, осадков сточных вод и кухонных отходов. В результате отмечено сокращение времени созревания компоста, снижение газовой эмиссии и повышение качества компоста.

- Кормопроизводство для животных.

Составление рациона, включающего ОГС, является непростой задачей, поскольку необходим учет таких

факторов, как вид животного, штаммы грибов, уровень питательности ОГС, компоненты клеточной стенки, переваримость и добровольное потребление. Эксперименты по использованию кормовых добавок из ферментированного, неферментированного ОГС, а также экстрактов ОГС позволили улучшить физиологические функции лосей, оленей, свиней, овец, коз и коров.

- Производство топлива и энергии.

Разрабатывают методы совместного анаэробного сбраживания ОГС с различными органическими отходами с получением метана, а также ферментативный гидролиз ОГС для извлечения сахаров, используемых в производстве биоэтанола.

- Биомедицинское применение.

При культивировании грибов образуется большое количество полисахаридов, витаминов и некоторых микроэлементов. Кроме того, полисахариды, содержащиеся в ОГС, также очень ценны. Результаты проводимых исследований показывают различные виды биоактивности, характерные для полисахаридов, выделенных из ОГС, включая иммуномодулирующую, антибактериальную, противовирусную, противоопухолевую и антиоксидантную активность.

Однако ни один из существующих методов утилизации отработанного грибного субстрата после производства вешенки в настоящий момент не нашёл широкого применения для кормления скота.

Проводимый нами анализ полученных данных позволяет рекомендовать использование отработанного грибного субстрата для производства высококачественного корма для добавления в рацион питания крупного рогатого скота. Промышленное выращивание грибов рода *Pleurotus* помогает решить следующие задачи: обеспечить недорогое производство высокопитательной пищи – грибов вешенок; переработать отходы и получить ценный побочный продукт,

высокий потенциал которого применим в различных отраслях экономики. В заключение можно сказать, что при совокупном внедрении научных, экспериментальных и практических наработок, промышленное выращивание грибов рода *Pleurotus* будет частью экономики замкнутого цикла.

Литература

1. Rathore H., S. Prasad, M. Kapri, A. Tiwari, S. Sharma. Medicinal importance of mushroom mycelium: Mechanisms and applications, // Journal of Functional Foods. 2019. Vol.56. Pp.182-193.
2. Sande D., G.P.d. Oliveira, M.A.F.e. Moura, B.d.A. Martins, M.T.N.S. Lima, J.A. Takahashi. Edible mushrooms as a ubiquitous source of essential fatty acids. // Food Research International. 2019. Vol.125. P. 108524
3. Grimm, D., Kuenz, A. & Rahmann, G. Integration of mushroom production into circular food chains. // Org. Agric. 2020. №11. Pp.309-317

A.V. Perevedentsev, A.N. Dovbnya, Y.S. Lescheva,

O.A. Mironova, S.S. Kurbanov

PROSPECTS OF PLANT WASTE BIOMUTILIZATION OF PLEUROTUS MUSHROOMS (OYSTER MUSHROOMS) AND THEIR USE IN PIG DIETS

*Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice
Lumumba (RUDN University), Russia*

In Russia and in the world there is an active growth of industrial mushroom farming, due to the strongly increased demand for this type of product. Against this background, the accumulation of spent substrates after mushroom cultivation is increasing, and in case of untimely and irrational utilization of these substrates, natural systems, of which humans are also a part, suffer.

Степанова Н.А.
**ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ЭМАЕКТИНА БЕНЗОАТА В ПЛОДОВЫХ
КОСТОЧКОВЫХ**

*Федеральный научный центр гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана
Роспотребнадзора, Россия
stepanova.na@fncg.ru*

В работе представлена разработка метода для определения остаточных количеств эмаектина бензоата в плодах и соке персиков методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектором (ВЭЖХ-ФЛД). Для экстракции вещества из образцов использовался метанол, процесс очистки экстракта был оптимизирован с помощью дополнительной стадии вымораживания экстрактов и подбора эффективного объема элюирующего растворителя. Разработанная методика позволила применить ее на практике и определять содержание эмаектина бензоата с нижним пределом количественного определения 0,005 мг/кг, что соответствует современным требованиям контроля остаточных количеств пестицидов в сельскохозяйственной продукции.

Химические средства защиты растений могут быть использованы в сельском хозяйстве только после их всестороннего токсикологического и гигиенического анализа, а также разработки соответствующих норм и регламентов. Это нужно для предотвращения негативных последствий для здоровья людей и экосистемы.

Эмаектин бензоат – несистемный инсектицид кишечного контактного действия для защиты томатов, виноградной лозы, капусты и других культур от широкого спектра личинок лепидоптеры, связывается с глутамат-управляемыми хлоридными каналами в нервных клетках насекомых, что приводит к нарушению нервной передачи, параличу, в течение 1–4 суток насекомое погибает. Преимуществом препаратов на основе эмаектина бензоата является его инновационная препаративная форма, обеспечивающая повышенную эффективность,

быстрое действие и продолжительную защиту.

На сегодняшний день разработаны методы определения данного действующего вещества в различных средах таких как томаты, плодовые семечковые, виноград, капуста [1-4]. Эти подходы стали основой для контроля уровней содержания эмаектина бензоата в других неизученных средах. С этой целью была проведена исследовательская работа по адаптации метода определения эмаектина бензоата на примере репрезентативной типичной плодовой косточковой культуры-персиков.

Была выполнена процедура валидации [5], включающая исследование 40 модельных образцов плодов и сока персиков с внесением действующего вещества на уровнях нижнего предела, 2-х, 5-ти и 10-ти пределов количественного определения (0,005 мг/кг, 0,01 мг/кг, 0,025 мг/кг и 0,05 мг/кг соответственно).

Измерение уровней эмаектина бензоата в персиках и персиковом соке проводилось методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на обращенной фазе с флуориметрическим детектором после экстракции вещества из анализируемых проб плодов и сока плодовых косточковых органическим растворителем, очистки аликвоты экстракта на концентрирующих патронах, превращения вещества во флуорогенное (N-трифторацетилированное) производное.

Для оценки степени влияния мешающих измерению примесей, присутствие которых обусловлено качеством очистки образцов при пробоподготовке, чистотой реактивов, выполнены анализы холостых реагентных образцов и контрольных образцов матрицы. В выбранных условиях хроматографирования для исследуемого аналита установлен низкий матричный эффект, его величина не превысила 20 % (2,4 %), что позволило выполнить количественный анализ с использованием градуировочного графика, подготовленного на растворителе.

Исследовательская работа позволила выявить ряд

факторов, оказавших влияние на процесс пробоподготовки образцов.

Важным этапом валидации метода стал подбор органического растворителя для проведения экстракции из образцов исследуемых матриц. Экспериментально было установлено, что использование метанола обеспечило более высокий уровень полноты извлечения действующего вещества по сравнению с ацетонитрилом, применяемым в ранее разработанных методах. Кроме того, для повышения полноты извлечения и ослабления эффекта матрицы была применена дополнительные стадия – вымораживание образцов экстрактов в морозильной камере в течение часа перед центрифугированием, направленная на улучшение качества аналитических результатов путём эффективного разделения и очистки целевых веществ.

При валидации метода также важным моментом был подбор оптимального объёма ацетонитрила для элюирования в ходе твердофазной экстракции (ТФЭ). Экспериментально было доказано, что увеличение объёма элюирующего агента с 2 до 5 см³ положительно сказалось на полноте извлечения вещества (плоды персиков – 85,2%, сок – 84,4%).

По результатам проведенной работы было показано, что скорректированная пробоподготовка более длительна по времени, но является наиболее приемлемым вариантом. Этот подход предпочтительнее, так как обеспечивает более глубокую и избирательную очистку экстрактов, эффективно снижая влияние матрицы и повышая точность анализа остаточных количеств эмаектина бензоата.

Максимально допустимый уровень (МДУ) эмаектина бензоата в персиках в Российской Федерации не установлен. (МДУ) эмаектина бензоата в винограде и плодовых семечковых составляет 0,05 мг/кг [6].

Благодаря эффективным способам экстракции и очистке вещества, приемам детектирования на основе ВЭЖХ и техническим возможностям оборудования (использование

высокочувствительного детектора ФЛД) получены надежные результаты, обеспечивающие нижний предел количественного определения на уровне 0,005 мг/кг.

По результатам выполненных работ сформированы соответствующие методические указания по разделу 4.1. Методы контроля. Химические факторы.

Выражаю благодарность руководству Российского университета дружбы народов (РУДН), Институту экологии и организаторам конференции за предоставленную возможность представить результаты наших исследований.

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета ФБУН «ФНЦГ им. Ф.Ф. Эрисмана» Роспотребнадзора. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Литература

1. МУК 4.1.2936-11 «Определение остаточных количеств эмаектина (эмаектина бензоата) в яблоках и яблочном соке методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». Сборник методических указаний-М: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 91 с.
2. МУК 4.1.2706-10 «Определение остаточных количеств эмаектина (эмаектина бензоата) в воде, почве, капусте, томатах, ягодах винограда и виноградном соке методом высокоэффективной жидкостной хроматографии». Сборник методических указаний-М: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – 228 с.
3. *Ligang Deng, Lu Chen, Shuai Guan, Junhua Liu, Jingyun Liang, Xia Li, Zengmei Li.* Dissipation of Emamectin Benzoate Residues in Rice and Rice-Growing Environments // *Molecules*. 2020 Jan 23; Vol.25(3). Pp.483.
4. Simultaneous Determination of Emamectin, its Metabolites, Milbemectin, Ivermectin and Abamectin in Tomato, Japanese Radish and Tea by LC/MS/ Kimihiko Yoshii, Susumu Ishimitsu, Kiyomi Arakawa, Hideaki Murata, Hirohisa Mikami// *Journal of Health Science*. 2024. Vol.50(1). Pp.17-24.

5. SANTE/11312/2021 v2. Analytical Quality Control and Method Validation Procedures for Pesticide Residues Analysis in Food and Feed. Supersedes Document No. SANTE/11312/2021. Implemented by 01/01/2024.

6. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания // Роспотребнадзор. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200115810> (дата обращения: 09.04.2025).

N.A. Stepanova

**VALIDATION OF A METHOD FOR DETERMINATION
OF EMAMECTIN BENZOATE IN STONE FRUITS**

*Federal scientific center of Hygiene named after F.F. Erisman of the
Federal Service of Surveillance in the Sphere of Consumer Rights
Protection and Human Welfare, Russia*

The paper presents the development of a method for determining residual amounts of emamectin benzoate in peach fruits and juice using high-performance liquid chromatography with a fluorimetric detector (HPLC-FLD). Methanol was used to extract the substance from the samples, the extract purification process was optimized using an additional stage of extract freezing and selection of an effective volume of the eluting solvent. The developed method made it possible to apply it in practice and determine the content of emamectin benzoate with a lower limit of quantification of 0.005 mg / kg, which meets modern requirements for monitoring residual amounts of pesticides in agricultural products.

Тараненко В.В., Кустадинчев А.Д., Волкова Г.В.
ИСПЫТАНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ
НА ПШЕНИЦЕ ОЗИМОЙ

Федеральный научный центр биологической защиты растений,

Россия

viktaranen@rambler.ru

В статье представлены результаты эксперимента по изучению эффективности применения продуктов, которые являются потенциальными индукторами болезнеустойчивости к патогенам и неблагоприятным факторам внешней среды. В исследованиях использовали зарегистрированные препараты - регуляторы роста растений: Альбит, ТПС; Агrostимул, ВЭ; Крезацин, КРП; Энергия - М, КРП против бурой, жёлтой и стеблевой ржавчины на пшенице озимой. Применение препаратов в посевах пшеницы озимой в условиях центральной зоны Краснодарского края обеспечило урожайность регуляторов роста против ржавчины на уровне 43,1 – 51,1 ц/га.

Значительный вред урожаю пшеницы озимой в центральной зоне Краснодарского края наносят болезни, которые приводят к потере до 50 % потенциально возможного урожая [1, 2]. Наша работа направлена на поиск регуляторов роста растений для защиты от болезней пшеницы [3]. Целью исследований являлось испытание регуляторов роста растений, как индукторов болезнеустойчивости против бурой, жёлтой и стеблевой ржавчины на пшенице озимой. Полевой опыт был проведен на инфекционном опытном поле ФГБНУ ФНЦБЗР в 2021 -2024 гг. (г. Краснодар). В исследованиях использовали сорта Национального Центра Зерна имени П.П. Лукьяненко, восприимчивые к патогенам: сорт Гром к бурой и стеблевой ржавчине, сорт Юка к жёлтой ржавчине [4]. В опытах проводили фенологические наблюдения основных фаз развития растений пшеницы озимой. Размещение опытных делянок системное, повторность четырёхкратная, учётная площадь делянки 10 м². Полученный урожай привели к стандарту по влажности и засорённости. Статистическую

обработку данных выполнили по методике дисперсионного анализа [5]. В 2021 – 2024 годах биологическая эффективность регуляторов роста на сорте Гром, против бурой ржавчины составила от 25,6% до 47,1, при развитии патогена на контроле (без обработки) 30,4%. В опыте на сорте Юка, препараты Альбит, ТПС; Агростимул, ВЭ; Крезацин, КРП; Энергия-М, КРП показали эффективность против желтой ржавчины от 54,0% до 60,0%, соответственно, развитие патогена на контроле (без обработки) 50,0%. Эффективность регуляторов роста, против стеблевой ржавчины на сорте Гром составила 50,0% – 72,5%, при развитии патогена на контроле (без обработки) 20,0%. Применение регуляторов роста растений, как потенциальных индукторов устойчивости позволило сохранить урожай зерна на сорте Гром от заболевания бурой ржавчины (2,6% – 8,3%) и стеблевой ржавчины (2,7% - 9,8%) в сравнении с контролем (без обработки). Прибавка урожая зерна сорта Юка от заболевания желтой ржавчиной составила в вариантах с Альбит 4,1%, Агростимул 3,3 %, Крезацин 11,6 % и Энергия-М 10,0 % (таб. 2). В условиях полевого стационара было установлено влияние регуляторов роста на урожайность пшеницы озимой, как индукторов болезнеустойчивости против бурой, желтой и стеблевой ржавчин на пшенице озимой.

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме FGRN-2025-0002

Литература

1. Ding J, Liang P, Wu P, et al. Effects of waterlogging on grain yield and associated traits of historic wheat cultivars in the middle and lower reaches of the Yangtze River, China // Field Crops Research. 2020. Vol.246 (1). P.107695
2. Агапова В.Д., Кудинова О.А., Соколов И.А., Ваганова О.Ф., Волкова Г.В. Устойчивость сортов пшеницы отечественной

селекции к бурой ржавчине в разные фазы онтогенеза // АгроФорум. 2022. № 5. С. 62-64.

3. *Тараненко В.В., Дмитриева И.Г., Муравьев В.С.* Эффективность влияния производных пиразолопиридинов на продуктивность озимой пшеницы // Агрохимия. 2022. № 8. С. 28-32.

4. *Романенко А.А., Беспалова Л.А. Котляров Д.В.* Экономическая эффективность производства зерна на основе новых сортов озимой пшеницы селекции КНИИСХ им. П.П. Лукьяненко // Достижения науки и техники АПК. 2016. №3. С 15-18

5. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию. 2012. 352 с.

Taranenko V.V., Kustadinchev A.D., Volkova G.V.
TESTING OF PLANT GROWTH REGULATORS
ON WINTER WHEAT

Federal Research Center of Biological Plant Protection, Russia

The article presents the results of an experiment to study the effectiveness of the use of products that are potential inducers of disease resistance to pathogens and adverse environmental factors. The studies used registered drugs - plant growth regulators albit, tps and agrostimul, ve, crezacin, krp and energia m, krp against brown, yellow and stem rust on winter wheat. The use of drugs in winter wheat crops in the conditions of the central zone of the Krasnodar territory ensured the yield of growth regulators against rust at the level of 43.1 – 51.1 c/ha.

Уколова А. Ю., Кузнецова М. А.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
БИОСТИМУЛЯТОРА АНТИСТРЕССАНТА
ЭКСЕЛГРОУ В СОЧЕТАНИИ С ФУНГИЦИДАМИ
ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНОСТИ РАННЕЙ
ПЯТНИСТОСТИ, ВЫЗВАННОЙ ГРИБАМИ РОДА
ALTERNARIA И ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ
КАРТОФЕЛЯ

*Всероссийский научно-исследовательский институт
фитопатологии, Россия*

anukolova@mail.ru, mari.kuznetsova@gmail.com

Важную роль в интенсивности развития альтернариоза играют абиотические и биотические факторы, ослабляющие картофель.

Проведение фунгицидных обработок совместно с биостимулятором позволило существенно снизить вредность альтернариоза на картофеле, а также повысить урожайность и товарность клубней посредством минимизации стрессового воздействия на культуру и общего иммуностимулирующего действия.

В последние годы во многих регионах России альтернариоз становится большой проблемой. При благоприятных условиях для развития заболевания, потери урожая могут достигать 40% [1] и основная причина снижения урожая – преждевременное отмирание ботвы. Однако, альтернариоз может развиваться и более активно в том случае, если картофель подвержен негативному влиянию абиотических и биотических факторов. Водоросль *Ascophyllum nodosum* способна повышать устойчивость культур к стрессам, различным заболеваниям, а также увеличивать урожайность и качество продукции [2,3]. В литературе описано, что применение продуктов на основе водоросли *A. nodosum*, обеспечивало усиленную защиту огурца от патогена *Phytophthora melonis*. [4], томата от *Phytophthora capsica* [5], моркови от *Alternaria radicina* и *Botrytis cinerea* – возбудителей альтернариоза и серой гнили [6].

Целью данной работы являлось определение эффективности применения биостимулятора ЭкселГроу (*Ascophyllum nodosum* 25%,) совместно с фунгицидами для снижения вредоносности ранней пятнистости и повышения урожайности картофеля.

В 2021 году на опытном поле ВНИИФ был заложен опыт на восприимчивом к альтернариозу сорте картофеля Удача. Нормы применения препаратов соответствовали рекомендациям производителя для данной культуры: фунгицид Миравис (д.в.адепидин) в н.р. 0.35 л/га; фунгицид Ревус Топ (мандипропамид) в н.р. 0.6 л/га; фунгицид Сигнум (пираклостробин + боскалид) в н.р. 0.3 кг/га и биостимулятор ЭкселГроу (*Ascophyllum nodosum*) в н.р. 1 л/га.

Таблица 1. Схема проведения защитных обработок по вариантам

№ вар-та	1обр. 07.07.	2 обр. 20.07.	3 обр. 03.08.	4 обр. 13.08.
1	Миравис	Миравис	Миравис	Миравис
2	Миравис+ ЭкселГроу	Миравис+ ЭкселГроу	Миравис+ ЭкселГроу	Миравис
3	Ревус Топ	Ревус Топ	Ревус Топ	Ревус Топ
4	Ревус Топ+ ЭкселГроу	Ревус Топ+ ЭкселГроу	Ревус Топ+ ЭкселГроу	Ревус Топ
5	Сигнум	Сигнум	Сигнум	Сигнум
6	Сигнум +ЭкселГроу	Сигнум +ЭкселГроу	Сигнум +ЭкселГроу	Сигнум
7	ЭкселГроу	ЭкселГроу	ЭкселГроу	-
8	Без обр.			

Учеты степени пораженности растений альтернариозом проводили по шкале Британского микологического общества. На основании полученных данных по методу математических

моделей AUDPC рассчитывали площадь под кривой, описывающей развитие альтернариоза. Оценку качества клубней проводили через месяц после закладки на хранение экспресс-методом. Статистическую обработку полученных результатов проводили методом дисперсионного анализа по Доспехову Б.А.

Установлено, что ЭкселГроу обеспечивал существенное снижение пораженности альтернариозом в вариантах, где применялся совместно с фунгицидами. Так, в варианте Миравис пораженность - 38%, в варианте ЭкселГроу + Миравис - 20%, в варианте Ревус Топ – 43%, в варианте Ревус Топ + ЭкселГроу – 32%, в варианте Сигнум- 42%, в варианте Сигнум + ЭкселГроу-30%.

Была получена прибавка урожайности в вариантах совместного использования фунгицидов с биопрепаратом ЭкселГроу, она варьировала от 29 ц/га (+7,7%) до 33 ц/га (+8,6%) по вариантам. Также было установлено, что в вариантах с применением ЭкселГроу наблюдалось повышение товарности клубней на 20-22%.

Литература

1. Анисимов Б.В. и др. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. М. : Картофелевод, 2009. - 270 с.
2. Shukla P.S., Borza T., Critchley A.T., and Prithiviraj B. Carrageenans from red seaweeds as promoters of growth and elicitors of defense response in plants. // Front. Mar. Sci. 2016. Vol.3. P.81.
3. Shukla P.S, Mantin A., Mohd S., Bajpai T., Alan C. Prithiviraj. Ascophyllum nodosum-based biostimulants: sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol.5(10). Article number: 655.
4. Abkhoo J., and Sabbag S.K. Control of Phytophthora melonis dampingoff, induction of defense responses, and gene expression of cucumber treated with commercial extract from Ascophyllum nodosum. // J. Appl. Phycol. 2016. Vol.28. Pp.1333–1342.

5. Panjehkeh N., and Abkhoo J. Influence of marine brown alga extract (Dalgin) on damping-off tolerance of tomato. // JMES. 2016. Vol.7, Pp. 2369–2374
6. Jayaraj J., Wan A., Rahman M., and Punja Z.K. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. // Crop Prot. 2008. Vol.27. p.1360–1366.

Ukolova A. Yu., Kuznetsova M. A
EFFECTIVENESS OF COMBINED APPLICATION
OF EXCELGROW WITH FUNGICIDES FOR DECREASING
THE SEVERITY OF EARLY BLIGHT CAUSED BY
ALTERNARIA FUNGI AND ENHANCING POTATO YIELD
All-Russian Research Institute of Phytopathology, Russia

Biotic and abiotic factors play an important role in the intensification of the development of Early Blight on potato caused by *Alternaria*. The application of the biostimulant with the fungicides significantly reduced the severity of early blight on potato, as well as increased the yield and tuber's marketability by minimizing the effects of biotic and abiotic stress on the crop and providing overall immune-stimulating action.

Шаталова Е.И.^{1,2} Воронкова А.В.^{1,2}

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНТОМОФАГОВ
ИЗ ЧИСЛА ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ (HEMIPTERA)
В ЗАЩИТЕ РАСТЕНИЙ**

¹*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий
Российской академии наук (СФНЦА РАН), Россия*

²*Новосибирский государственный аграрный университет, Россия*
elenashatalova@mail.ru

В статье рассматриваются ключевые виды хищных клопов (Hemiptera), спектр жертв и механизмы их воздействия на вредителей, современные методы применения и перспективы их использования в интегрированной защите растений.

В настоящий момент в системе защиты растений остро стоит вопрос преодоления резистентности фитофагов к инсектицидам, а также рисков, связанных с негативным влиянием на экосистемы и здоровье человека [1]. Одним из таких подходов является широкое применение энтомофагов в защите растений, что способствует снижению использования химических инсектицидов и акарицидов [2]. Переход от химикотехногенной практики защиты растений к биоценотическим подходам в регуляции численности фитофагов предполагает интенсивное использование как уже известных энтомофагов, так и использование локальной энтомофауны для формирования культур хищных и паразитических насекомых.

Подотряд полужесткокрылые или клопы (Heteroptera) является многочисленным и включает в себя виды различной эколого-трофической стратегии, в том числе зоофагов и зоофитофагов, представляющих интерес для биологической защиты растений [3]. Наибольший интерес среди них представляют представители нескольких семейств.

К семейству Nabidae относятся энтомофаги, уничтожающие тлей, трипсов и мелких гусениц, а так же паутиных клещей. Хищники-крошки – Anthocoridae специализируются на мелких вредителях, таких как трипсы, белокрылки и паутиные клещи. Некоторые виды слепняков – Miridae являются

эффективными хищниками, среди которых есть перспективные для защиты растений виды, для них еще только предстоит создать технологии наработки и применения. Однако, следует отметить, что многие представители семейства являются фитофагами. Reduviidae – активные хищники, питающиеся гусеницами, личинками жуков и другими членистоногими. Клопы из подсемейства Asopinae (Pentatomidae) хищничают, предпочитая нападать на насекомых имеющих относительно мягкие покровы тела: личинок пилильщиков, жуков-листоедов, клопов, гусениц чешуекрылых.

В биологической защите растений на территории России широкое применение нашли следующие виды клопов: *Orius* spp., *Macrolophus pygmaeus*, *Nesidiocoris tenuis*, *Podisus maculiventris*. Однако биоресурсный потенциал гемиптеро-комплекса РФ гораздо многообразнее и перспективы изучения новых видов энтомофагов и введения их в практику использования в сельском хозяйстве очевидны. Целью работы являлась оценка возможности разведения в лабораторных условиях отдельных видов зоофитофагов и зоофагов из числа полужесткокрылых насекомых, обитающих на территории Азиатской части России.

Объектами исследований служили представители семейств Nabidae, Anthracoridae, Pentatomidae, а также их виды жертв.

Наблюдения и сборы насекомых проведены в течение вегетационных периодов 2023-2024 гг. на территории ряда районов Новосибирской области, Алтайского края и Республики Алтай. Для сбора насекомых применяли общепринятые энтомологические методы: кошение энтомологическим сачком, ручной сбор, сбор эксгаустером с растений и поверхности почвы. Насекомых рассаживали индивидуально в емкости объемом 50-100 мл во избежание травматизма и каннибализма. Содержание насекомых в лабораторных условиях осуществляли в пластиковых контейнерах 30x40x25 см. Контейнеры устанавливали на стеллаж со светодиодной подсветкой. Один раз в 2-3 дня, в зависимости от поедания корма,

добавляли насекомых-жертв, в зависимости от потребностей хищного клопа. При разведении клопов поддерживали температуру воздуха $+25 \pm 1$ °С, влажность воздуха – 70-90%, режим светового освещения: день не менее – 16 часов, ночь до 8 часов (в зависимости от вида энтомофага).

Особи *Nabis fesus* лабораторной культуры, сформированной в 2023 году, не вышли из диапаузы, в связи с чем популяцию возобновляли заново, начиная с мая 2024 года. Размножение *Nabis fesus* в лаборатории осуществляется с начала июня 2024 года и в настоящее время получено семь полных поколений хищника. Энтомофаг обладает большим потенциалом для регуляции различных видов тлей как в открытом, так и в закрытом грунте [4].

В ходе экспедиций суммарно было собрано 59 экземпляров *Picromerus bidens*. В литературе приводятся данные о высокой эффективности этого энтомофага в отношении ряда экономически важных фитофагов [5]. Нами была оценена суточная прожорливость имаго *P. bidens* природной популяции по отношению к луговому мотыльку *Loxostege sticticalis*, капустной совке *Mamestra brassicae*, колорадскому жуку *Leptinotarsa decemlineata*, большому мучному хрущаку *Tenebrio molitor*, где количество съеденных жертв составляло $4 \pm 0,36$; $4,2 \pm 0,13$; $2,6 \pm 1,6$; $2,2 \pm 0,25$ особей/сутки соответственно.

Лабораторная популяция *Arma custos* поддерживается непрерывно, начиная с июля 2023 года. В настоящий момент получено 12 лабораторных поколений. Суточная прожорливость *A. custos* по отношению к луговому мотыльку, капустной совке, колорадскому жуку, большому мучному хрущаку составляла $1,8 \pm 0,37$; $0,6 \pm 0,2$; $0,83 \pm 1,6$; $1,6 \pm 0,4$ особей жертвы в сутки соответственно.

Дальнейшие исследования в области массового разведения, селекции и интеграции в агротехнологии позволят расширить применение хищные полужесткокрылые в практике защиты растений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда №. 23-26-00073.

Литература

1. *Захаренко В.А.* Проблема резистентности вредных организмов к пестицидам – мировая проблема // Вестник защиты растений. 2001. №1. С. 3–17.
2. *Белякова Н.А., Павлюшин В.А.* Скрининг биоресурсов насекомых и клещей для биологического контроля вредителей в защищенном грунте // Вестник защиты растений. 2023. №1. С. 49-70
3. *Shatalova E.I. Andreeva I.V., Ulyanova E.G.* Biodiversity analysis of hemipterofauna (Hemiptera) of Western Siberia in search of potential entomophages. // Siberian Herald of Agricultural Science. 2024. Vol. 54, № 11(312). P. 71-85.
4. *Shatalova E.I.* Feeding behavior of predatory bug *Nabis ferus* (Heteroptera: Nabidae) toward aphids // Plant Protection News. 2024. Vol.107 №2. P.99-102.
5. *Volkov O.G., Meshkov Yu.I., Yakovleva I.N.* Development and Predation of *Picromerus bidens* (Hemiptera: Pentatomidae) on *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae) // Russian Entomol. J. 2013. Vol.22. №.1. P.43–50
6. *Qu Y.* The Predatory Stink Bug *Arma custos* (Hemiptera: Pentatomidae) Produces a Complex Proteinaceous Venom to Overcome Caterpillar Prey / *Qu Y., Walker A.A., Meng L., Herzig V., Li B.* // Biology. 2023. Vol. 12, № 5. P. 691.

Shatalova E.I.^{1,2} Voronkova A.V.^{1,2}

PROSPECTS FOR USING ENTOMOPHAGES FROM THE HEMIPTERA ORDER IN PLANT PROTECTION

*Siberian Federal Scientific Centre of Agrobiotechnologies
of the Russian Academy of Sciences, Russia*

The article discusses species of predatory bugs (Hemiptera), the spectrum of prey and mechanisms of their impact on pests, modern methods of application and prospects for their use in integrated plant protection.

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

В трех томах

ТОМ 1

Издание подготовлено в авторской редакции

Технический редактор
Дизайн обложки

В оформлении обложки использовано фото *А.В. Дрыгваль*

Подписано в печать 2025 г. Формат 60×84/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Таймс.
Усл. печ. л. Тираж 200 экз. Заказ .

Российский университет дружбы народов
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

Типография РУДН
115419, ГСП-1, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3, тел. 952-04-41