



ВЕСТНИК НИЖНЕВАРТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Bulletin of Nizhnevartovsk State University



Журнал издается с 2008 г.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, утвержденный ВАК РФ

Главный редактор: *Горлов С. И.* (г. Нижневартовск, Россия)
Зам. гл. редактора: *Погонышев Д. А.* (г. Нижневартовск, Россия)
Отв. редактор: *Овечкина Е.С.* (г. Нижневартовск, Россия)
Редакционная коллегия:
Аикин В. А. (г. Омск, Россия)
Войтенко А. А. (г. Москва, Россия)
Гбоко С. К. (г. Буаке, Республика Кот-д'Ивуар)
Горшков-Кантакузен В. А. (г. Мидлсекс, Великобритания)
Дайнеко Н. М. (г. Гомель, Республика Беларусь)
Еманов А. Г. (г. Тюмень, Россия)
Ибрагимова Л. А. (г. Нижневартовск, Россия)
Казанский М. М. (г. Париж, Франция)
Кулагин А. Ю. (г. Уфа, Россия)
Лубышева Л. И. (г. Сургут, Россия)
Маймерова Г. Ш. (г. Бишкек, Кыргызская Республика)
Медведев С. С. (г. Санкт-Петербург, Россия)
Нурбеков Б. Ж. (г. Астана, Республика Казахстан)
Синяевский Н. И. (г. Сургут, Россия)
Солодкин Я. Г. (г. Нижневартовск, Россия)
Суртаева Н. Н. (г. Санкт-Петербург, Россия)
Талыбов Т. Г. (г. Нахчыван, Азербайджанская Республика)
Усманов И. Ю. (г. Нижневартовск, Россия)
Фатуллаев П. У. (г. Нахчыван, Азербайджанская Республика)
Цысь В. В. (г. Нижневартовск, Россия)
Шаров О. В. (г. Санкт-Петербург, Россия)

Editor-in-Chief: *Gorlov S. I.* (Nizhnevartovsk, Russia)
Deputy Editor: *Pogonyshev D. A.* (Nizhnevartovsk, Russia)
Executive editor: *Ovechkina E.S.* (Nizhnevartovsk, Russia)
Editorial Board:
Aikin V. A. (Omsk, Russia)
Voitenko A. A. (Moscow, Russia)
Gboko S.K. (Bouake, Republic of Côte d'Ivoire)
Gorshkov-Kantakuzen V.A. (Middlesex, UK)
Daineko N. M. (Gomel, Republic of Belarus)
Emanov A. G. (Tyumen, Russia)
Ibragimova L. A. (Nizhnevartovsk, Russia)
Kazansky M. M. (Paris, France)
Kulagin A. Yu. Doctor of Biological Sciences, Professor (Ufa, Russia)
Lubysheva L. I. (Moscow, Russia)
Majorova G. Sh. (Bishkek, Kyrgyz Republic)
Medvedev S. S. (St. Petersburg, Russia)
Nurbekov B. Zh. (Astana, Republic of Kazakhstan)
Sinyavsky N. I. (Surgut, Russia)
Solodkin Ya. G. (Nizhnevartovsk, Russia)
Surtaeva N. N. (St. Petersburg, Russia)
Talibov T. G. (Nakhchivan, Azerbaijan Republic)
Usmanov I. Yu. (Nizhnevartovsk, Russia)
Fatullayev P. U. (Nakhchivan, Azerbaijan Republic)
Tsys V. V. (Nizhnevartovsk, Russia)
Sharov O. V. (St. Petersburg, Russia)

язык публикации - русский, английский

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-55479 от 25 сентября 2013 г.

Индексируется и размещается: CrossRef, Российский индекс научного цитирования (РИНЦ), НЭБ КиберЛенинка (CyberLeninka), ЭБС IPRbooks, ЭБС «Лань», DOAJ, ZENODO, OpenAIRE, ZDB, Google Академия, Information Matrix for the Analysis of Journals (MIAR), Open Academic Journals Index (OAJI), Polska Bibliografia Naukowa (PBN), Dimensions, AGRIS.

Учредитель: ФГБОУ ВО «Нижневартовский государственный университет»

Адрес редакции: Россия, 628600, ХМАО-Югра, г. Нижневартовск, ул. Маршала Жукова, 4, оф. 1001. E-mail: izd@nvsu.ru

The journal is registered with the Russian Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskommnadzor). Certificate of NVSU Bulletin Printed Publication № FS77-55479 as of 25th September 2013.

The journal is included in the citation indices and international bibliographic databases: Russian Science Citation Index (RSCI), Scientific Electronic Library IPRbooks, Scientific Electronic Library Lan, DOAJ, ZENODO, OpenAIRE, ZDB, Google Academy, Information Matrix for the Analysis of Journals (MIAR), Open Academic Journals Index (OAJI), Polska Bibliografia Naukowa (PBN), Dimensions, AGRIS.

The journal is published quarterly by the Publishing House of Nizhnevartovsk State University

Address: Russia, 628600, Khanty-Mansiysk Autonomous Area-Yugra, Nizhnevartovsk, st. Marshal Zhukov, 4, of. 1001 E-mail: izd@nvsu.ru

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1>



Тип лицензии CC, поддерживаемый журналом: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Изд. лиц. ЛР № 020742. Подписано в печать 19.03.2020
Формат 60×84 1/8. Бумага для множительных аппаратов
Гарнитура Times. Усл. печ. листов 17,5. Тираж 1000 экз.
Заказ 2113

Отпечатано в НВГУ
Россия, 628615, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,
г. Нижневартовск, ул. Маршала Жукова, д. 4.
Тел./факс: (3466) 24-50-51, E-mail: izdatelstvo@nvsu.ru

ISSN 2311-1402
ISSN 2311-4444
ISSN 2686-8784

©Нижневартовский государственный университет, 2020

©Nizhnevartovsk State University, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Марамохин Э. В. КСИЛОТРОФНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ МЕЛКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ	4
Криворотов С. Б., Манилова О. Ю. ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ И ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛИШАЙНИКОВ УРБЭКОСИСТЕМЫ г. ТИМАШЕВСКА КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ.....	10
Цандекова О. Л. РОЛЬ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ <i>ACER NEGUNDO</i> L. НА РОСТ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ	15
Дьякова Н. А. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ ЦВЕТКОВ ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ	19
Максимов А. П., Трикоз Н. Н., Ковалев М. С. ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БАМБУКОВ (<i>BAMBUSA</i> SCHREB.) НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА	26
Самбуу А. Д., Аюнова О. Д., Чупикова С. А. СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУВЫ.....	33
Цибульский В. Р., Соловьев И. Г., Говорков Д. А. УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ХОДА РОСТА ХВОЙНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВЫХ ХРОНОЛОГИЙ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ.....	41
Немцова Е. В., Харин А. В., Разлуга И. А. ВЛИЯНИЕ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ «КОВЕЛОС-СОРБ» НА ПАРАМЕТРЫ РОСТА <i>RHODODENDRON ROSEUM</i> (LOISEL.) RENDER В КУЛЬТУРЕ <i>IN VITRO</i>	48
Федорова Д. Г. АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛИСТЬЯХ <i>SORBUS AUCUPARIA</i> L. В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ г. ОРЕНБУРГА).....	55
Огородникова С. Ю. ЭФФЕКТЫ ЛИГНОГУМАТА НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ (МОДЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ).....	60
Курило Ю. А., Донец Е. В., Григорьев А. И. ОПЫТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЛИЯНИЯ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (<i>BETULA PENDULA</i> ROTN.)	68
Лапшина Е. Д., Коротких Н. Н., Беспалова Т. Л. РЕДКИЕ ВИДЫ МХОВ ПРИРОДНОГО ПАРКА «КОНДИНСКИЕ ОЗЕРА» ИМ. Л.Ф. СТАШКЕВИЧА.....	74
Московченко Д. В., Арефьев С. П., Глазунов В. А., Филиппов И. В. ОЦЕНКА НАРУШЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПРИРОДНОГО ПАРКА НУМТО (ХАНТЫ-МАНСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ – ЮГРА)	81

ЭКОЛОГИЯ ЖИВОТНЫХ

Козьминых В. О. ЖЕСТКОКРЫЛЫЕ СЕМЕЙСТВА NISTERIDAE (INSECTA: COLEOPTERA) ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ И ХАНТЫ-МАНСКИЙ АВТОНОМНОГО ОКРУГА - ЮГРЫ	90
Емцев А. А., Поргунёв А. В. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МИГРАЦИОННЫХ ОСТАНОВКАХ ПИСКУЛЬКИ В СУРГУТСКОМ РАЙОНЕ ХАНТЫ-МАНСКИЙ АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ И ПРОБЛЕМА ОХРАНЫ ВИДА	98

ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Александровская Е. Ю., Синдирева А. В., Иеронова В. В. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ СЕЛЕНА В СИСТЕМЕ ПОЧВА-РАСТЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	104
Мещурова Т. А. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРОДАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ	110
Гарицкая М. Ю., Холодильникова Т. Н., Баранова М. С. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПОЧВ ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР	119
Петухов А. С., Кремлева Т. А., Христов Н. А., Петухова Г. А., Кайдунова П. И. СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (CU, ZN, FE, MN, PB, CD) В ПОЧВАХ г. ТЮМЕНИ.....	127
Мамедова А. О., Фарзалиева Н. М. ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СРЕДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ <i>PINUS ELDARICA</i> MEDW	134

CONTENT

PLANT ECOLOGY

Maramokhin E. V. XYLOTROPHIC BASIDIOMYCETES OF SMALL-LEAVED FORESTS OF THE KOSTROMA REGION	4
Krivorotov S. B., Manilova O. Yu. LIFE FORMS AND GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF LICHENS URBAN ECOSYSTEM OF THE CITY OF TIMASHEVSK KRASNODAR TERRITORY	10
Tsandekova O. L. THE ROLE OF ALLELOPATHIC INFLUENCE OF <i>ACER NEGUNDO</i> L. ON THE GROWTH OF HERBACEOUS PLANTS	15
Dyakova N. A. ECOLOGICAL ASSESSMENT OF MEDICINAL VEGETABLE RAW MATERIALS OF THE VORONEZH REGION ON THE EXAMPLE OF FLOWERS OF A TANSY ORDINARY	19
Maksimov A. P., Trikoz N. N., Kovalev M. S. FEATURES OF THE CULTIVATION OF BAMBOO (<i>BAMBUSA</i> SCHREB.) ON THE SOUTHERN COAST OF CRIMEA	26
Sambu A. D., Ajunova O. D., Chupikova S. A. STRUCTURE OF THE VEGETATIVE COVER OF THE NORTH-EASTERN PART OF TUVA	33
Tsibulsky V. R., Solovyev I. G., Govorkov D. A. REFINEMENT OF CONIFER GROWTH MODELS BASED ON TREE-RING CHRONOLOGIES OF THE NORTH OF WESTERN SIBERIA	41
Nemtsova Ye. V., Harin A. V., Razlugo I. A. THE INFLUENCE OF SILICON DIOXIDE «KOVLOS-SORB» ON GROWTH CHARACTERISTICS OF <i>RHODODENDRON ROSEUM</i> (LOISEL.) REHDER CULTIVATED <i>IN VITRO</i>	48
Fedorova D. G. ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE LEAVES OF <i>SORBUS AUCUPARIA</i> L. IN THE URBAN ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF ORENBURG)	55
Ogorodnikova S. Yu. EFFECTS OF LIGNOHUMATE ON THE PHYTOTOXICITY OF PHOSPHORUS-CONTAINING COMPOUNDS (MODEL EXPERIMENTS)	60
Kurilo Yu. A., Donets E. V., Grigoriev A. I. EXPERIENCE IN THE STUDY OF THE DURATION OF THE INFLUENCE OF OIL POLLUTION ON THE CHARACTERISTIC OF BIOELECTRIC RESISTANCE OF BIRCH (<i>BETULA PENDULA</i> ROTH)	68
Lapshina Ye. D., Korotkikh N. N., Bespalova T.L. RARE MOSSES OF THE KONDINSKIE LAKES NATURAL PARK NAMED AFTER L.F. STASHKEVICH	74
Moskovchenko D. V., Aref'ev S. P., Glazunov V. A. AN ASSESSMENT OF DISTURBANCE EFFECTS ON PLANT COVER OF NUMTO NATURAL PARK (KHANTY- MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – UGRA)	81

ANIMAL ECOLOGY

Kozminykh V. O. BEETLES OF THE FAMILY HISTERIDAE (INSECTA: COLEOPTERA) OF TYUMEN PROVINCE AND KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS AREA - YUGRA	90
Emtsev A. A., Porgunyov A. V. ADDITIONAL INFORMATION ABOUT THE LESSER WHITE-FRONTED GOOSE MIGRATION STOPS IN THE SURGUT DISTRICT OF THE KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG — UGRA AND THE PROBLEM OF SPECIES CONSERVATION	98

ECOLOGY AND NATURE MANAGEMENT

Aleksandrovskaia E. Iu., Sindireva A. V., Ieronova V. V. ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ACTION OF SELENIUM IN A SOIL-PLANT SYSTEM IN THE CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA	104
Meshchurova T. A. ASSESSMENT OF AIR POLLUTION IN THE CITIES OF PERM REGION	110
Garitskaya M. Y., Kholodilina T. N., Baranova M. S. ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOIL QUALITY OF ROADSIDE AREAS USED FOR GROWING CROPS	119
Petukhov A. S., Kremleva T. A., Khritokhin N. A., Petukhova G. A., Kaidunova P. I. HEAVY METAL (Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd) CONCENTRATION IN SOILS OF TYUMEN	127
Mamedova A. O., Farzalieva N. M. <i>PINUS ELDARICA</i> MEDW. AS INDICATOR OF VEHICULAR POLLUTION	134

Э. В. Марамохин

КСИЛОТРОФНЫЕ БАЗИДИОМИЦЕТЫ МЕЛКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ КОСТРОМСКОЙ ОБЛАСТИ

E. V. Maramokhin

XYLOTROPHIC BASIDIOMYCETES OF SMALL-LEAVED FORESTS OF THE KOSTROMA REGION

Аннотация. В данной работе приводится обзор особенностей биологии и видового разнообразия ксилотрофных базидиомицетов, а также биотопические связи микобиоты ксилотрофов с фитоценозами. Рассматриваются экологические группы данных организмов в связи с субстратной специализацией и их видовое сходство в березовых и осиновых мелколиственных лесах разной формации. Дается краткая оценка влияния антропогенного фактора на биологическое разнообразие представленной группы организмов. Впервые приводится разделение Костромской области на южную, центральную и северную части для оценки видового разнообразия в зависимости от погодно-климатических, фитоценологических факторов. Приводятся данные по изучению изменения степени интегрированности микоценозов березовых и осиновых лесов в пределах изучаемых районов области. Всего на территории области в мелколиственных лесах обнаружено более 60 видов ксилотрофных базидиомицетов, среди которых 38 видов поражают преимущественно березовые леса и 40 видов патогенных ксилотрофных базидиомицетов обладают тропностью к *P. tremula*. Установлено, что в видовом составе дереворазрушающей микобиоты преобладают виды, относящиеся к семейству *Coriolaceae*, они составляют около 27% всего видового состава в березовых лесах и около 24% видового состава в осиновых лесах.

Ключевые слова: ксилотрофные базидиомицеты; мелколиственные леса; *Fomes fomentarius* (L.) Fr.; *Phellinus igniarius* (L.) Quel.; *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst.; *Inonotus obliquus* (Ach. ex Pers.) Pil.; биотопические связи; фитоценоз; эвритрофы; стентрофы; таксономическое разнообразие.

Сведения об авторе: Марамохин Эдуард Владимирович, ORCID: 0000-0002-1963-5845; SPIN-код: 5286-4079, Костромской государственный университет, г. Кострома, Россия, maramokhin91@mail.ru.

About the authors: Maramokhin Eduard Vladimirovich, ORCID: 0000-0002-1963-5845; SPIN-code: 5286-4079, Kostroma state University, Kostroma, Russia, e-mail: maramokhin91@mail.ru.

Введение

Ксилотрофные базидиомицеты имеют важное биологическое и экологическое значение. Обладая особым комплексом специфических ферментов, они способны разрушать древесную целлюлозу, высвобождать и делать доступным биологически связанный углерод [8]. Комплексного анализа биологии и экологии по этой группе организмов для Костромской области не проводилось, притом что распространение, функциональные и экологические характеристики дереворазрушающих базидиомицетов помогают выяснить особенности круговорота веществ и потока энергии в экосистемах, что дает возможность управлять этими процессами и осуществлять мониторинг многолетних изменений [6; 7]. Для Костромской области, основа экономики которой во многом связана с лесом, исследования на тему лесных патогенов грибной природы имеют очень важное значение при планировании лесохозяйственных мероприятий и разработки мер по повышению качества древесины [15; 19].

Материалы и методы

Объектом исследований являлись макромицетные, преимущественно ксилотрофные грибы, которые являются основными возбудителями корневых и стволовых гнилей древесных пород, а также производят деструкцию детрита в лесах области [5]. Изучение видового разнообразия ксилотрофных базидиомицетов и экологические исследования проводилось преимущественно в природных условиях мелколиственных лесов трех микоценозов, которые территориально соответствуют южным, центральным и северным районам Костромской области. Производился также сбор плодовых тел ксилотрофов для их видового определения и пополнения гербария университета. Сбор образцов осуществлялся методом маршрутного учета. На маршруте производилось описание субстрата и биотопов, давалась оценка численности ксилотрофных базидиомицетов по определению в 2-метровой полосе учета количества древесных остатков, на которых развивается тот или иной вид патогенной микобиоты. Степень зараженности мелколиственных пород ядровыми гнилями определялась по участию в древостое деревьев, на которых формировались плодовые тела грибов, при этом учет скрытых гнилей не производился [11]. Обработка материала и определение вида осуществлялись по общепринятым в микологии методикам, в основе которых лежит использование анатомо-морфологического и статистического метода [3].

Основная часть

Мелколиственные леса в Костромской области занимают достаточно обширные площади и распределены по территории крайне неравномерно, с приуроченностью к различным водотокам.

Всего на территории области в березовых и осиновых лесах обнаружено более 60 видов ксилотрофных базидиомицетов. Количество видов патогенных грибов, поражающих *B. pendula*, составляет 38 видов, относящихся к 25 родам и 15 семействам. *P. tremula* поражают 40 видов патогенных ксилотрофных грибов, которые включены в 26 родов и 17 семейств.

В видовом составе дереворазрушающих базидиомицетов преобладают виды, относящиеся к семейству *Coriolaceae*, они составляют около 27% всего видового состава в березовых лесах и около 24% видового состава в осиновых лесах. На втором месте находится семейство *Steccherinaceae* с 14% видового состава ксилотрофов в березняках и 10% в осиновых лесах. Кроме того, в осиновых лесах выделяется семейство *Phellinaceae*, куда входит 8% видов ксилотрофной микобиоты, поражающей только *P. tremula* и крайне редко встречающейся в березовых лесах. Встречаются также семейства, куда входит только один вид ксилотрофов (рис. 1). Если анализировать родовой состав ксилотрофной микобиоты, то самыми представительными родами являются *Trametes* – 8 видов, *Pleurotus* и *Polyporus* – по 3 вида [14].

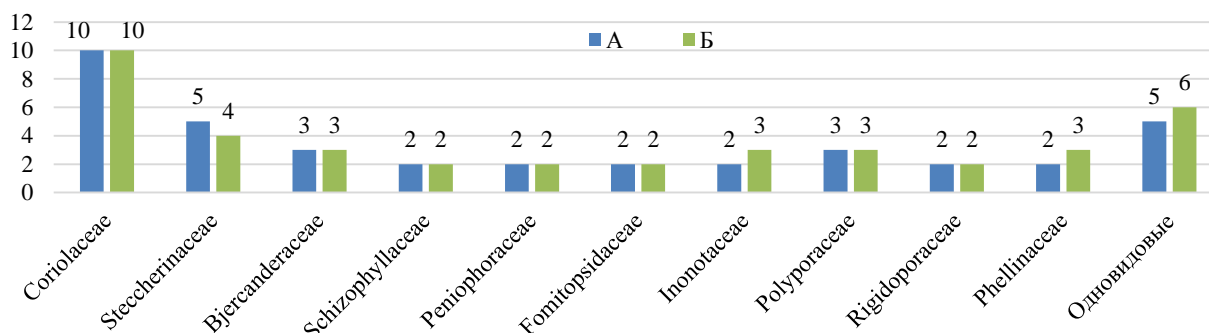


Рис. 1. Распределение видов по семействам ксилотрофной микобиоты в мелколиственных лесах Костромской области: А – ксилотрофная микобиота березовых лесов; Б – ксилотрофная микобиота осиновых лесов

Видовой состав ксилотрофных микобионтов в Костромской области в целом схож с видовым составом мелколиственных лесов сопредельных территорий (Нижегородская, Ярославская, Кировская, Вологодская, Ивановская области) и достигает 87–95% [5]. Это связано с тем, что данные территории находятся в лесной зоне умеренного климата, что и выравнивает, и делает схожим видовой состав ксилотрофов [9].

В мелколиственных лесах Костромской области хорошо прослеживаются биотопические связи микобиоты ксилотрофов и фитоценозов. Наибольшее видовое разнообразие ксилотрофных базидиомицетов (до 20 видов) обнаружено в березняках и осинниках разнотравных [16]. Во многом видовое разнообразие ксилотрофных базидиомицетов связано с антропогенным воздействием на фитоценоз [18]. В сильно нарушенных сообществах имеется большое количество пней, поваленных деревьев, имеется веточный опад, что создает предпосылки для развития сапротрофных ксилотрофов, так как это обеспечивает их значительным трофическим ресурсом [13]. Но с другой стороны, низкое проективное

покрытие (менее 30%) травянистой растительности и разреженность древостоя оказывает значительное влияние на водный режим ценоза, и в первую очередь на скорость испарения влаги, что препятствует развитию мезобионтных видов. В связи с этим такие микоценозы достаточно бедны по видовому составу и, как правило, не превышают 10 видов.

В разнотравных березовых и осиновых лесах Костромской области присутствуют достаточно редкие виды ксилотрофных базидиомицетов, такие как *Hapalopilus nidulans* (Fr.) P. Karst, *Abortiporus distortus* (Schwein.) Murrill, *Trichaptum biforme* (Fr.) Ryvarden, *Sarcodontia spumea* (Sowerby) Spirin, виды родов *Polyporus*, *Pleurotus* [1]. Самые частые виды, которые встречаются на территории Костромской области в лесах такой формации, относятся к модельным видам, которые мы взяли в качестве объектов исследования – это *F. fomentarius*, *P. betulinus*, *I. obliquus* и *P. igniarius*.

В снытевых березняках и осинниках, а также крупнотравных березняках как правило видовой состав невысок и составляет примерно 10-12 видов ксилотрофных базидиомицетов [12]. Здесь чаще всего встречаются такие виды как *F. fomentarius*, *Cerrena unicolor* (Bull.) Murrill, *Bjercandera adusta* (Willd.) P. Karst., *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., *Trametes gibbosa* (Pers.) Fr., *Stereum subtomentosum* Pouzar, *Trameles ochracea* (Pers.) Gilb.

Большая часть видов ксилотрофных базидиомицетов по трофической специализации относится к эвритрофным видам, и лишь небольшая часть имеет стенотрофную специализацию [4]. Усредненные данные по субстратной специализации ксилотрофных микобионтов в мелколиственных лесах разной формации отражены в таблице 1.

В березовых лесах стенотрофы составляют до 40% и более от общего числа видов ксилотрофов, и 20% приходится на осиновые леса [10]. Эвритрофы, входящие в состав микобиоты березняков и осинников, имеют значительный уровень формационного эндемизма – 18% для березовых лесов и 23% для осиновых лесов. В березовых лесах к специфическим видам ксилотрофных микобионтов относятся *P. betulinus*, *I. obliquus*, *Lenzites betulinus* (L.) Fr., *Polyporus ciliates* Fr., *Panellus stipticus* (Bull.) P. Karst. *Trametes zonatella* Ryv., *Steccherinum murashkinskyi* (Burt) Maas Geest. Для осиновых лесов специфическими видами будут являться *P. igniarius*, *S. spumea*, *Anrodia macra* (Sommerf.) Nietnela, *Lentinus cyathiformis* (Schaeff.) Bres., *Inonotus rheades* (Pers.) P. Karst., *Postia tephroleuca* (Fr.) Julich., *Pleurotus calyptratus* (Lindblad ex Fr.) Saccardo, *Punctularia strigosozonata* (Schwein.) P. H. B. Talbot, *Piptoporus pseudobetulinus* (Murash. ex Pilat) Pilat, *Trametes ljubarskyi* Pilat [3]. В березовых и осиновых формациях также отмечается наличие и специфических родов – *Punctularia*, *Piptoporus*, *Spongipellis*. Часть видов относится к эустенотрофам, а именно *P. betulinus*, *P. igniarius*, *S. murashkinskyi*, *P. pseudobetulinus*.

Таблица 1

**Субстратная специализация видов ксилотрофных микобионтов
в мелколиственных лесах Костромской области**

Субстратная специализация	Березовые леса				Осиновые леса			
	Видов		Экземпляров		Видов		Экземпляров	
	А	О	А	О	А	О	А	О
Эвритрофы I порядка	15	39,6	103	30,2	21	50,1	148	34,3
Эвритрофы II порядка	20	50,3	207	58,3	18	41,2	202	47,9
Стенотрофы	4	8,2	24	6,8	3	7,2	52	12,6

Часть видов ксилотрофных базидиомицетов относится к так называемым региональным стенотрофам, эти виды в Костромской и сопредельных областях предпочитают селиться на *B. pendula* и *P. tremula*, а в других частях своего ареала могут встречаться и на других породах. *A. macra* в Западной Европе обнаружена на древесине как осины, так и ивы [2; 11]. *I. rheades* кроме осины найден и на других видах рода *Populus*, а также на иве, реже – дубе и других лиственных породах. *L. betulina* чаще встречается на березе, но за пределами области отмечен на многих мелколиственных и широколиственных породах. Большое количество видов, которые приурочены к мелколиственным лесам, являются эвритрофами [23].

Видовой состав ксилотрофной микобиоты *B. pendula* в Костромской области можно разделить на 3 микоценоза в соответствии с разделением районов области на южные, центральные и северные.

Северная группа микоценозов в Кологривском, Межевском, Солигаличском районах характеризуется высоким видовым разнообразием ксилотрофов и варьирует в пределах 20–24 видов. Здесь присутствует достаточно большое количество стенотрофных видов *P. betulinus*, *L. betulinus*, *P. ciliates*, *T. zonatella*, *S. murashkinskyi*. В этой группе отмечены также виды, которые редко или единично встречаются в других районах. Например, *P. varius*, *A. biennis*, *S. murashkinskyi*, *S. spumea* [22].

По видовому разнообразию группа микоценозов в центральных районах области (Мантуровский, Макарьевский) уступает северной и составляет 10–14 видов ксилотрофных базидиомицетов. Здесь преобладают широко распространенные для области виды ксилотрофов *P. betulinus*, *L. betulinus*.

Южная группа микоценозов Костромского, Красносельского и Нерехтского районов отличается достаточно бедным видовым разнообразием (5–7 видов), и здесь также обитают широко распространенные виды, в том числе и наши модельные объекты *F. fomentarius*, *P. betulinus* и *I. obliquus* [7].

Для ксилотрофной микобиоты осиновых лесов также характерно разделение на три группы, хотя по сравнению с березовыми лесами здесь эти различия более сглажены и выявляются лишь при сравнительном анализе прочих микоценозов.

Для северной группы микобиоты также характерно самое большое видовое разнообразие ксилотрофных базидиомицетов, которое составляет до 25 видов. Здесь присутствуют практически все специфические виды, которые поражают *P. tremula* в Костромской области, такие как *P. igniarius*, *A. macra*, *L. cyathiformis*, *I. rheades*, *P. pseudobetulinus*, *P. tephroleuca*, *T. trogii*, *P. calyptartus*, *S. spumeus*. Также здесь были отмечены и эвритрофные виды *A. biennis*, *Antrodia sinuosa* (Fr.) P. Karst.

Центральная группа микоценозов осиновых лесов представлена 10–12 видами ксилотрофных базидиомицетов, специфических видов также меньше по сравнению с северной группой – *P. igniarius*, *I. rheades*, *T. trogii*. Разрежено появляется *Polyporus arcularius* (Batsch) Fries. В то же время ряд видов исчезают или значительно рedeют (*P. pseudobetulinus*, *S. spumeus*, *L. cyathiformis*, *P. tephroleuca*).

Южная группа микоценозов осинников, как и березовых лесов, также не отличается большим видовым разнообразием и не превышает 10 видов. Из специфических видов здесь встречаются только два – *P. igniarius* и *T. trogii*. При этом отсутствуют многие виды, которые встречаются в северных и центральных районах: *B. adusta*, *T. gibbosa*, *T. ochracea*, *T. pargamenum*, *Chondrostereum purpureum* (Pers.) Pouzar., *Oxyporus corticola* (Fr.) Ryvarden, *Steccherinum nitidum* (Fr.).

В целом отмечается высокий показатель сходства видового состава микобиоты березовых и осиновых лесов, что, по мнению ряда ученых, обусловлено длительным совместным сосуществованием данных мелколиственных формаций [20]. Схожесть видового состава ксилотрофных базидиомицетов обусловлена широким распространением мало специализированных видов и видов, которые в Костромской области встречаются только на древесине *B. pendula* или *P. tremula* и больше не отмечены на других мелколиственных и широколиственных породах. Изменение степени интегрированности микоценозов березовых и осиновых лесов в пределах Костромской области наглядно отражено на рисунке 2.

Как отмечают ряд ученых, вхождение *B. pendula* и *P. tremula* в состав разнообразных лесных формаций в Костромской области не приводит к деградации их биоты ксилотрофных базидиомицетов, а наоборот – сопровождается ростом таксономического разнообразия [17; 21; 24].

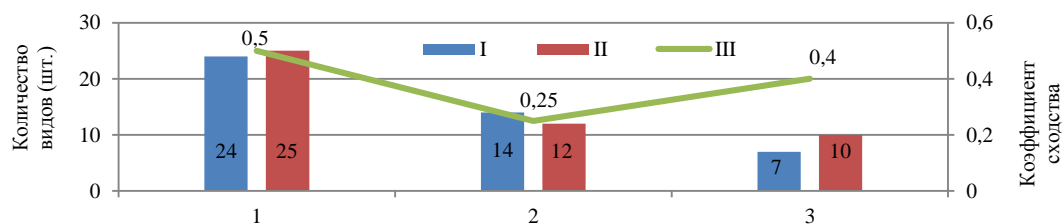


Рис. 2. Видовое богатство и коэффициент сходства микоценозов березовых и осиновых лесов Костромской области. I – число видов в микоценозах березовых лесов, II – число видов в микоценозах осиновых лесов, III – коэффициент сходства видового состава

Заключение

Подводя итог, можно отметить, что биота ксилотрофных базидиомицетов мелколиственных лесов Костромской области отличается от других формационных микобиот большим видовым разнообразием. Это, прежде всего, связано со значительной протяженностью области и выделением трех групп микобиоты – северной, центральной и южной. Также отмечается высокое сходство формационных микобиот березовых и осиновых лесов. При этом общие тенденции изменения видовой структуры в данных микобиотах такие же, как и у большинства других формационных микобиот. Установлено, что видовой состав ксилотрофных базидиомицетов в Костромской области в целом схож с видовым составом микобиоты мелколиственных лесов сопредельных территорий и может достигать 95%. Большая часть видов ксилотрофных базидиомицетов Костромской области по трофической специализации относится к эвритрофным видам, и лишь небольшая часть имеет стенотрофную специализацию. Отмеча-

ется высокий показатель сходства видового состава микобиоты березовых и осиновых лесов, что связано с низкой специализацией обнаруженных ксилотрофных базидиомицетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баландайкин М. Э. Начала системного подхода в изучении экологии и биологии ксилотрофного базидиомицета *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. № 4(42). С. 18–27.
2. Барсукова Т. Н. Редкие виды трутовых грибов Московской области // Микология и фитопатология. 1999. Т. 33. № 4. С. 233–236.
3. Бондарцева М. А., Пармасто Э. Х. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. Вып. 2. 1998.
4. Дёмкина А. В. Видовой состав трутовых грибов Плавского района Тульской области // Актуальные проблемы естественно-научного образования, защиты окружающей среды и здоровья человека. 2016. Т. 2. № 2. С. 122–124.
5. Левченко А. В. Эколого-биологические особенности динамики развития ксилотрофных базидиомицетов долины Нижней Волги: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2012.
6. Марамохин Э. В., Малахова К. В. Изучение лесных фитопатогенов группы ксилотрофных базидиомицетов на примере *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst. и *Phellinus igniarius* (L.) Quel. в культуре in vitro // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. Йошкар-Ола, 2018. № 2. С. 74–77.
7. Марамохин Э. В. Некоторые особенности экологии ксилотрофных базидиомицетов мелколиственных лесов Красносельского района Костромской области // Ступени роста — 2019: тезисы 71-й межрегиональной науч.-практ. конф. молодых ученых (25 марта – 15 апреля 2019 г.). Кострома, 2019. С. 98–99.
8. Наумов В. Д., Бардачева О. Г. Экологическая оценка состояния древостоя на территории Лесной опытной дачи РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2008. № 2. С. 42–53.
9. Портнягина Т., Гуков Г. В. Видовой состав, лекарственные, пищевые и технические свойства трутовых грибов лесного участка Приморской ГСХА // Аграрный вестник Приморья. 2018. № 2(10). С. 37–41.
10. Сафонов М. А. Трутовые грибы (Polyporaceae s. lato) лесов Оренбургской области // Микология и фитопатология 1999. Т. 33. Вып. 2. С. 75–80.
11. Сафонов М. А. Структура сообществ ксилотрофных грибов. Екатеринбург: УрО РАН, 2003.
12. Сафонов М. А. Вклад пойменных лесов в биоразнообразие дереворазрушающих грибов Оренбургской области // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 10(185). С. 73–76.
13. Степанова Н. Т., Мухин В. А. Основы экологии дереворазрушающих грибов. М.: Наука, 1979.
14. Стороженко В. Г. Пораженность осинников Костромской области ложным осиновым трутовиком // Лесное хозяйство. 1979. № 10. С. 54–55.
15. Тюкавина О. Н., Покрышкин С. А. Биологические основы устойчивости тополя бальзамического к ксилотрофным базидиомицетам // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 6(129). С. 116–121.
16. Чураков Б. П., Корнилина В. В., Митрофанова Н. А., Загидуллина Л. И., Зырянова У. П., Замалдинов И. Т. Анализ встречаемости ложного осинового трутовика на внутривидовых формах осины на территории Ульяновской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т. 14. № 1-8. С. 2018–2020.
17. Arantes V., Goodell B. Current understanding of brown-rot fungal biodegradation mechanisms: a review // Deterioration and protection of sustainable biomaterials. American chemical society, 2014. P. 3–21. <https://dx.doi.org/10.1021/bk-2014-1158.ch001>
18. Burdon J. J., Thrall P. H. Spatial and temporal patterns in coevolving plant and pathogen associations // The American Naturalist. 1999. Vol. 153. № S5. P. S15–S33. <https://doi.org/10.1086/303209>
19. Baldrian P., Valášková V. Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi // FEMS microbiology reviews. 2008. Vol. 32. № 3. P. 501–521. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2008.00106.x>
20. Han M. L., Chen Y. Y., Shen L. L., Song J., Vlasák J., Dai Y. C., Cui B. K. Taxonomy and phylogeny of the brown-rot fungi: Fomitopsis and its related genera // Fungal Diversity. 2016. Vol. 80. № 1. P. 343–373. <https://doi.org/10.1007/s13225-016-0364-y>
21. Hibbett D. S., Donoghue M. J. Analysis of character correlations among wood decay mechanisms, mating systems, and substrate ranges in homobasidiomycetes // Systematic biology. 2001. Vol. 50. № 2. P. 215–242. <https://doi.org/10.1080/10635150121079>
22. Knogge W. Fungal infection of plants // The Plant Cell. 1996. Vol. 8. № 10. P. 1711. <https://dx.doi.org/10.1105/2Ftpc.8.10.1711>
23. Shang J., Yan S., Wang Q. Degradation mechanism and chemical component changes in *Betula platyphylla* wood by wood-rot fungi // BioResources. 2013. Vol. 8. № 4. P. 6066–6077.
24. Schwarze F.W.M.R. *Piptoporus betulinus* (Bull.: Fr.) Karsten // Mycologist. 1993. № 7. P. 122–123.

REFERENCES

1. Balandaykin, M. E. (2012). System Approach to the Study of Ecology and Biology of Xylotrophic Basidium Fungus *Inonotus obliquus* (Pers.) Pil. *Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, 4(42). 18-27. (In Russian)
3. Bondartseva, M. A., & Parmasto, E. Kh. (1998). *Opredelitel' gribov Rossii. Poryadok afilloforovye. 2.* (In Russian)
4. Demkina, A. V. (2016). Vidovoi sostav trutovykh gribov Plavskogo raiona Tul'skoi oblasti. In *Aktual'nye problemy estestvenno-nauchnogo obrazovaniya, zashchity okruzhayushchei sredy i zdorov'ya cheloveka*, 2(2). 122-124. (In Russian)
5. Levchenko, A. V. (2012). *Ekologo-biologicheskie osobennosti dinamiki razvitiya ksilotrofnykh bazidiomisetov doliny Nizhnei Volgi: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Astrakhan.* (In Russian)

6. Maramokhin, E. V., & Malakhova, K. V. (2018). Izuchenie lesnykh fitopatogenov gruppy ksilotrofnykh bazidiomitsetov na primere *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst. i *Phellinus igniarius* (L.) Quel. v kul'ture in vitro [Study of forest phytopathogens of the xylophilic group of basidiomycetes by the example of *Piptoporus betulinus* (Bull.) P. Karst. and *Phellinus igniarius* (L.) Quel. in vitro culture]. In *Inzhenernye kadry – budushchee innovatsionnoi ekonomiki Rossii [Engineering personnel - the future of the innovative economy of Russia]*, Yoshkar-Ola, (2). 74-77. (In Russian)
7. Maramokhin, E. V. (2019). Nekotorye osobennosti ekologii ksilotrofnykh bazidiomitsetov melkolistvennykh lesov Krasnoselskogo raiona Kostromskoi oblasti [Some ecology features of xylophilic basidiomycetes of small-leaved forests of the Krasnoselsky district of the Kostroma region]. In *Suipeni rosta — 2019: tezisy 71 mezhhregional'noi nauch.-prakt. konf. molodykh uchenykh, Kostroma, 25 marta–15 aprelya 2019 g. [Stages of growth — 2019: theses of the 71 interregional scientific-practical conf. young scientists, Kostroma, 25 March – 15 April]*, 98-99. (In Russian)
8. Naumov, V. D., & Bardacheva, O. G. (2008). Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya drevostoya na territorii Lesnoi opytnoi dachi RGAU-MSKhA imeni K.A. Timiryazeva. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, (2). 42-53. (In Russian)
9. Portnyagina, T., & Gukov, G. V. (2018). Vidovoi, sostav, lekarstvennye, pishchevye i tekhnicheskie svoystva trutovykh gribov lesnogo uchastka Primorskoi GSKhA. *Agrarnyi vestnik Primor'ya*, 2(10). 37-41. (In Russian)
10. Safonov, M. A. (1999). Trutovye griby (*Polyporaceae s. lato*) lesov Orenburgskoi oblasti. *Mikologiya i fitopatologiya*, 33(2). 75-80. (In Russian)
11. Safonov, M. A. (2003). Struktura soobshchestv ksilotrofnykh gribov. Ekaterinburg. (In Russian)
12. Safonov, M. A. (2015). Vklad poimennykh lesov v bioraznoobrazie derevorazrushayushchikh gribov Orenburgskoi oblasti. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, 10(185). 73-76. (In Russian)
13. Stepanova, N. T., & Mukhin, V. A. (1979). Osnovy ekologii derevorazrushayushchikh gribov. Moscow. (In Russian)
14. Storozhenko, V. G. (1979). Porazhennost' osinnikov Kostromskoi oblasti lozhnym osinovým trutovikom. *Lesnoe khozyaistvo*, (10). 54-55. (In Russian)
15. Tyukavina, O. N., & Pokryshkin, S. A. (2017). Biological basis of a balsam poplar resistance to xylophilic basidiomycetes. *Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University*, 6(129). 116-121. (In Russian)
16. Churakov, B., Kornilina, V., Mitrofanova, N., Zagidullina, L., Zyryanova, U., & Zamaldinov, I. (2012). Analysis of False aspen tinder fungus occurrence on Aspen intraspecific forms at the Territory of Ulyanovsk Oblast. *Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 14(1-8). 2018-2020. (In Russian)
17. Arantes, V., & Goodell, B. (2014). Current understanding of brown-rot fungal biodegradation mechanisms: a review. In *Deterioration and protection of sustainable biomaterials. American chemical society*, 3-21. <https://dx.doi.org/10.1021/bk-2014-1158.ch001>
18. Burdon, J. J., & Thrall, P. H. (1999). Spatial and temporal patterns in coevolving plant and pathogen associations. *The American Naturalist*, 153(S5), S15-S33. <https://doi.org/10.1086/303209>
19. Baldrian, P., & Valášková, V. (2008). Degradation of cellulose by basidiomycetous fungi. *FEMS microbiology reviews*, 32(3). 501-521. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2008.00106.x>
20. Han, M. L., Chen, Y. Y., Shen, L. L., Song, J., Vlasák, J., Dai, Y. C., & Cui, B. K. (2016). Taxonomy and phylogeny of the brown-rot fungi: Fomitopsis and its related genera. *Fungal Diversity*, 80(1), 343-373. <https://doi.org/10.1007/s13225-016-0364-y>
21. Hibbett, D. S., & Donoghue, M. J. (2001). Analysis of character correlations among wood decay mechanisms, mating systems, and substrate ranges in homobasidiomycetes. *Systematic biology*, 50(2), 215-242. <https://doi.org/10.1080/10635150121079>
22. Knogge, W. (1996). Fungal infection of plants. *The Plant Cell*, 8(10), 1711. <https://dx.doi.org/10.1105/2Ftpc.8.10.1711>
23. Shang, J., Yan, S., & Wang, Q. (2013). Degradation mechanism and chemical component changes in *Betula platyphylla* wood by wood-rot fungi. *BioResources*, 8(4), 6066-6077.
24. Schwarze, F. W. M. R. (1993). *Piptoporus betulinus* (Bull.: Er.) Karsten. *Mycologist (United Kingdom)*, (7). 122-123.

Марамохин Э. В. Ксилотрофные базидиомицеты мелколиственных лесов Костромской области // Вестник Нижегородского государственного университета. 2020. № 1. С. 4–9. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/01>

Maramokhin, E. V. (2020). Xylophilic basidiomycetes of small-leaved forests of the Kostroma region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 4–9. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/01>

С. Б. Криворотов, О. Ю. Манилова

**ЖИЗНЕННЫЕ ФОРМЫ И ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ
РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЛИШАЙНИКОВ
УРБОЭКОСИСТЕМЫ Г. ТИМАШЕВСКА
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

S. B. Krivorotov, O. Yu. Manilova

**LIFE FORMS AND GEOGRAPHICAL DISTRIBUTION OF
LICHENS URBAN ECOSYSTEM OF THE CITY OF
TIMASHEVSK KRASNODAR TERRITORY**

Аннотация. Лишайники являются важным компонентом фитоценозов, они участвуют в создании микроклимата сообществ, заселяют малоприспособленные для других организмов места обитания, выделяют лишайниковые кислоты, задерживающие рост некоторых растений и др. В статье приведены результаты таксономического, географического и экологического анализа лишайниковой биоты города Тимашевска. На территории урбоэкосистемы выявлен 51 вид лишайников, принадлежащих к 27 родам, 12 семействам, 2 классам. Выявлены жизненные формы лишайников урбоэкосистемы. Один из методов оценки качества атмосферного воздуха основан на использовании видового состава лишайниковой биоты изучаемой урбоэкосистемы и установлении чувствительности видов. Наличие списка видов лишайников как для всей урбоэкосистемы, так и для отдельных ее участков позволяет достаточно надежно оценить состояние воздушного бассейна района и провести сравнение качества воздуха частей обследованной территории. По итогам проведенных исследований сделан вывод о возможности использования лишайников для долгосрочного мониторинга за состоянием атмосферной среды урбанизированных территорий Северо-Западного Кавказа.

Ключевые слова: урбоэкосистема; лишайниковая биота; таксономический; географический анализ; жизненные формы.

Сведения об авторах: Криворотов Сергей Борисович, SPIN-код: 6869-9628, д-р биол. наук, Кубанский государственный университет, г. Краснодар, Россия, s.krivorotov_2002@rambler.ru; Манилова Ольга Юрьевна, SPIN-код: 7284-6827, ORCID 0003-2865-9037, канд. биол. наук, Кубанский государственный медицинский университет, г. Краснодар, Россия, manilova27@rambler.ru

About the authors: Krivorotov Sergey Borisovich, SPIN-код: 6869-9628, Dr. habil., Kuban State University, Krasnodar, Russia, manilova27@rambler.ru; Manilova Olga Yurievna, SPIN-код: 7284-6827, ORCID 0003-2865-9037, PhD., Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia, manilova27@rambler.ru.

Одним из основных и перспективных методов биоиндикации является лишайниковая индикация, позволяющая дать объективную оценку загрязнению атмосферного воздуха на урбанизированных территориях. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются автотранспорт, а также различные производственные объекты, поллютанты от которых распространяются на многие десятки километров [1, с. 96; 13, с. 2].

Оценить качество атмосферного воздуха урбоэкосистемы можно, используя данные о видовом составе лишайниковой биоты, а также выявив чувствительность видов лишайников к различным поллютантам. Видовой состав лишайников урбоэкосистемы или ее участков обеспечивает надежность оценки состояния воздушной среды изучаемого района и дает возможность сравнивать качество воздуха отдельных частей территории [7, с. 17; 12, с. 170].

Современные литературные данные указывают на то, что анализ среды урбанизированных территорий проводится лишь в отдельных регионах России. Имеются данные об исследованиях, проводи-

мых в республике Калмыкия, Челябинской области, на Урале, в Новосибирской области, Красноярском и Алтайском крае. В своих исследованиях авторы рассматривают особенности лишайниковых слоевищ накапливать поллютанты, тем самым оценивать состояние атмосферного воздуха урбоэкосистем быстро и экономично. Перспективность использования метода лишайноиндикации обусловлена тем, что лишайниковые слоевища активно накапливают тяжелые металлы. А именно тяжелые металлы и являются основными поллютантами, интенсивность распространения которых зависит от ряда факторов, в том числе и от техногенеза. Краснодарский край характеризуется активным развитием промышленности и сельского хозяйства – основных «поставщиков», загрязняющих атмосферу урбоэкосистемы компонентов [4, с. 114; 8, с. 178; 14, с. 298].

Город Тимашевск является крупнейшим промышленным центром. Находясь практически в самом центре Краснодарского края, в месте пересечения железнодорожных магистралей, данный населенный пункт имеет достаточно выгодное географическое расположение. Указанное местоположение ведет к быстрым темпам роста промышленности при минимальных затратах. Большая часть города представлена промышленными зонами. Интенсивное увеличение производственных и перерабатывающих отраслей положительно влияет на развитие города, обеспечивает высокий уровень жизни населения, но с другой стороны, отрицательно сказывается на экологической обстановке [9, с. 210; 11, с. 80].

В результате проведенных на территории урбоэкосистемы исследований нами составлен аннотированный таксономический список лишайников города Тимашевска и прилегающих территорий. Все выявленные виды лишайников принадлежат 2 классам – *Lecanoromycetes* и *Arthoniomycetes*. При этом 8 семейств и 5 порядков насчитывает класс *Lecanoromycetes*, 1 порядок и 2 семейства – класс *Arthoniomycetes*.

Таксономический список составлен с учетом современной номенклатуры, при этом использовался целый ряд монографических работ [2; 3; 5, с. 4; 10].

Сбор и идентификация лишайников осуществлялись согласно общепринятым методикам [6], анализ жизненных форм и географический анализ проводились по методике, предложенной Н.С. Голубковой (1983).

Лишайнобиота изучаемой урбоэкосистемы насчитывает 51 вид, относящихся к 27 родам и 12 семействам (рис. 1).

Рода в семействах распределены следующим образом: по 2 рода в семействах *Lecanoraceae* и *Candelariaceae*, по 3 рода в семействах *Teloschistaceae* и *Physciaceae*, максимальное количество – 10 родов насчитывает семейство *Parmeliaceae*. По 1 роду насчитывают 7 семейств.

Среднее количество видов в семействе составляет 4,2. Максимальным видовым разнообразием характеризуются четыре семейства: *Parmeliaceae* (13 видов), *Lecanoraceae* (12), *Teloschistaceae* (6), *Physciaceae* (5). На долю указанных семейств приходится 70,6% всего видового состава.

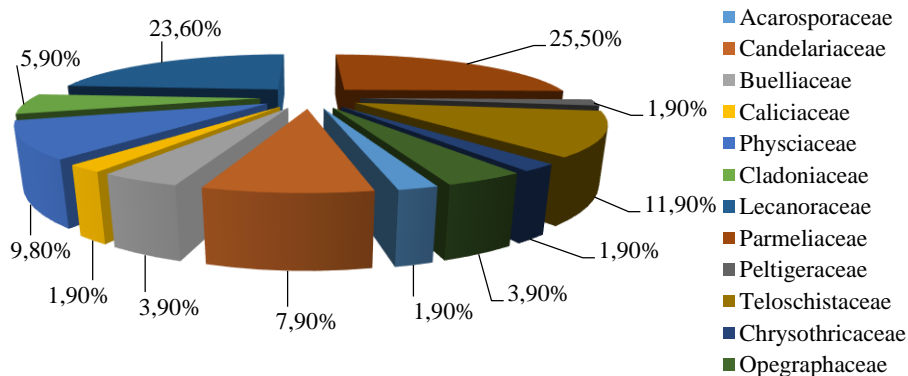


Рис. 1. Структура лишайнобиоты урбоэкосистемы города Тимашевска, %

Среднее количество видов в роде – 1,9. Минимальное видовое разнообразие характерно для 16 родов. Видовым составом выше среднего уровня характеризуются 11 родов: *Lecanora* (10), *Candelariella* (3), *Physcia* (3), *Cladonia* (3), *Parmotrema* (3), *Caloplaca* (3), *Buellia* (2), *Lecidella* (2), *Melanelixia* (2), *Xanthoria* (2), *Opegrapha* (2).

Наиболее богаты видами 11 родов (68,64% видового состава). Они имеют важное значение в формировании лишайносинузий урбоэкосистемы.

Лишайнобиота урбоэкосистемы города Тимашевска была подвергнута географическому анализу, она представлена 6 географическими элементами.

На исследуемой территории максимальное число видов лишайников относится к мультирегиональному элементу. Голарктический тип ареала включает в себя 43,15% видов, неморальный — 11,77%, бореальный — 7,84% (рис. 2).

Представители неморального элемента с паннеморальным типом ареала составляют 9,8% от всего видового состава. Эвриголарктический элемент с голарктическим типом ареала и мультирегиональный элемент с бореальным типом ареала включают в себя по 7,84% видов.

На долю неморального географического элемента с европейским типом ареала и бореального географического элемента с панбореальным типом ареала приходится по 3,92%.

Минимальное количество видов лишайников включает монтанно-гипоарктический элемент с голарктическим типом ареала, бореальный элемент с голарктическим типом ареала, неморальный элемент с голарктическим и евразийским типами ареала, ното-бореальный элемент с биполярным типом ареала, мультирегиональный элемент с панбореальным типом ареала.

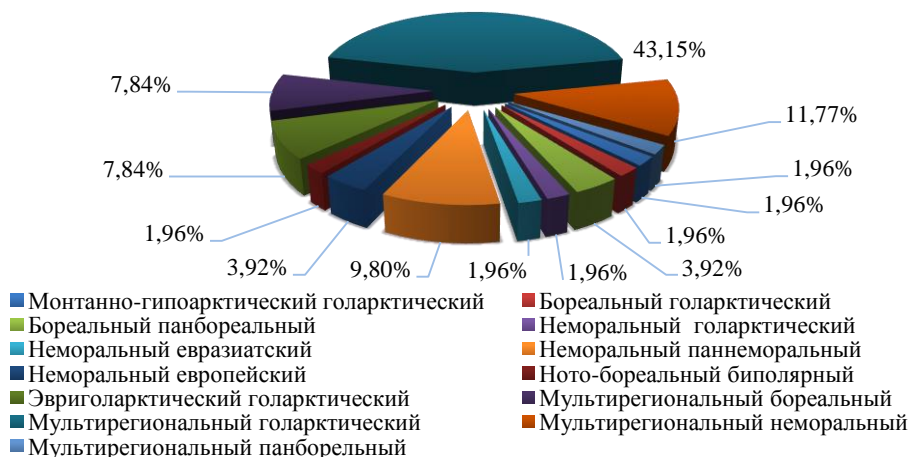


Рис. 2. Географические элементы лишайников урбэко системы города Тимашевска, %

Таким образом, лишайники изучаемой территории являются мультирегиональными с голарктическим типом ареала. Был проведен анализ жизненных форм лишайников города Тимашевска и его окрестностей. Механизмы приспособления, возникающие у живых организмов, в том числе и лишайников, обеспечивают выживаемость видов и адаптацию к различным экологическим характеристикам территорий. Виды лишайников, слоевища которых произрастают на поверхности субстрата, относятся к отделу эпигенные лишайники.

Тип плагиотропных лишайников включает в себя класс накипные, и насчитывает 25 видов (49,01%). Слоевище этих лишайников сростается с субстратом практически всей нижней поверхностью. Группа однообразно-накипных лишайников включает 25 видов (49,01%). К данной группе относятся виды, у которых слоевище имеет вид корочки, равномерной в центральной части (рис. 3).

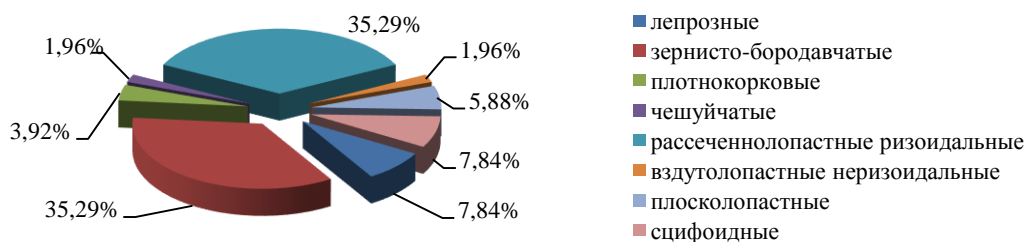


Рис. 3. Жизненные формы лишайников урбэко системы города Тимашевска, %

К подгруппе лепрозные лишайники относятся 4 вида (7,84%). На исследуемой территории подгруппа лепрозных лишайников представлена родами *Caloplaca*, *Chrysothrix*. Они распространены в парковой, центральной и пригородной зонах; редко представители данной группы встречаются на коре форофитов вблизи транспортных магистралей. Произрастают на коре: вишни обыкновенной, гледичии трехколючковой, дуба черешчатого, тополя пирамидального и других форофитов.

Лишайники, относящиеся к подгруппе зернисто-бородавчатая жизненная форма, насчитывают 18 видов (35,29%). Данная подгруппа включает рода: *Calicium*, *Lecanora*, *Candelariella*, *Lecidella*, *Opegrapha*, *Rinodina*. Представители этих родов распространены на всей территории города Тимашевска и в

его окрестностях. Произрастают на коре форофитов: дуба черешчатого, тополя пирамидального, гледичии трехколючковой, айланта высочайшего, ореха грецкого, чёрного, ивы белой и др.

К подгруппе плотнокорковые лишайники относятся 2 вида (3,92%). Данная подгруппа представлена одним родом – *Buellia*. Виды рода *Buellia* распространены в пригородной, парковой, центральной зонах города. Обнаружены на коре рябины, дуба черешчатого, груши обыкновенной, вяза гладкого, гледичии трехколючковой, ясеня высокого.

К подгруппе чешуйчатые относится всего 1 вид (1,96%) из рода *Acarospora*. Обнаружен в пригородной зоне на песчаниках.

На долю класса листоватые лишайники приходится 19 видов (37,25%). Данная группа характеризуется уплощённым в дорзовентральном направлении слоевищем, которое прикрепляется ризоидами, ризинами или участками нижней поверхности.

Группа рассеченнолопастных ризоидальных лишайников включает 18 видов (35,29% от общего количества видов). На изучаемой территории и в ее окрестностях обнаружены следующие роды лишайников, входящие в состав указанной группы: *Flavoparmelia*, *Candelaria*, *Flavopunctelia*, *Melanelixia*, *Melanohalea*, *Parmelia*, *Parmotrema*, *Platismatia*, *Pleurosticta*, *Peltigera*, *Physcia*, *Rusavskia*, *Xanthoria*. Эта группа имеет максимальное видовое разнообразие, ее представители произрастают на всей территории урбоэкосистемы и в ее окрестностях. Обнаружены на дубе черешчатом, иве белой, гледичии трехколючковой, березе бородавчатой, вишне обыкновенной, ясеню высокому, робинии ложноакация, а также других форофитах.

Группа вздутолопастных неризоидальных лишайников насчитывает лишь 1 вид (1,96%). Данная группа включает лишайники, у которых слоевище имеет лопасти веерообразно-разветвленной формы, и внутри с небольшой полостью. Представитель группы *Hypogymnia physodes* обнаружен в пригородной и парковой зонах на дубе черешчатом и клене полевым.

К типу ортотропные классу кустистые жизненные формы относятся 7 видов (13,72%). Эти лишайники имеют слоевища в виде кустиков, с повисающими, прямостоячими или стелющимися по субстрату лопастями.

К подгруппе плосколопастных лишайников относятся 3 вида (5,88%), которые принадлежат к 3 родам: *Anaptychia*, *Evernia*, *Pseudevernia*. Виды этих родов распространены в центральной, пригородной, парковой зонах, произрастают на коре: гледичии трехколючковой, дуба черешчатого, клена полевого, ясеня высокого, боярышника обыкновенного, а также других форофитов.

К подгруппе сцифоидные лишайники относятся 4 вида (7,84%). Эти лишайники имеют слоевища сцифоидной формы, слабо разветвленные. Указанная жизненная форма на исследуемой территории представлена родом *Cladonia*.

Отдел эпигенных лишайников является основным, к которому относятся все виды, обнаруженные на исследуемой территории и в ее окрестностях. Представители данного отдела имеют слоевище, развивающееся на поверхности субстрата.

Первое место по многообразию видов принадлежит группе плагиотропных листоватых рассеченнолопастных ризоидальных лишайников (35,29%), а также группе плагиотропных однообразно-накипных зернисто-бородавчатых лишайников (35,29%). Второе место – группе плагиотропных однообразно-накипных лепрозных и ортотропных чешуйчато-кустистых сцифоидных лишайников (7,84%). Третье место занимают ортотропные кустистые повисающие плосколопастные жизненные формы лишайников (5,88%).

Плагиотропные накипные однообразно-накипные плотнокорковые лишайники представлены наибольшим количеством видов (3,92%).

Минимальным количеством видов представлены плагиотропные однообразно-накипные чешуйчатые (1,96%) и плагиотропные листоватые вздутолопастные неризоидальные жизненные формы лишайников (1,96%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Божко А. А. Лишениоиндикация-метод объективного тестирования техногенной нагрузки урбанизированных экосистем // *Фундаментальные исследования*. 2004. № 3. С. 95–97.
2. Бязров Л. Г., Криволицкий Д. А. Лишайники в экологическом мониторинге. М.: Научный мир, 2002.
3. Голубкова Н. С. Анализ флоры лишайников Монголии. Л.: Наука, 1983. 248 с.
4. Иржигитова Д. М., Корчиков К. Е. С. Некоторые химические особенности коры деревьев как субстрата для развития лишайников (на примере Красносамарского лесного массива) // *Вестник Самарского государственного университета*. 2011. № 5(86). С. 114–152.
5. Криворотов С. Б. Лишайники и лишайниковые группировки Северо-Западного Кавказа и Предкавказья: Флористический и экологический анализ: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Краснодар, 2001. 35 с.

6. Окснер А. Н. Определитель лишайников СССР. Морфология, систематика и географическое распространение. Л.: Наука, 1974.
7. Плюснин С. Н. Лишениоиндикация: основные подходы // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2012. № 7. С. 17–19.
8. Пчелкин А. В., Пчелкина Т. А. Восстановление локальных популяций редких видов лишайников в условиях мегаполиса // Проблемы популяционной биологии: Мат-лы XII всеросс. популяционного семинара памяти Н. В. Глотова. Йошкар-Ола, 2017. С. 177–179.
9. Радиков М. И. Соредии лишайников как индикаторы состояния атмосферы городов // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: Сб. мат-лов 2 всероссийской науч. конф. (Йошкар-Ола, 28-31 января). Йошкар-Ола, 2006. С. 210–212.
10. Урбанавичюс Г. П. Список лишенофлоры России. СПб.: Наука, 2010.
11. Щербакова А. И. Лишайники с высокой антиоксидантной активностью // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 4(40). С. 75–84. <https://doi.org/10.15350/2306-2827.2018.4.75>
12. McMullin R. T., Lendemer J. C., Braid H. E., Newmaster S. G. Molecular insights into the lichen genus *Alectoria* (Parmeliaceae) in North America // *Botany*. 2016. Vol. 94. № 3. P. 165–175. <https://doi.org/10.1139/cjb-2015-0186>
13. Nordin A., Moberg R., Tønberg T., Vitikainen O., Dalsätt A., Myrdal M., Ekman S. Santesson's checklist of Fennoscandian lichen-forming and lichenicolous fungi // *Ver. April*. 2011. Vol. 29. P. 2011.
14. Zhao X., Leavitt S. D., Zhao Z. T., Zhang L. L., Arup U., Grube M., Divakar P. K. Towards a revised generic classification of lecanoroid lichens (*Lecanoraceae*, *Ascomycota*) based on molecular, morphological and chemical evidence // *Fungal Diversity*. 2016. Vol. 78. № 1. P. 293–304. <https://doi.org/10.1007/s13225-015-0354-5>

REFERENCES

1. Bozhko, A. A. (2004). Likhenoidikatsiya-metod ob"ektivnogo testirovaniya tekhnogennoi nagruzki urbanizirovanykh ekosistem. *Fundamental'nye issledovaniya*, (3), 95-97. (in Russian)
2. Byazrov, L. G., & Krivolutskii, D. A. (2002). Lishainiki v ekologicheskom monitoringe. Moscow. Nauchnyi mir. (In Russian)
3. Golubkov, N. With. (1983). Analysis of Mongolian lichen flora. Leningrad. (in Russian)
4. Irzhigitova, D. M., & Korchikov, K. E. S. (2011). Nekotorye khimicheskie osobennosti kory derev'ev kak substrata dlya razvitiya lishainikov (na primere Krasnosamarskogo lesnogo massiva) [Some chemical characteristics of Bark as a substrate for Lichen's developing (Krasnosamarsky Forest as an Example)]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo universiteta [Natural science series]*, 5(86). 114-152. (in Russian)
5. Krivorotov, S. B. (2001). Lishainiki i lishainikovye gruppировки Severo-Zapadnogo Kavkaza i Predkavkaz'ya (Floristicheskii i ekologicheskii analiz). (in Russian)
6. Oksner, A. N. (1974). Opredelitel' lishainikov SSSR. Morfologiya, sistematika i geograficheskoe rasprostranenie. V. Leningrad. (in Russian)
7. Plyusnin, S. N. (2012). Lichen-indications: basic approaches. *Vestnik Instituta biologii Komi NTs UrO RAN*, (7), 17-19. (in Russian)
8. Pchelkin, A. V., & Pchelkina, T. A. (2017). Vosstanovlenie lokal'nykh populyatsii redkikh vidov lishainikov v usloviyakh megapolisa. In *Problemy populyatsionnoi biologii. Mat-ly XII vsereoss. populyatsionnogo seminara pamyati N. V. Glotova. Ioshkar-Ola*, 177-179. (in Russian)
9. Razikov, M. I. (2006). Sorediya lichens as an indicator of the state of the atmosphere of cities. In *Principles and methods of biodiversity conservation: proceedings of the 2 scientific conferences, Yoshkar-Ola*, 210-212. (in Russian)
10. Urbanavichyus, G. P. (2010). Spisok likhenoflory Rossii [A checklist of the lichen flora of Russia].
11. Shcherbakova, A. I. (2018). Lishainiki s vysokoi antioksidantnoi aktivnost'yu [Lichens with high antioxidant activity]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Bulletin of the Volga state technological University: Forest. Ecology. Nature management]*, (4(40)). 75-84. (in Russian) <https://doi.org/10.15350/2306-2827.2018.4.75>
12. McMullin, R. T., Lendemer, J. C., Braid, H. E., & Newmaster, S. G. (2016). Molecular insights into the lichen genus *Alectoria* (Parmeliaceae) in North America. *Botany*, 94(3), 165-175. <https://doi.org/10.1139/cjb-2015-0186>
13. Nordin, A., Moberg, R., Tønberg, T., Vitikainen, O., Dalsätt, Å., Myrdal, M., ... & Ekman, S. (2011). Santesson's checklist of Fennoscandian lichen-forming and lichenicolous fungi. *Ver. April*, 29, 2011.
14. Zhao, X., Leavitt, S. D., Zhao, Z. T., Zhang, L. L., Arup, U., Grube, M., ... & Divakar, P. K. (2016). Towards a revised generic classification of lecanoroid lichens (*Lecanoraceae*, *Ascomycota*) based on molecular, morphological and chemical evidence. *Fungal Diversity*, 78(1), 293-304. <https://doi.org/10.1007/s13225-015-0354-5>

Криворотов С. Б., Манилова О. Ю. Жизненные формы и географическое распространение лишайников урбо-экосистемы города Тимашевска Краснодарского края // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 10–14. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/02>

Krivorotov S. B., & Manilova O. Yu. (2020). Life forms and geographical distribution of lichens urban ecosystem of the city of Timashevsk Krasnodar territory. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 10–14. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/02>

О. Л. Цандекова

РОЛЬ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ *ACER NEGUNDO* L. НА РОСТ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ

O. L. Tsandekova

THE ROLE OF ALLELOPATHIC INFLUENCE OF *ACER NEGUNDO* L. ON THE GROWTH OF HERBACEOUS PLANTS

Аннотация. В статье анализируются результаты влияния аллелопатически активных веществ растительного опада и почвы на рост травянистых растений нижнего яруса в различных фитогенных зонах клена ясенелистного. В качестве модельных объектов использовали семена *Melilotus officinalis* и *Poa pratensis*. Изучение аллелопатического влияния опада клена ясенелистного проведено методом биопроб, почвы – экспериментальным путем. Семена травянистых растений высевали в начале июля в контейнеры с почвой, отобранной под насаждениями *A. negundo* в трансформированных растительных сообществах. Образцы почвы отбирали в подкروновых и прикroновых зонах исследуемых деревьев. В качестве контроля выбрана внешняя зона одиночных деревьев. Подсчет биометрических показателей исследуемых тест-объектов проводили на основе определения высоты и массы растений. Для исследований ростовых показателей использовали выборку из десяти растений в трехкратной повторности с каждой исследуемой площадки. По результатам экспериментов выявлено, что наибольшие показатели энергии прорастания и всхожести семян на исследуемых участках у *M. officinalis*, в сравнении с *P. pratensis*. Аллелопатически активные вещества, содержащиеся в опаде и почве *A. negundo*, оказывали положительное действие на прорастание исследуемых растений, особенно в прикroновой зоне. Следовательно, данные виды обладают аллелопатической устойчивостью к воздействию колинов клена ясенелистного и обладают положительной реакцией на его фитогенные зоны. Вероятно, *M. officinalis* и *P. pratensis*, обладающие экологической пластичностью и приспособленностью к обитанию в условиях естественного ареала, определяются не только аллелопатическим влиянием корневых выделений клена, но, в большей мере, факторами внешней среды в трансформированных растительных сообществах. Экспериментальные данные можно использовать в оценке состояния напочвенного покрова и структуры фитоценоза.

Ключевые слова: аллелопатия; опад; фитогенные зоны; *Acer negundo* L.; прорастание; рост; *Melilotus officinalis*; *Poa pratensis*.

Abstract. The article analyzes the results of the influence of allelopathically active substances of plant litter and soil on the growth of herbaceous plants of the lower tier in various phytogenic zones of the maple ash-leaved. As model objects the seeds of the *Melilotus officinalis* and *Poa pratensis* were used. The study of the allelopathic effect of maple ash-leaved litter was carried out by bioassay, the soil - by experiment. In early July the seeds of grassy plants were sown in containers with soil selected under *A. negundo* plantations in transformed plant communities. Soil samples were taken in the subcrown and near-ground zones of the studied trees. The outer zone of single trees was chosen as a control. The biometric indicators of the test objects under study were calculated on the basis of determining the height and mass of the plants. For studies of growth parameters, a sample of ten plants was used in triplicate from each site studied. According to the results of the experiments, it was revealed that the highest rates of germination energy and seed germination in the test areas are in the *M. officinalis*, compared to *P. pratensis*. The allelopathically active substances contained in the litter and soil of *A. negundo* had a positive effect on the germination of the studied plants, especially in the near-front zone. Consequently, these species possess allelopathic resistance to the effects of colin elder maple and have a positive reaction to its phytogenic zones. Probably, *M. officinalis* and *P. pratensis*, which have ecological plasticity and adaptability to living in conditions of the natural range, are determined not only by the allelopathic effect of maple root excretions, but, to a greater extent, by environmental factors in transformed plant communities. Experimental data can be used in assessing the state of the ground cover and the structure of the phytocenosis.

Key words: allelopathy; ofal; phytogenic zones; *Acer negundo* L.; germination; growth; *Melilotus officinalis*; *Poa pratensis*.

Сведения об авторе: Цандекова Оксана Леонидовна, SPIN-код: 4569-6417, J-4580-2018, ORCID: 0000-0002-9768-3084, канд. с.-х. наук, Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук «Институт экологии человека», г. Кемерово, Россия, zandekova@bk.ru.

About the author: Tsandekova Oksana Leonidovna, SPIN-code: 4569-6417, J-4580-2018, ORCID: 0000-0002-9768-3084, PhD, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences "Institute of Human Ecology", Kemerovo, Russia, zandekova@bk.ru.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания ФИЦ УУХ СО РАН
(Проект № 0352-2016-0002)

Изучение механизмов, посредством которых инвазивные виды влияют на природные сообщества, занимает значительное место в научных исследованиях, так как эти растения способны к успешной конкуренции с аборигенными видами и внедряются в природные сообщества [8; 12; 13]. Клен ясенелистный, обладая высокой плодovitостью и скоростью роста, быстрее других видов растений образует многоярусные заросли. Он оказывает негативное влияние на формирование травостоя в своем подкroновом пространстве. Создавая полный тенистый полог своими кронами, он заглушает и подавляет рост самосева и подроста растений.

Активное распространение и успешное проникновение в природные сообщества клена предопределено его аллелопатическими свойствами [3; 10]. Особую роль представляют химические взаимодействия растений. Аллелопатический эффект некоторых групп веществ, выделяемых кленом, может быть различным – в одних условиях они выступают как ингибиторы, в других – как стимуляторы ростовых процессов [5; 9]. В настоящее время исследуются химические взаимодействия преимущественно сельскохозяйственных культур, в то время как взаимодействия травянистых видов в трансформированных фитоценозах требуют научного изучения.

Цель работы – изучить влияние аллелопатически активных веществ растительного опада и почвы на прорастание травянистых растений нижнего яруса в различных фитогенных зонах клена ясенелистного. В задачи исследований входило изучить влияние химических выделений опада листьев клена ясенелистного на прорастание семян методом биопроб и определить активность аллелопатических веществ почвы по биометрическим показателям проростков исследуемых растений.

Материалы и методы

Исследования проведены в 2018 г. В качестве модельных объектов использовали семена донника лекарственного (*Melilotus officinalis* (L.) Pall.) и мятлика лугового (*Poa pratensis* L.). Выбор видов растений обоснован их распространенностью в естественных фитоценозах под насаждениями *Acer negundo* L. (клен ясенелистный), а также их быстрым ростом. Изучение аллелопатического влияния опада клена ясенелистного проведено методом биопроб [2]. В качестве материалов исследований для проращивания семян использовали экстракты опада клена ясенелистного, которые готовились из расчета 1:100. В качестве контрольного варианта выбрано проращивание семян тех же культур в дистиллированной воде. Предварительно растительные образцы измельчались в соответствии с пропорциями вещественного состава опада. В чашки Петри помещалась фильтровальная бумага в пять слоев. Варианты опыта закладывали в трехкратной повторности по 100 семян тест-культур. Семена заливались приготовленным настоем (20 мл) и накрывались крышкой. Чашки Петри помещались в термостат с постоянной температурой +28°C. Тестирование по определению энергии прорастания и всхожести семян проводили согласно ГОСТу 12038-84 [11].

Для изучения аллелопатического влияния почвы клена ясенелистного закладывали опыты на экспериментальном участке. Семена травянистых растений высевали в начале июля в контейнеры с почвой, отобранной под насаждениями *A. negundo* в трансформированных растительных сообществах в пойме р. Томь в пределах г. Кемерово. Образцы почвы отбирали в подкroновых (ПН1) и прикroновых (ПН2) зонах клена ясенелистного. В качестве контроля выбрана внешняя (ПН3 (к)) зона одиночных деревьев. Насаждения клена ясенелистного на исследуемых площадках оценивались первой категорией жизненного состояния по шкале В.А. Алексеева и первым классом бонитета. Возраст деревьев составлял 20–25 лет. Живой напочвенный покров исследуемых участков образован разнотравно-злаковым сообществом с преобладанием *Urtica dioica* L., *Poa pratensis* L., *Phleum pratense* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski., *Humulus lupulus* L., с общим проективным покрытием 40–90%.

Подсчет биометрических показателей исследуемых тест-объектов проводили на основе определения высоты и массы проростков [1]. Линейные параметры высоты определяли с помощью линейки, сухую надземную массу – на электронных лабораторных весах BM213M-II с точностью до 0,05 г. Для исследований ростовых показателей использовали выборку из десяти растений в трехкратной повторности с каждой исследуемой площадки. Данные представлены в виде средних арифметических значений и их среднеквадратических (стандартных) ошибок. Экспериментальные данные обработаны статистически с помощью компьютерных программ Microsoft Office Excel 2007 и Statistica 6.1.

Результаты и их обсуждение

По результатам экспериментов, физиологически активные вещества клена ясенелистного неоднзначно влияют на ростовые процессы исследуемых видов семян. Наибольшие показатели энергии прорастания и всхожести отмечены на исследуемых площадках наблюдений у донника лекарственного,

в сравнении с мятликом луговым. Так, на ПН1 и ПН2 значения у донника варьировали в пределах от 21 до 55%, у мятлика лугового – от 16 до 45%, что выше в 1,2–2 раза относительно контроля.

Отмечено, что на прорастание семян донника лекарственного и мятлика лугового положительно влияла вытяжка из почвы прикромовой зоны клена. Наибольшее количество семян исследуемых растений проросло в опаде прикромовой зоны клена ясенелистного по сравнению с подкромовой и внешней зонами. Всхожесть семян донника лекарственного, проращиваемого на ПН2, выше на 13% и 62% соответственно, в сравнении с ПН1 и ПН3. Семена мятлика, проращиваемого в опаде прикромовой зоны (ПН2), выше значений контрольной зоны (ПН3) на 105%, а подкромовой зоны (ПН2) – на 33% (рис. 1).

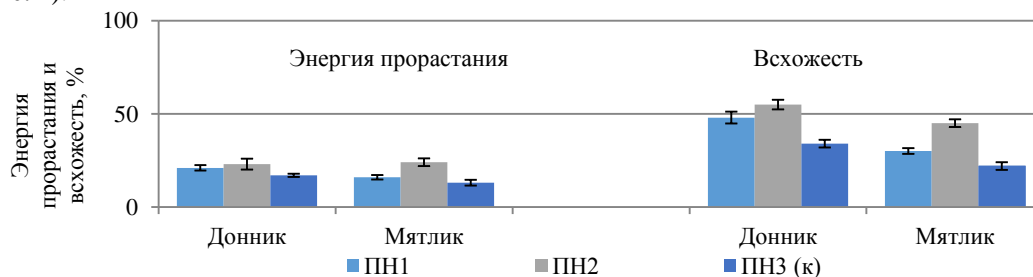


Рис. 1. Динамика прорастания тест-объектов в почве различных фитогенных зон клена ясенелистного

Некоторые авторы отмечают, что на прорастание семян мятлика лугового положительно влияла вытяжка из почвы подкромовой зоны клена [6]. Однако на другие виды растений клён может оказывать и ингибирующий эффект. Так, согласно данным Ю.А. Ерёмченко, физиологически активные вещества, содержащиеся в почве под кронами *Acer negundo* L., действовали на культурные растения, в основном, как ингибиторы роста.

Как известно, высота растений является одним из интегральных показателей, отражающих состояние роста проростков растений, и между высотой и воздушно-сухой массой вещества растений существует положительная тесная взаимосвязь [7]. Эксперимент показал, что первым пророс донник лекарственный на всех площадках наблюдений, затем появились всходы мятлика лугового. Отмечено, что у донника лекарственного биометрические показатели выше, чем у мятлика лугового, особенно на ПН1. Сравнительная характеристика травянистых растений на исследуемых площадках наблюдений показала, что на ростовые процессы тест-культур оказали значительный стимулирующий эффект почвы подкромовой и прикромовой зон клена ясенелистного, в сравнении с внешней контрольной зоной. Наибольшие отличия от контроля по высоте и сухой массе растений отмечены у донника лекарственного. Так, высота проростков донника, выращиваемых в почве подкромовой зоны (ПН1), составила 22,67 см, в почве прикромовой зоны (ПН2) – 15,72 см, что выше в 2 и 1,4 раза соответственно, чем у проростков контрольной зоны. У донника в подкромовой зоне масса растений выше в 2,1 раза, в прикромовой зоне – в 2 раза относительно контроля (рис. 2).

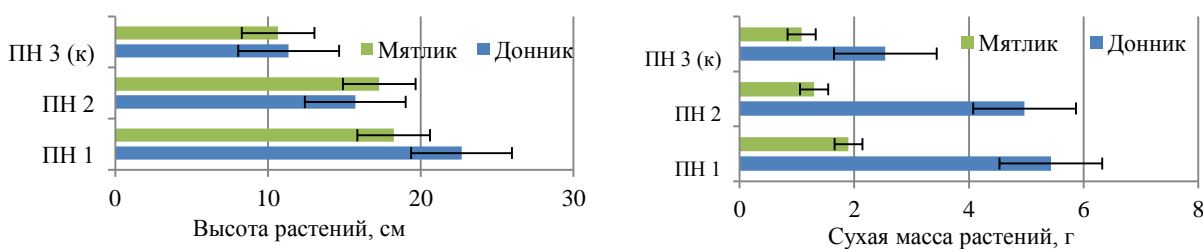


Рис. 2. Биометрические показатели тест-объектов в различных фитогенных зонах клена ясенелистного

Заключение

Аллелопатически активные вещества, содержащиеся в опаде и почве клена ясенелистного, оказывали положительное действие на прорастание семян и проростков донника лекарственного и мятлика лугового, особенно в прикромовой зоне. Следовательно, данные виды обладают аллелопатической устойчивостью к воздействию клонов клена ясенелистного и обладают положительной реакцией на его фитогенные зоны. Вероятно, донник лекарственный и мятлик луговой, обладающие экологической пластичностью и приспособленностью к обитанию в условиях естественного ареала, определяются не только аллелопатическим влиянием корневых выделений клена, но и, в большей мере, факторами внешней среды в трансформированных растительных сообществах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воскресенская О. Л., Алябшышева Е. А., Половникова М. Г. Большой практикум по биоэкологии. Йошкар-Ола, 2006.
2. Гродзинский А. М. Некоторые проблемы изучения аллелопатического взаимодействия растений // Взаимодействие растений и микроорганизмов в фитоценозах: Сб. науч. тр. Киев: Наукова думка, 1977. С. 3–12.
3. Гусев А. П., Шпилевская Н. С., Веселкин Д. В. Воздействие *Acer negundo* L. на восстановительную сукцессию в ландшафтах Беларуси // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. 2017. № 1(94). С. 47–53. <https://lib.vsu.by/jspui/handle/123456789/10500>
4. Ерёмченко Ю. А. Аллелопатические свойства адвентивных видов древесно-кустарниковых растений // Промышленная ботаника. 2012. Вып. 12. С. 188–193.
5. Ерёмченко Ю. А. Аллелопатическая активность инвазионных древесных видов // Российский журнал биологических инвазий. 2014. Т. 7. № 2. С. 33–39.
6. Жидкова Е. Н., Хайченко Е. С., Бурцева Л. С. Влияние вытяжки из почвы подкоронового пространства деревьев и кустарников на прорастание и развитие семян некоторых видов газонных трав // Потенциал современной науки. 2016. № 5. С. 31–37.
7. Карманова И. В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений. М.: Наука, 1976.
8. Лебедев В. М., Лебедев Е. В. Вопросы аллелопатии в лесных фитоценозах – состояние и перспективы // Агрохимия. 2015. № 4. С. 85–91.
9. Лозбякова А. И., Степанов М. В. Биотестирование химического влияния опада листьев древесных растений // Научный альманах. 2018. № 6-2(44). С. 104–109.
10. Матвеев Н. М. Аллелопатия как фактор экологической среды. Самара, 1994.
11. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести: ГОСТ 12038-84. М.: Стандартинформ, 2011.
12. Anaya A. L. et al. Plant-mycorrhizae and endophytic fungi interactions: broad spectrum of allelopathy studies // Allelopathy. 2013. P. 55–80. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30595-5_4
13. Del Fabbro C., Prati D. Invasive plant species do not create more negative soil conditions for other plants than natives // Perspectives in plant ecology, evolution and systematics. 2015. Vol. 17. № 2. P. 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2015.02.002>

REFERENCES

1. Voskresenskaya, O. L., Alyabysheva, E. A., Polovnikova, M. G. (2006). Bol'shoi praktikum po bioekologii. Yoshkar-Ola. (In Russian)
2. Grodzinskiy, A. M. (1977). Nekotorye problemy izucheniya allelopaticeskogo vzaimodeistviya rastenii. In *Vzaimodeistvie rastenii i mikroorganizmov v fitotsenozakh: sbornik nauchnykh trudov* Kiev. 3-12. (In Russian)
3. Gusev, A. P., Shpilevskaya, N. S., & Veselkin, D. V. (2017). Vozdeistvie *Acer negundo* L. na vosstanovitel'nyuyu suksessiuyu v landshaftakh Belarusi [Impact of *Acer negundo* L. on Regenerative Succession in Landscapes of Belarus]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo universiteta [Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта]*, 1(94), 47-53. <https://lib.vsu.by/jspui/handle/123456789/10500> (In Russian)
4. Yeriomenko, Yu. A. (2012). Allelopaticheskie svoistva adventivnykh vidov drevesno-kustarnikovykh rastenii [Allelopathic features of the adventitious woody and shrub plants]. *Promyshlennaya botanika [Industrial botany]*, 12, 188-193. (In Russian)
5. Yeriomenko, Yu. A. (2014). Allelopaticheskaya aktivnost' invazionnykh drevesnykh vidov [Allelopathic Activity of Invasive arboreal species]. *Rossiiskii zhurnal biologicheskikh invazii*, 7(2), 33-39. (In Russian)
6. Zhidkova, E. N., Khaichenko, E. S., & Burtseva, L. S. (2016). Vliyanie vytyazhki iz pochvy podkronovogo prostanstva derev'ev i kustarnikov na prorastanie i razvitie semyan nekotorykh vidov gazonnykh trav [Trees and Bushes crown soil extraction effect on the seeds' germination and development of some types of lawn grasses]. *Potentsial sovremennoi nauki*, (5), 31-37. (In Russian)
7. Karmanova, I. V. (1976). Matematicheskie metody izucheniya rosta i produktivnosti rastenii. Moscow. (In Russian)
8. Lebedev, V. M., & Lebedev, E. V. (2015). Voprosy allelopatii v lesnykh fitotsenozakh-sostoyanie i perspektivy [Questions of allelopathy in forest phytocenoses - state and prospects]. *Agrokhimiya [Agrochimia]*, (4), 85-91. (In Russian)
9. Lozbyakova, A. I., Stepanov, M. V. (2018). Biotestirovanie khimicheskogo vliyaniya opada list'ev drevesnykh rastenii [Biotesting of chemical effects of falling leaves of woody plants]. *Scientific Almanac*, 6-2(44), 104-109. (In Russian)
10. Matveev, N. M. (1994). Allelopatiya kak faktor ekologicheskoi sredy. Samara. (In Russian)
11. Semena sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti: GOST 12038-84. (2011). Moscow. (In Russian)
12. Anaya, A. L., Saucedo-García, A., Contreras-Ramos, S. M., & Cruz-Ortega, R. (2013). Plant-mycorrhizae and endophytic fungi interactions: broad spectrum of allelopathy studies. In *Allelopathy*, 55-80. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30595-5_4
13. Del Fabbro, C., & Prati, D. (2015). Invasive plant species do not create more negative soil conditions for other plants than natives. *Perspectives in plant ecology, evolution and systematics*, 17(2), 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2015.02.002>

Цандекова О. Л. Роль аллелопатического влияния *Acer Negundo* L. на рост травянистых растений // Вестник Нижегородского государственного университета. 2020. № 1. С. 15–18. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/03>

Tsandekova, O. L. (2020). The role of allelopathic influence of *Acer Negundo* L. on the growth of herbaceous plants. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 15–18. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/03>

Н. А. Дьякова

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ ЦВЕТКОВ ПИЖМЫ ОБЫКНОВЕННОЙ

N. A. Dyakova

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF MEDICINAL VEGETABLE RAW MATERIALS OF THE VORONEZH REGION ON THE EXAMPLE OF FLOWERS OF A TANSY ORDINARY

Аннотация. Цель исследования — изучение загрязнения тяжелыми металлами лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной, собранных в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие. Исследование проводилось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД по фармакопейным методикам, изучалось накопление тяжелых металлов (свинца, ртути, кадмия, никеля, меди, цинка, кобальта, хрома) и мышьяка в 51 образце цветков пижмы обыкновенной. Все образцы удовлетворяют имеющимся требованиям нормативной документации по содержанию нормируемых тяжелых металлов (свинца, кадмия, ртути) и мышьяка. Сравнивая данные по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона и содержание этих элементов в цветках пижмы обыкновенной, можно утверждать о наличии значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в генеративных органах растения, что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Оказалось, пижма обыкновенная способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (например, такие как медь и цинк), в том случае, если их содержание в окружающей среде ниже некоторого жизненно важного уровня; при значительном же содержании данных элементов в почвах растение также физиологически блокирует их поступление в цветки. На основании этого можно предполагать, что для пижмы обыкновенной в условиях антропогенной нагрузки происходит формирование эдафотипа, формирующегося в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям. Результаты исследований показали, что цветки пижмы обыкновенной незначительно накапливают токсические элементы из почв, что важно при планировании мест заготовки лекарственного растительного сырья и оценке его качества.

Ключевые слова: Воронежская область; цветки пижмы обыкновенной; тяжелые металлы.

Abstract. The article addresses to the problems of contamination by heavy metals of herbal substances in Voronezh Oblast, Russia. The object of the study was *Tanacetum Vulgare* gathered in urban and agro-ecosystems exposed to anthropogenic impact. The research was conducted by atomic absorption spectrophotometric method, using the MGA-915MD atomic absorption spectrometer in accordance with pharmacopoeia method. The study gave consideration to 51 samples of *Tanacetum Vulgare* contaminated by heavy metals (plumbum, mercury, cadmium, nickel, copper, zinc, cobalt, chromium) and arsenic. All samples meet the existing requirements, specified in reference documentation, in regards to norms of contained heavy metals (plumbum, cadmium, mercury) and arsenic. Comparing the data on the content of heavy metals in top soil of the region and the content of these elements in *Tanacetum Vulgare* blossoms, it can be argued that there exist some substantial physiological barriers preventing the plants from accumulation of ecotoxicants in their reproductive organs. It is most noticeable for such elements as plumbum, mercury, cadmium, cobalt and chromium. It appears that *Tanacetum Vulgare* is able to selectively absorb some heavy metals that penetrate into zymophore (e.g., copper and zinc) provided that their environmental content is below vital level. On the contrary, when the content of such elements in top soil was considerable, the plant blocked physiologically their penetration into the blossoms. Thereunder, it is fair to assume for *Tanacetum Vulgare* that, as a result of technological impact, the edaphotype forms and adapts to such environmental conditions. *Tanacetum Vulgare* blossoms accumulate toxic elements from top soil inconsiderably, which is important for procurement planning and assessment of herbal substances quality.

Key words: Voronezh oblast; *Tanacetum Vulgare* blossom; heavy metal.

Сведения об авторе: Дьякова Нина Алексеевна, ORCID: 0000-0002-0766-3881, канд. биол. наук, Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия, Ninotchka_V89@mail.ru

About the author: Dyakova Nina Alekseevna, ORCID: 0000-0002-0766-3881, Ph.D., Voronezh State University, Voronezh, Russia, Ninotchka_V89@mail.ru

Введение

Урбанизация – важнейшая социально-экологическая проблема современного мира [2; 23]. В процессе роста и становления городов природные экосистемы территорий, занимаемых ими и близлежащих к ним, постепенно изменяются, при этом формируются новые антропогенные экосистемы со своими особенностями техногенного воздействия, характеризующегося изменением состава атмосферного воздуха, почв и водных объектов [3; 4].

Воронежская область традиционно является важнейшим районом растениеводства и земледелия. Однако освоение минеральных ресурсов, активная химизация в сельском хозяйстве, последствия Чернобыльской аварии актуализировали вопрос снабжения пищевой промышленности безопасным и эффективным растительным сырьем. Некачественное растительное сырье и получаемые из него продукты являются важными источниками поступления различных экотоксикантов, особенно тяжелых металлов, в организм человека [10; 15; 18; 29].

Цель исследования – изучение загрязнения тяжелыми металлами лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной, собранных в урбо- и агроэкосистемах, испытывающих на себе различное антропогенное воздействие.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования были выбраны цветки пижмы обыкновенной (*Tanacetum vulgare* L.). Пижма обыкновенная является многолетним травянистым синантропным растением, произрастающим в Воронежской области повсеместно [8; 9; 30].

Выбор территорий для сбора образцов цветков пижмы обыкновенной обусловлен особенностями воздействия человека (рис. 1, табл. 1): промышленные химические предприятия (рис. 1: 23, 24, 28); теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) (рис. 1: 27); атомная электростанция (АЭС) (рис. 1: 8); аэропорт (рис. 1: 30); улица г. Воронежа (ул. Ленинградская) (рис. 1: 31); высоковольтные линии электропередач (ВЛЭ) (рис. 1: 9); городское водохранилище (рис. 1: 29); малые города с развитой инфраструктурой (Борисоглебск (рис. 1: 25), Калач (рис. 1: 26)); зона крупного месторождения сульфидных медно-никелевых руд (рис. 1: 4); районы, находящиеся в зоне загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС (рис. 1: 5–7); районы активной сельскохозяйственной деятельности (рис. 1: 10–22); в качестве сравнения (фона) – заповедные территории – Воронежский природный биосферный заповедник (рис. 1: 1), Хоперский государственный природный заповедник (рис. 1: 2, 3). Также проводили отбор верхних слоев почв вдоль и на удалении от дорог разной степени загруженности и в разных природных зонах: лесная зона (Рамонский район) (рис. 1: 32–35) – трасса М4 «Дон»; лесостепная зона (Аннинский район) (рис. 1: 36–39) – трасса А144 «Курск–Саратов»; степная зона (Павловский район) (рис. 1: 40–43) – трасса М4 «Дон», проселочная автомобильная дорога малой загруженности (Богучарский район) (рис. 1: 44–47) и железнодорожные пути (Рамонский район) (рис. 1: 48–51).

Анализ образцов цветков пижмы обыкновенной проводился на аналитическом комплексе на базе атомно-абсорбционного спектрометра МГА-915МД по фармакопейным методикам [5, с. 2370–2382; 17, с. 51–85). В образцах определяли концентрацию свинца, мышьяка, ртути, кадмия – эти наиболее токсичные элементы нормируются в растительном сырье и продуктах питания [13, с. 43–47; 14, с. 36–39]. Также изучено содержание в верхних слоях почв никеля, так как в Воронежской области в настоящее время рассматривается проект по добыче никеля открытым способом, что не может не повлиять на эколого-гигиеническую обстановку в регионе, поскольку для данного металла доказаны аллергенная и канцерогенная активность [24–26]. Кроме того в качестве изучаемых были выбраны такие токсичные металлы, как элемент 1 класса опасности – цинк и элементы 2 класса опасности – кобальт, хром и медь. Цинк имеет кумулятивный токсический эффект даже при незначительном его содержании; при отравлении им жалуются на раздражительность, бессонницу, желудочно-кишечное расстройство. Кобальт и его соединения вызывают одышку, токсически действуют на желудочно-кишечный тракт, а также на кожу, вызывая острые дерматиты. Соединения хрома оказывают на организм человека общее токсическое, аллергенное, канцерогенное действие, вызывают дерматиты и экземы при соприкосновении с кожей. Избыток меди приводит к цитотоксическим эффектам, чаще всего к циррозным поражениям печени, возникновению нервно-психических нарушений [27; 28; 31].

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в отобранных образцах цветков пижмы обыкновенной представлено в таблице 1.



Рис. 1. Карта отбора образцов (цифровые обозначения расшифрованы в тексте)

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов и мышьяка в образцах цветков *Tanacetum vulgare* L.

Место заготовки сырья	Концентрация тяжелых металлов, мг/кг								
	Pb	Hg	Cd	As	Ni	Cr	Co	Cu	Zn
Воронежский биосферный заповедник	0,12	отс.	0,02	0,02	2,02	0,14	0,16	3,74	18,50
Хоперский заповедник	0,10	отс.	0,03	0,03	1,78	0,25	0,16	5,36	19,60
Борисоглебский район	0,11	отс.	0,01	0,03	1,49	0,06	0,24	4,65	24,10
с. Елань-Колено	0,13	0,002	0,04	0,07	2,75	0,15	0,29	7,48	20,25
с. Нижнедевицк	0,17	отс.	0,02	0,03	2,19	0,19	0,17	8,58	25,26
г. Острогожск	0,14	0,003	0,02	0,07	2,71	0,11	0,26	9,60	27,59
г. Семилуки	0,17	0,002	0,04	0,06	1,93	0,43	0,20	9,85	25,75
г. Нововоронеж	0,12	0,003	0,01	0,09	1,69	0,37	0,11	3,40	19,50
ВЛЭ (Нововоронежский городской округ)	0,18	0,002	0,03	0,05	2,25	0,25	0,17	4,32	26,31
Лискинский р-н	0,19	0,003	0,03	0,08	1,82	0,33	0,29	8,52	18,40
Ольховатский р-н	0,12	отс.	0,02	0,09	1,79	0,29	0,19	6,53	20,11
Подгоренский р-н	0,20	отс.	0,03	0,05	2,37	0,18	0,30	8,50	19,53
Петропавловский р-н	0,18	0,003	0,04	0,04	2,12	0,27	0,15	9,13	22,50
Грибановский р-н	0,22	0,003	0,04	0,10	2,02	0,41	0,31	7,60	25,15
Хохольский р-н	0,18	отс.	0,03	0,02	1,84	0,19	0,21	8,31	25,91
Новохоперский р-н	0,20	0,003	0,04	0,06	2,12	0,20	0,24	5,89	19,36
Репьевский р-н	0,20	отс.	0,03	0,05	2,04	0,37	0,19	6,68	22,63
Воробьевский р-н	0,16	отс.	0,02	0,06	2,13	0,19	0,15	9,58	20,18
Панинский р-н	0,10	0,002	0,03	0,11	1,94	0,29	0,12	4,65	25,80
Верхнехавский р-н	0,18	0,003	0,04	0,09	1,85	0,32	0,19	8,42	19,37
г. Эртиль	0,17	0,002	0,02	0,07	1,78	0,41	0,20	6,79	24,91
Россошанский район	0,13	отс.	0,02	0,05	2,57	0,24	0,32	8,20	20,03
Вблизи ОАО «Минудобрения» (г. Россошь)	0,14	0,003	0,07	0,04	3,48	0,64	0,43	10,64	55,72
Вблизи ООО «Бормаш» (г. Поворино)	0,33	0,003	0,08	0,04	4,07	0,48	0,46	9,42	42,60

Окончание таблицы 1

г. Борисоглебск	0,17	0,003	0,06	0,03	2,22	0,52	0,32	8,49	33,08
г. Калач	0,20	0,003	0,05	0,09	3,60	0,63	0,39	8,70	40,90
Вблизи ТЭЦ «ВОГРЭС» (г. Воронеж)	0,19	0,003	0,06	0,04	1,76	0,87	0,53	9,52	41,72
Вблизи ООО «Сибур» (г. Воронеж)	0,18	0,002	0,03	0,04	1,68	0,59	0,50	10,15	48,94
Вдоль водохранилища (г. Воронеж)	0,22	отс.	0,04	0,03	2,49	0,35	0,19	5,19	24,81
Вблизи аэропорта	0,30	0,003	0,05	0,09	2,94	0,60	0,38	10,63	21,95
Ул. Ленинградская (г. Воронеж)	0,25	0,002	0,06	0,07	3,07	0,92	0,58	11,54	53,20
Вдоль трассы М4 (Рамонский р-н)	0,27	0,002	0,07	0,10	3,72	0,85	0,53	13,92	45,83
100 м от М4 (Рамонский р-н)	0,25	0,003	0,07	0,06	3,34	0,78	0,48	10,64	31,70
200 м от М4 (Рамонский р-н)	0,19	0,003	0,04	0,03	2,52	0,51	0,22	8,27	21,96
300 м от М4 (Рамонский р-н)	0,19	0,003	0,04	0,03	2,05	0,43	0,22	8,05	25,80
Вдоль трассы А144 (Аннинский р-н)	0,25	0,002	0,05	0,09	3,85	0,94	0,53	12,84	40,40
100 м от А144 (Аннинский р-н)	0,22	0,003	0,05	0,06	3,03	0,74	0,42	10,99	31,75
200 м от А144 (Аннинский р-н)	0,20	0,003	0,03	0,04	2,73	0,63	0,38	9,42	29,60
300 м от А144 (Аннинский р-н)	0,17	0,003	0,03	0,02	2,01	0,59	0,30	7,49	28,00
Вдоль трассы М4 (Павловский р-н)	0,27	0,003	0,06	0,06	2,85	0,83	0,48	10,97	42,07
100 м от М4 (Павловский р-н)	0,24	0,003	0,05	0,06	2,71	0,63	0,44	11,37	40,06
200 м от М4 (Павловский р-н)	0,21	0,003	0,04	0,03	2,23	0,62	0,46	8,50	36,62
300 м от М4 (Павловский р-н)	0,20	0,003	0,04	0,02	1,72	0,62	0,39	8,36	25,74
Вдоль нескоростной дороги (Богучарский р-н)	0,17	0,003	0,03	0,04	2,14	0,35	0,34	8,99	32,08
100 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н)	0,16	отс.	0,03	0,04	1,93	0,29	0,32	7,98	30,96
200 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н)	0,16	отс.	0,02	0,02	1,72	0,25	0,33	8,26	27,63
300 м от нескоростной дороги (Богучарский р-н)	0,16	отс.	0,02	0,02	1,75	0,24	0,32	7,33	23,71
Вдоль железной дороги	0,25	0,002	0,03	0,12	2,85	0,84	0,58	12,80	49,04
100 м от железной дороги	0,19	0,003	0,03	0,10	2,73	0,64	0,38	9,52	32,10
200 м от железной дороги	0,14	0,003	0,02	0,07	2,01	0,38	0,32	8,10	26,09
300 м от железной дороги	0,14	0,002	0,02	0,04	2,00	0,27	0,34	8,35	23,57
Среднее значение	0,18	0,002	0,04	0,06	2,31	2,91	1,03	13,85	48,60
ПДК	6,0	0,1	1,0	0,5	-	-	-	-	-

Результаты исследования и их обсуждение

Концентрация свинца, кадмия, ртути и мышьяка в цветках пижмы обыкновенной не превысила предельно допустимых концентраций и оценивается крайне незначительно. Так, свинец в изучаемых образцах содержался в концентрации от 0,10 до 0,30 мг/кг, при этом его среднее содержание в почвах региона превышает указанные концентрации более чем в 30 раз [7]. Аналогичная картина наблюдается и для мышьяка: его содержание в отобранных цветках пижмы обыкновенной варьировало от 0,02 мг/кг до 0,12 мг/кг, при этом его содержание в верхних слоях почв Воронежской области фиксировалось в диапазоне 0,55–3,81 мг/кг [7], что также в десятки раз превышает содержание токсичного элемента в сырье. Концентрация ртути в цветках пижмы обыкновенной в отобранных образцах находилась в диапазоне от 0 (ниже предела определения) до 0,003 мг/кг, что более чем в 20 раз меньше содержания элемента в почве [7]. Кадмий содержался в изучаемых образцах сырья в концентрации от 0,01 до 0,07 мг/кг, что также значительно меньше концентраций кадмия в верхних слоях почв региона, которые отмечаются на уровне 0,02–0,71 мг/кг [7]. Объяснить такое низкое накопление данных элементов, для которых широко описаны мутагенные и канцерогенные свойства, можно, по-видимому, наличием в растительном организме барьерных механизмов защиты транспорта токсикантов в ткани цветка, в котором протекает мейоз и образуются половые клетки [12; 16; 20–22].

Аналогичная картина отмечается по накоплению хрома и кобальта в цветках пижмы обыкновенной. Концентрация хрома в образцах варьирует от 0,06 до 0,94 мг/кг, а кобальта – от 0,11 до 0,58 мг/кг, при этом отличия в содержании данных элементов в образцах с территорий со значительной антропогенной нагрузкой и в контрольных (заповедных) образцах незначительны. Концентрация кобальта в верхних слоях почв исследуемых районов варьирует от 1,84 до 21,78 мг/кг, а содержание хрома – от 2,53 до 45,16 мг/кг, что в несколько десятков раз больше содержания данных элементов в изучаемом

сырье [6; 7]. Очевидно, их накоплению также препятствуют некоторые барьерные механизмы, защищающие ткани цветка от воздействия тяжелых металлов, способных оказать влияние на процесс размножения [1; 16].

Концентрация никеля в цветках пижмы обыкновенной имеет достаточно высокие значения в сравнении с другими элементами. Его содержание в среднем составляет 2,31, при этом варьирует от 1,69 до 4,07 мг/кг. Среднее содержание никеля в верхних слоях почв данных районов – 13,07 мг/кг [7]. То есть данный элемент также неактивно накапливается в цветках пижмы обыкновенной, вероятно, в результате наличия биохимического барьера, препятствующего избыточному концентрированию металла, однако, в сравнении с другими элементами (хром, кобальт и др.), уровень содержания никеля в цветках пижмы гораздо выше. Возможно, это связано с неспецифическим действием данного тяжелого металла на ряд ферментов, в том числе стимулирующих синтез флавоноидов, источником которых и являются цветки пижмы обыкновенной [11; 16; 26].

Содержание меди в цветках пижмы обыкновенной варьирует в диапазоне от 3,40 до 12,84 мг. Сравнивая эти данные с содержанием меди в верхних слоях почв соответствующих территорий [7], видим, что при низком содержании элемента в почве медь накапливается в цветках пижмы, даже в концентрациях, превышающих содержание ее в почве, что указывает на важную биохимическую роль элемента в тканях цветка (медь входит в состав многих оксидаз, регулирует большинство окислительно-восстановительных процессов) [16; 19; 31]. При значительном содержании меди в верхних слоях почв и даже превышающем предельно допустимые концентрации, сырье с соответствующих территорий не накапливает данный металл, его уровень колеблется в районе 8–12 мг/кг, что, по-видимому, является физиологической нормой для цветков пижмы обыкновенной.

Цинк содержался в изучаемых образцах цветков пижмы обыкновенной в концентрации от 18,50 до 49,04 мг/кг. Сравнивая полученные значения с данными по почвам [7], можно также отметить накопление элемента в концентрациях, превышающих содержание в верхних слоях почв, для районов, обедненных цинком (отмечено для контрольных территорий), что можно связать с важной биохимической ролью цинка (входит в состав ряда ферментов – РНК-полимеразы, карбоангидразы, дегидрогеназы и др., а также активирует такие ферменты как изомеразы, трансфосфорилаза, дегидрогеназа, альдолаза) [6; 16; 21; 31]. При этом сырье, произрастающее на почвах, загрязненных данным металлом, накапливало цинк в значительно меньшей степени (в 2–3 раза меньше, чем его содержалось в почве), что, вероятно, также связано с наличием физиологического барьера.

Заключение

Конкретный вид растения может служить в биоиндикационных целях. Были проанализированы свыше 50 образцов цветков пижмы обыкновенной, собранных в различных по уровню антропогенного воздействия районах Воронежской области, на предмет содержания тяжелых металлов и мышьяка. Все исследуемые образцы оказались соответствующими требованиям нормативной документации. Сравнивая данные по содержанию тяжелых металлов в верхних слоях почв региона и содержание этих элементов в цветках пижмы обыкновенной, можно утверждать о наличии значительных физиологических барьеров, препятствующих накоплению экотоксикантов в генеративных органах *Tanacetum vulgare* L., что особенно заметно для таких элементов, как свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, кобальт и хром. Оказалось, пижма обыкновенная способна избирательно концентрировать некоторые тяжелые металлы, входящие в активные центры ферментных систем (например, такие как медь и цинк), в том случае, если их содержание в окружающей среде ниже некоторого жизненно важного уровня; при значительном же содержании данных элементов в почвах растение также физиологически блокировало их поступление в цветки. На основании этого можно предполагать, что для пижмы обыкновенной в условиях антропогенной нагрузки происходит формирование эдафотипа, формирующегося в результате действия отбора в условиях техногенного загрязнения внешней среды и проявления адаптации к этим условиям. Результаты исследований показали, что цветки пижмы обыкновенной незначительно накапливают токсические элементы из почв, что важно при планировании мест заготовки лекарственного растительного сырья и оценке его качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бамбаева Е. Н., Даваева Ц. Д., Сангаджиева О. С., Сангаджиева Л. Х., Мучкинова Р. В. Экологический анализ химического состава почв и растений балок Ергеней // Астраханский вестник экологического образования. 2019. № 1(49). С. 79–86.
2. Битюкова В. Р., Касимов Н. С., Власов Д. В. Экологический портрет российских городов // Экология и промышленность России. 2011. № 4. С. 6–18.

3. Великанова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И. Анализ экологического состояния почв и оценка поглощения тяжелых металлов лекарственными растениями (горцем птичьим и подорожником большим) в городе Воронеже и его окрестностях // Экология урбанизированных территорий. 2012. № 4. С. 102–106.
4. Великанова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа. Lambert Academic Publishing. 2013.
5. Государственная фармакопея Российской Федерации. М.: ФЭМБ, 2018. Т. 2.
6. Мындра А. А., Дьякова Н. А., Кукуева Л. Л., Великанова Л. А. Особенности загрязнения почв Центрального Черноземья тяжелыми металлами // Сельскохозяйственный журнал. 2016. № 9. С. 391–395.
7. Дьякова Н. А., Самылина И. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П., Кукуева Л. Л., Мындра А. А., Шушунова Т. Г. Оценка экологического состояния образцов верхних слоев почв и корней одуванчика лекарственного, отобранных на территории Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2016. № 2. С. 119–126.
8. Дьякова Н. А. Особенности накопления природных и техногенных радионуклидов цветками пижмы обыкновенной из почв // Пища. Экология. Качество: Сб. тр. конф. Новосибирск, 2017. С. 200–205.
9. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Сравнение особенностей накопления основных токсических элементов цветками липы сердцевидной и пижмы обыкновенной // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. № 1. С. 148–154.
10. Дьякова Н. А., Сливкин А. И., Гапонов С. П. Оценка эффективности и безопасности лекарственного растительного сырья подорожника большого, собранного в Центральном Черноземье // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. № 1. С. 172–179.
11. Елагина Д. С., Архипова Н. С., Сибгатуллина М. Ш., Рязанов С. С. Содержание тяжелых металлов в горце птичьим и пижме обыкновенной в условиях урбанизированных территорий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. № 1. С. 57–66.
12. Зайцева М. В., Кравченко А. Л., Стекольников Ю. А., Сотников Б. А. Тяжелые металлы в системе почва–растение в условиях загрязнения // Ученые записки Орловского государственного университета. 2013. № 3(53). С. 190–192.
13. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва – растение. Новосибирск: Наука, 1991.
14. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М., 1989.
15. Минкина Т. М. и др. Влияние аэротехногенных выбросов на содержание тяжелых металлов в травянистых растениях Нижнего Дона // Почвоведение. 2017. № 6. С. 759–768. <https://doi.org/10.7868/80032180X17060077>
16. Немерешина О. Н., Гусев Н. Ф., Петрова Г. В., Шайхутдинова А. А. Некоторые аспекты адаптации *Polygonum aviculare* L. к загрязнению почвы тяжелыми металлами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2012. Т. 33. № 1-1. С. 230–234.
17. Обухов А. И. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. М., 1991.
18. Осипова Н. А., Языков Е. Г., Янкович Е. П. Тяжелые металлы в почве и овощах как фактор риска для здоровья человека // Фундаментальные исследования. 2013. Т. 3. № 8. С. 681–686.
19. Попп Я. И., Бокова Т. И. Содержание меди в лекарственных растениях, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 3(23). С. 100–107.
20. Попп Я. И., Бокова Т. И. Содержание кадмия в лекарственных растениях, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 3(126). С. 105–113.
21. Попп Я. И., Бокова Т. И. Содержание цинка, меди и кадмия в различных видах лекарственных растений, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2017. № 1. С. 84–92.
22. Семенова И. Н., Сингизова Г. Ш., Зулкарнаев А. Б., Ильбулова Г. Ш. Влияние меди и свинца на рост и развитие растений на примере *Anethum graveolens* L. // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. С. 588–588.
23. Таирова А. Р., Кузнецов А. И. Химические элементы в биосфере // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 10. С. 116–116.
24. Alekseenko V., Alekseenko A. The abundances of chemical elements in urban soils // Journal of Geochemical Exploration. 2014. Vol. 147. P. 245–249. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.08.003>
25. Alekseenko V. A., Laverov N. P., Alekseenko A. V. The Clarke numbers of chemical elements in the urban landscapes soils // Ecologica. 2012. V. 65. P. 3–9.
26. Austenfeld F. A. Zur Phytotoxizität von Nickel-und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L // Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde. 1979. Vol. 142. № 6. P. 786–791. <https://doi.org/10.1002/jpln.19791420604>
27. Buszewski B., Jastrzębska A., Kowalkowski T., Górna-Binkul A. Monitoring of selected heavy metals uptake by plants and soils in the area of Toruń, Poland // Pol. J. Environ. Stud. 2000. Vol. 9. № 6. P. 511–515.
28. Cataldo D. A., Wildung R. E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants // Environmental Health Perspectives. 1978. Vol. 27. P. 149–159. <https://doi.org/10.1289/ehp.7827149>
29. D'yakova N. A., Samylyna I. A., Slivkin A. I., Gaponov S. P., Myndra A. A. Estimated heavy-metal and arsenic contents in medicinal plant raw materials of the Voronezh region // Pharmaceutical Chemistry Journal. 2018. Vol. 52. № 3. P. 220–223. <https://doi.org/10.1007/s11094-018-1797-2>
30. Hordiei K. R., Gontova T. M., Zolotaikina M. Y. The study on the elemental composition of the feverfew herb (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz bip.) // News of Pharmacy. 2018. № 3(95). P. 25–29. <https://doi.org/10.24959/nphj.18.2216>
31. Schützendubel A., Polle A. Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization // Journal of experimental botany. 2002. Vol. 53. № 372. P. 1351–1365. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1351>

REFERENCES

1. Bambaeva, E. N., Davaeva, C. D., Sangadzhieva, O. S., Sangadzhieva, L. Kh., & Muchkinova, R. V. (2019). Ekologicheskii analiz khimicheskogo sostava pochv i rastenii balok Ergenei [Ecological analysis of the Chemical composition of Soils and Plants beams Yergeni]. *Astrakhan Bulletin for Environmental Education*, 1(49), 79-86. (In Russian)
2. Bitukova, V. R., Kasimov, N. S., & Vlasov, D. V. (2011). Ekologicheskii portret rossiiskikh gorodov. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, (4), 6-18. (In Russian)
3. Velikanova, N. A., Gaponov, S. P., & Slivkin, A. I. (2012). Analiz ekologicheskogo sostoyaniya pochv i otsenka pogloshcheniya tyazhelykh metallov lekarstvennymi rasteniyami (gortsem ptich'im i podorozhnikom bol'shim) v gorode Voronezhe i ego okrestnostyakh [Analysis of the ecological condition of soils and assessment of absorption of heavy metals by medical plants (*Polygonum aviculare* and *Plantago major*) in the city of Voronezh and its suburbs]. *Ekologiya urbanizirovannykh territorii [Ecology of Urban areas]*, (4), 102-106. (In Russian)
4. Velikanova, N. A., Gaponov, S. P., Slivkin, A. I. (2013). Ekootsenka lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya v urbousloviyakh g. Voronezha. Lambert Academic Publishing. (In Russian)
5. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii. (2018). Moscow. (In Russian)
6. Myndra, A. A., D'yakova, N. A., Kukueva, L. L., & Velikanova, L. A. (2016). Osobennosti zagryazneniya pochv Tsentral'nogo Chernozem'ya tyazhelymi metallami [Features of soils pollution of the central chernozem region with heavy metals]. *Sel'skokhozyaistvennyi zhurnal [Agricultural Journal]*, 1(9), 391-395. (In Russian)
7. Dyakova, N. A., Samylina, I. A., Slivkin, A. I., Gaponov, S. P., Kukuev, L. L., Mindra, A. A., & Shushunova, T. G. (2016). Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya obraztsov verkhnikh sloev pochv i kornei oduvanchika lekarstvennogo, otobran-nykh na territorii Voronezhskoi oblasti. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, (2), 119-126. (In Russian)
8. Dyakova, N. A. (2017). Osobennosti nakopleniya prirodnykh i tekhnogennykh radionuklidov tsvetkami pizhmy obyknovnoy iz pochv [Features of accumulation of natural and technogenic radionuclides flowers of pizhma ordinary of soils]. *Pishcha. Ekologiya. Kachestvo: sbornik trudov konferentsii. Novosibirsk*, 200-205. (In Russian)
9. Dyakova, N. A., Slivkin, A. I., & Gaponov, S. P. (2017). Svrnenie osobennostei nakopleniya osnovnykh toksicheskikh elementov tsvetkami lipy serdtsevidnoi i pizhmy obyknovnoy. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, (1), 148-154. (In Russian)
10. Dyakova, N. A., Slivkin, A. I., & Gaponov, S. P. (2018). Otsenka effektivnosti i bezopasnosti lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ya podorozhnik bol'shogo, sobrannogo v Tsentral'nom Chernozem'e [Assessment of efficiency and safety of medicinal vegetable raw materials of the *Plantago major*, collected in the central black earth]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, (1), 172-179. (In Russian)
11. Elagina, D. S., Arkhipova, N. S., Sibgatullina, M. Sh., & Ryazanov, S. S. (2017). Soderzhanie tyazhelykh metallov v gortse ptich'em i pizhme obyknovnoy v usloviyakh urbanizirovannykh territorii [Content of heavy metals in knot grass (*Polygonum aviculare* L.) and ginger plant (*Tanacetum vulgare* L.) under urban land conditions]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya [Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy]*, (1), 57-66. (In Russian)
12. Zaytseva, M. V., Kravchenko, A. L., Stekolnikov, Yu. A., & Sotnikov, B. A. (2013). Heavy metals in soil a plant in pollution. *Scientific notes of Orel State University*, 3(53), 190-192. (In Russian)
13. Ilin, V. B. (1991). Tyazhelye metally v sisteme pochva – rastenie. Novosibirsk. (In Russian)
14. Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (1989). Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh. Moscow. (In Russian)
15. Minkina, T. M., Mandzhieva, S. S., Chaplygin, V. A., Burachevskaya, M. V., Bauer, T. V., Sushkova, S. N., Nevidomskaya, D. G., & Motuzova, G. V. (2017). Vliyanie aerotekhnogennykh vybrosov na sodержanie tyazhelykh metallov v travyanistykh rasteniyakh Nizhnego Dona [Effect of aerotechnogenic emissions on the content of heavy metals in herbaceous plants of the Lower Don region]. *Eurasian Soil Science*, 6(50), 746-755. <https://doi.org/10.7868/80032180X17060077> (In Russian)
16. Nemereshina, O. N., Gusev, N. F., Petrova, G. V., & Shaikhutdinova, A. A. (2012). Some aspects of *Polygonum aviculare* l. adaptation to soil contamination with heavy metals. *Scientific notes of Orel State University*, 1(33), 230-234. (In Russian)
17. Obukhov, A. I. (1991). Atomno-absorbtsionnyi analiz v pochvenno-biologicheskikh issledovaniyakh. Moscow. (In Russian)
18. Osipova, N. A., Yazikov, E. G., & Yankovich, E. P. (2013). Tyazhelye metally v pochve i ovoshchakh kak faktor riska dlya zdorov'ya cheloveka [Heavy metals in soil and vegetables as a risk factor for health of consumers]. *Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research]*, 3(8), 681-686. (In Russian)
19. Popp, Ya. I., & Bokova, T. I. (2016). Soderzhanie medi v lekarstvennykh rasteniyakh, proizrastayushchikh v poimakh rek Irtysha i Obi [Cu content in medicinal plants growing in the floodplains of the rivers Irtysh and Ob]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Omsk State Agrarian University]*, 3(23), 100-107. (In Russian)
20. Popp, Y. I., & Bokova, T. I. (2017). The content of Cd in medicinal plants growing in the floodplains of the Rivers Irtysh and Ob. *The Bulletin of KrasGAU*, 3(126), 105-113. (In Russian)
21. Popp, Ya. I., & Bokova, T. I. (2017). Soderzhanie tsinka, medi i kadmiya v razlichnykh vidakh lekarstvennykh rastenii, proizrastayushchikh v poimakh rek Irtysha i Obi [Concentration of zinc, cuprum and cadmium in different types of medical plants growing in the Irtysh and Ob floodplains]. *Vestnik NGAU (Novosibirskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet) [Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)]*, (1), 84-92. (In Russian)
22. Semenova, I. N., Singizova, G. Sh., Zulkaranaev, A. B., & Ilbulova, G. Sh. (2015). Vliyanie medi i svintsa na rost i razvitiye rastenii na primere *Anethum graveolens* L. [Effects of copper and lead to growth and development of plants for example *Ane-*

thum graveolens L.]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], (3), 588-588. (In Russian)

23. Tairova, A. R., & Kuznetsov, A. I. (2010). Khimicheskie elementy v biosfere. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, (10), 116-116. (In Russian)

24. Alekseenko, V., & Alekseenko, A. (2014). The abundances of chemical elements in urban soils. *Journal of Geochemical Exploration*, 147, 245-249. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2014.08.003>

25. Alekseenko, V. A., Laverov, N. P., & Alekseenko, A. V. (2012). The Clarke numbers of chemical elements in the urban landscapes soils. *Ecologica*, 65, 3-9.

26. Austenfeld, F. A. (1979). Zur Phytotoxizität von Nickel-und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 142(6), 786-791. <https://doi.org/10.1002/jpln.19791420604>

27. Buszewski, B., Jastrzębska, A., Kowalkowski, T., & Górna-Binkul, A. (2000). Monitoring of selected heavy metals uptake by plants and soils in the area of Toruń, Poland. *Pol. J. Environ. Stud.*, 9(6), 511-515.

28. Cataldo, D. A., & Wildung, R. E. (1978). Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants. *Environmental Health Perspectives*, 27, 149-159. <https://doi.org/10.1289/ehp.7827149>

29. D'yakova, N. A., Samylina, I. A., Slivkin, A. I., Gaponov, S. P., & Myndra, A. A. (2018). Estimated heavy-metal and arsenic contents in medicinal plant raw materials of the Voronezh region. *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 52(3), 220-223. <https://doi.org/10.1007/s11094-018-1797-2>

30. Hordiei, K. R., Gontova, T. M., & Zolotaikina, M. Y. (2018). The study on the elemental composition of the feverfew herb (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz bip.). *News of Pharmacy*, 3(95), 25-29. <https://doi.org/10.24959/nphj.18.2216>

31. Schützendubel, A., & Polle, A. (2002). Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization. *Journal of experimental botany*, 53(372), 1351-1365. <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1351>

Дьякова Н. А. Экологическая оценка лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 19–26. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/04>

Dyakova, N. A. (2020). Ecological assessment of medicinal vegetable raw materials of the Voronezh region on the example of flowers of a tansy ordinary. *Bulletin of Nizhneartovsk State University*, (1), 19–26. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/04> (In Russian)

дата поступления: 02 июля 2019 г

дата принятия: 29 октября 2019 г.

© Дьякова Н.А.

УДК 582.58.056:631.5(411.15)

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/05>

А. П. Максимов, Н. Н. Трикоз, М. С. Ковалев

ОСОБЕННОСТИ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ БАМБУКОВ (*BAMBUSA* SCHREB.) НА ЮЖНОМ БЕРЕГУ КРЫМА

A. P. Maksimov, N. N. Trikoz, M. S. Kovalev

FEATURES OF THE CULTIVATION OF BAMBOO (*BAMBUSA* SCHREB.) ON THE SOUTHERN COAST OF CRIMEA

Аннотация. Впервые проведено обобщение многолетнего производственного опыта культивирования бамбуков в Крыму и на Кавказе. На основании изучения биологии и экологии бамбуков даны рекомендации по их использованию в озеленении юга России и прежде всего ЮБК и ЧПК. Зимостойкость бамбуков во многом зависит от почвенных и микроклиматических условий. Неправильный уход за насаждениями также может привести к снижению морозостойкости отдельных особей. Лучшими для культуры бамбуков являются равнинные участки по берегам речек и ручьев. На ветреных местах рекомендуется закладывать ветрозащитные полосы. В местностях с ярко выраженным холмистым рельефом благоприятными для бамбуков могут считаться восточные и северные склоны крутизной до 15–20°, а также балки и влажные

Abstract. For the first time, a summary of long-term production experience in the cultivation of bamboo in the Crimea and the Caucasus was carried out. Based on the study of the biology and ecology of bamboo, recommendations were given on their use in gardening in southern Russia and, above all, on the Southern Coast of Crimea and on the Caucasian Riviera. Winter hardiness of bamboos largely depends on soil and microclimatic conditions. Improper planting care can also lead to a decrease in the frost resistance of individuals. The best for the culture of bamboo are flat areas along the banks of rivers and streams. It is recommended to lay windbreaks on windy places. In areas with a pronounced hilly terrain, eastern and northern slopes of steepness up to 15–20° can be considered favorable for bamboos, as well as beams and

ущелья, где нет застоя холодного воздуха. Бамбуки лучше всего растут и развиваются на богатых и хорошо дренируемых суглинистых почвах с нейтральной реакцией среды. На щелочных и очень кислых почвах, а также заболоченных (с застойным увлажнением) и каменистых участках бамбуки растут плохо. Лучшими для бамбуков могут считаться типы почв, образовавшиеся на аллювии речных наносов а также на делювии приподозвенных участков холмов и балок. По характеру цветения и плодоношения бамбуки делятся на 3 группы: 1 – монокарпические (виды родов *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Thamnocalamus* и др.); 2 – поликарпические (виды родов *Sasa*, *Pseudosasa* и др.); 3 – переходные между ними (виды родов *Phyllostachys*, *Semiarundinaria*). Размножаются бамбуки семенами и отделением корневищ. Даны рекомендации по созданию, содержанию, культивированию и защите бамбуков от энтомофитовредителей и грибных заболеваний на ЮБК и ЧПК.

Ключевые слова: Бамбук (*Bambusa* Schreb.); особенности культивирования; зимостойкость; почвенные условия; рельеф участков; характер цветения; монокарпики; поликарпики; переходные виды; размножение; грибные заболевания и энтомофитовредители; Южный берег Крыма; Черноморское побережье Кавказа.

Сведения об авторах: Максимов Александр Павлович, SPIN-код: 7620-2574, канд. биол. наук, Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Россия, cubric@mail.ru; Трикоз Наталья Николаевна, SPIN-код: 9683-1350, канд. биол. наук, Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Россия; Ковалев Максим Сергеевич, ORCID: 0000-0002-6318-8368, Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН, г. Ялта, Россия.

About the authors: Maksimov Alexander Pavlovich, SPIN-code: 7620-2574, PhD, Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia, cubric@mail.ru; Trikoz Natalya Nikolaevna, SPIN-code: 9683-1350, Ph.D., Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia; Kovalev Maxim Sergeevich, ORCID: 0000-0002-6318-8368, Order of the Red Banner of Labor Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Yalta, Russia.

Введение

Известно, что бамбуки являются одними из лучших декоративных древесных растений для озеленения курортов Черноморского побережья Кавказа (ЧПК) и Южного берега Крыма (ЮБК). Бамбук (*Bambusa* Schreb.) – род многолетних вечнозелёных растений семейства злаков, который включает в себя около 130 видов, растущих, в основном, в тропических и субтропических регионах Азии с муссонным климатом, особенно распространены во влажных тропиках [1]. Основным результатом исследований по изучению биологии и экологии бамбуков являются практические рекомендации по использованию экзотов в озеленении юга России и прежде всего ЮБК и ЧПК. Растущие темпы рекреационного освоения этих земель под курортное строительство, новые подходы к решению вопросов озеленения здравниц и формирования специализированных зон требуют и будут требовать дальнейшего совершенствования, расширения и частичной замены существующего ассортимента древесных растений, а следовательно, и усиления исследовательской работы по интродукции, испытанию и внедрению новых высокодекоративных видов и их форм в зелёные насаждения. Особый интерес в этой связи представляют однодольные древесные растения (ОДР), экзотический облик и высокая декоративность которых заслуживает особого внимания. Исследования по изучению биологии и экологии этой группы растений, в том числе и бамбуков, весьма актуальны и позволят разработать теоретические основы их интродукции и селекции для юга России. Работы по этой теме имеют научную новизну и большую практическую ценность. Цель настоящих исследований – обобщить опыт культивирования бамбуков в районах интродукции на территории России и разработать рекомендации по агротехнике создания и содержания насаждений, а также определить видовой состав и меры борьбы с паразитирующими на них энтомофитовредителями и грибными заболеваниями. Известно, что на юге России культура бамбуков возможна только на Кавказе и в Крыму. Курильские и сахалинские виды бамбуков в настоящей статье

нами не рассматриваются, так как они ещё не были здесь испытаны. Наиболее перспективным районом для культуры бамбуков на территории России является Большой Сочи [2]. На ЮБК они могут культивироваться в садах и парках только на ограниченных территориях при обеспечении их регулярным поливом. Считается, что культура бамбуков возможна в районах с абсолютным минимумом температур до -25°C . Однако, как показала практика культивирования, только некоторые виды выдерживают эти понижения без видимых повреждений.

Цель настоящей работы – обобщить практический опыт культивирования бамбуков, изучить их биологию и экологию в условиях интродукции в Крыму и на Кавказе, разработать технологии семенного и вегетативного размножения, определить видовой состав энтомовредителей и грибных заболеваний и меры борьбы с ними.

Объекты и методы исследования

В условиях интродукции бамбуки используются, в основном, как декоративные растения для садов и парков. Известно, что на ЮБК произрастает 8 видов и 1 садовая форма бамбуков: листоколосник бамбузовидный ф. Кастиллиона (*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc. var. *castillioni* (Marliac) Mak., 1900) листоколосник зелёно-голубой (*Phyllostachys viridiglaucescens* (Carrière) Rivière & C.Rivière, 1878); листоколосник чёрный (*Phyllostachys nigra* (Lodd. Ex Lindl.) Munro, 1868), листоколосник золотистый (*Phyllostachys aurea* Rivière & C.Rivière, 1878); листоколосник серый (*Phyllostachys nuda* McClure, 1945); многоветочник двурядный (*Pleioblastus distichus* (Mitford) Nakai, 1932), многоветочник Симона (*Pleioblastus simoni* (Riv.) Nakai, 1925), многоветочник злаковый (*Pleioblastus gramineus* (Bean) Nakai, 1925) и псевдосаза японская (*Pseudosasa japonica* (Sieb. et Zucc.) Mak., 1920), отнесённые к 3 родам: листоколосник (*Phyllostachys* Sieb. et Zucc.), многоветочник (*Pleioblastus* Nakai) и псевдосаза (*Pseudosasa* Makino et Nakai). Причём таксономический состав коллекции бамбуков в НБС насчитывает 6 видов и 1 садовую форму. Из ассортимента произрастающих на ЮБК видов и форм бамбуков в арборетуме НБС отсутствуют 2 вида – листоколосники: серый, который должен быть интродуцирован впервые, и золотистый, который должен быть реинтродуцирован повторно [2]. Объекты наших исследований – виды бамбуков, интродуцированные ранее и уже показавшие свою перспективность как в арборетуме Никитского ботанического сада (НБС), так и на ЮБК. Одним из методов исследований, прежде всего, стало обобщение полученного многолетнего опыта культивирования бамбуков в условиях интродукции в Крыму и на Кавказе. Видовой состав грибных заболеваний и энтомовредителей, а также степень их влияния на декоративность бамбуков определялись нами при проведении фитосанитарных обследований.

Результаты и обсуждение

При изучении биологических особенностей бамбуков было установлено, что зимостойкость растений во многом зависит от почвенных и микроклиматических условий, а также от высокого агротехнического ухода. Неправильный уход за насаждениями также может привести к снижению морозостойкости отдельных особей. Лучшими для культуры бамбуков являются равнинные участки по берегам речек и ручьев. На ветреных местах рекомендуется закладывать ветрозащитные полосы. В местностях с ярко выраженным холмистым рельефом благоприятными для бамбуков могут считаться восточные и северные склоны крутизной до $15-20^{\circ}$, а также балки и влажные ущелья, где нет застоя холодного воздуха. Бамбуки лучше всего растут и развиваются на богатых и хорошо дренируемых суглинистых почвах с нейтральной реакцией среды. На щелочных и очень кислых почвах, а также заболоченных (с застойным увлажнением) и каменистых участках бамбуки растут плохо. Лучшими для бамбуков могут считаться типы почв, образовавшиеся на аллювии речных наносов, а также на делювии приподовшенных участков холмов и балок. В таблице приводятся перспективные виды бамбуков для различных районов интродукции в России.

Бамбуки субтропического происхождения имеют целиком одревесневшие стебли, а тропического – иногда и частично. Одни виды образуют густые и ограниченные по площади заросли, другие – более редкие и широко разрастающиеся. Эта видоспецифическая особенность находится в зависимости от типа ветвления корневищ. У бамбуков с симподиальным ветвлением формируются короткие, компактные корневищные стебли, расположенные на расстоянии 1–5 см друг от друга у мелких видов и до 10 см у крупных. У бамбуков с моноподиальными, длинными корневищами стебли формируются на расстоянии нескольких десятков см друг от друга. Виды бамбуков по габитуальным характеристикам разделяются на 3 группы: 1 – высокие, со стеблями 20–30 и даже 60 м высотой при диаметре ствола 20–25 (30) см; 2 – средней высоты, со стеблями 3–12 м высотой при диаметре ствола 2–15 см; 3 – кустарниковые, со стеблями ниже 3 м и диаметром ствола около 1 см. По характеру цветения и плодоношения бамбуки делятся на 3 группы: 1 – монокарпические (виды родов *Bambusa*, *Dendrocalamus*,

Thamnocalamus и др.); 2 – поликарпические (виды родов *Sasa*, *Pseudosasa* и др.); 3 – переходные между ними (виды родов *Phyllostachys*, *Semiarundinaria*). Монокарпические бамбуки, как правило, тропического происхождения, поликарпические – из умеренно-тёплых зон, а бамбуки переходной формы являются уроженцами субтропических областей. Тропические виды бамбуков, как правило, имеют симподиальные корневища, а бамбуки субтропического и умеренно-тёплого климата – моноподиальные. Цветение и плодоношение бамбуков зависит от типа ветвления корневищ. Виды бамбуков с симподиальным ветвлением корневищ являются, как правило, монокарпическими и зацветают раз в 60 или 100 лет, а бамбуки с моноподиальными корневищами – поликарпическими и переходными, которые цветут ежегодно или периодически 1 раз в несколько лет. На ЧПК в районе Сочи имеются виды бамбуков как весеннего, так и осеннего роста, а на ЮБК только бамбуки весеннего роста. Виды бамбуков весеннего роста имеют корневища моноподиального типа, а осеннего – симподиального [3].

Таблица

**Перспективные виды бамбуков для различных районов
Черноморского побережья Кавказа и Южного берега Крыма**

*	Испытанные виды бамбуков	Примечания
1	<i>Bambusa: multiplex</i> (Lour.) Raeusch. ex Schult., 1830; <i>vulgaris</i> Schrad., 1808; <i>Sasa: tessellata</i> (Munro) Makino & Shibata, 1901; <i>palmata</i> (Burb.) E. G. Camus, 1913; <i>paniculata</i> (J.A.Schmidt) Makino & Shibata, 1931; <i>veitchii</i> (Carrière) Rehder, 1919; <i>kurilensis</i> (Rupr.) Makino & Shibata, 1901; <i>borealis</i> (Hack.) Makino & Shibata, 1901; <i>Pleioblastus: argenteostriatus</i> (Regel) Nakai, 1933; <i>fortunei</i> (Van Houtte) Nakai, 1933; <i>viridistriatus</i> (Regel) Makino, 1926; <i>Pseudosasa: hindsii</i> (Munro) C.D.Chu & C.S.Chao, 1996; <i>humilis</i> (Mitford) T.Q.Nguyen, 1991; <i>Fargesia nitida</i> (Mitford) Keng f. ex T.P.Yi, 1985; <i>murielae</i> (Gamble) T.P.Yi, 1983; <i>Semiarundinaria fastuosa</i> (Mitford) Makino, 1918; <i>Chimonobambusa marmorea</i> (Mitford) Makino, 1914; <i>Himalayacalamus falconeri</i> (Hook.f. ex Munro) Keng f., 1983; <i>Phyllostachys: edulis</i> (Carrière) J.Houz. 1906; <i>nigra</i> var. <i>henonis</i> (Mitford) Rendle, 1904; <i>aureosulcata</i> McClure, 1945; <i>bambusoides</i> Siebold & Zucc., 1843; <i>dulcis</i> McClure, 1945; <i>meyeri</i> McClure, 1945; <i>flexuosa</i> Rivière & C.Rivière, 1878; <i>Shibataea kumasasa</i> (Steud.) Makino, 1914; <i>Arundinaria gigantea</i> (Walter) Muhl., 1813	Все испытанные виды. Возможна интродукция новых видов, форм и родов
2	<i>Phyllostachys: bambusoides</i> var. <i>castillonii</i> (Marliac ex Carrière) Makino, 1900; <i>viridiglaucescens</i> (Carrière) Rivière & C.Rivière, 1878; <i>nigra</i> (Lodd. ex Lindl.) Munro, 1868; <i>aurea</i> Rivière & C.Rivière, 1878; <i>nuda</i> McClure, 1945; <i>Pleioblastus: distichus</i> (Mitford) Nakai, 1932; <i>simonii</i> (Carrière) Nakai, 1925; <i>gramineus</i> (Bean) Nakai, 1925; <i>Pseudosasa japonica</i> (Sieb. et Zucc.) Mak, 1920	Все испытанные виды. Возможна интродукция новых видов, форм и родов
3	<i>Phyllostachys: bambusoides</i> var. <i>castillonii</i> (Marliac ex Carrière) Makino, 1900; <i>viridiglaucescens</i> (Carrière) Rivière & C.Rivière, 1878; <i>nigra</i> (Lodd. ex Lindl.) Munro, 1868; <i>aurea</i> Rivière & C.Rivière, 1878; <i>nuda</i> McClure, 1945; <i>Pleioblastus: distichus</i> (Mitford) Nakai, 1932; <i>simonii</i> (Carrière) Nakai, 1925; <i>gramineus</i> (Bean) Nakai, 1925	Все испытанные виды

* Районы возможного произрастания бамбуков: 1 – районы Черноморского побережья Краснодарского края (Сочи); 2 – районы Черноморского побережья Краснодарского края (Туапсе – Лазаревское) и Южный берег Крыма (Ялта); 3 – районы Черноморского побережья Краснодарского края (Геленджик – Новомихайловское) и Крыма (Севастополь – Балаклава – Судак – Феодосия).

Благодаря суммарному росту интеркалярных (вставочных) меристем бамбуки растут необыкновенно быстро. За 1,5–2,0 месяца молодые стебли их вырастают до окончательных размеров взрослого растения и больше в высоту не растут. Скорость роста молодых стеблей у высоких видов бамбуков иногда достигает 70–80 см в сутки. Бамбуки, как правило, являются теневыносливыми растениями. Все они требовательны к влажности не только почвы, но и воздуха. Предпочитают рыхлую и богатую органическими веществами почву. Тропические виды бамбуков, как правило, не выдерживают температур ниже 0°C, виды из субтропических и умеренно теплых стран выдерживают морозы –15–20°C, а отдельные виды –30°C и более. Эти факты необходимо учитывать при интродукции бамбуков в более суровые условия их будущего произрастания. Опыт интродукции бамбука листоколосника сизозелёного (*Phyllostachys viridiglaucescens* (Carrière) Rivière & C.Rivière, 1878) в Симферополе показал, что на достаточно влажных и богатых почвах на ул. Речной в обычные зимы листья и стебли не повреждались, но в суровую зиму 2005/2006 гг. при –27°C вся роща вымерзла до уровня почвы. Однако весной эта роща восстановилась с началом роста новых стеблей. Следовательно, корневая система бамбуков более морозостойка, чем их надземная часть. То есть разница между сублетальной температурой, при которой отмерзает вся надземная часть, но растение восстанавливается, и летальной температурой,

при которой растение не восстанавливается (погибает), пока ещё не выяснена, но факт испытания бамбука листоколосника сизо-зелёного в условиях Симферополя свидетельствует о том, что она составляет более чем 5°C [4].

В условиях интродукции на Кавказе и в Крыму бамбуки являются высокоценными декоративными растениями. Бамбуковые рощи – это экзотическое украшение любого парка и сквера и место наиболее яркого эмоционального эстетического наслаждения. Необычный облик бамбуковых рощ всегда поражает воображение и вызывает огромный прилив творческой энергии для северного человека. На родине бамбуков ценится не только их высокая декоративность, но и возможность использования их древесины в народном хозяйстве. Известно, что большая часть видов бамбуков распространена в тропической зоне Северного и Южного полушарий, гораздо меньше их в субтропических областях, а в умеренных областях земного шара представлены лишь их единичные виды. Подавляющее число видов бамбуков естественно произрастает в Юго-Восточной Азии, меньше их в Америке и совсем мало в Африке. Это очень древние культурные растения, и установить точные границы между первичным и вторичным их ареалом практически невозможно. По высотному градиенту виды бамбуков встречаются до 3000 м н.у.м. в Гималаях и до 4500 м н.у.м. в Андах.

Размножаются бамбуки семенами и отделением корневищ. Семенное размножение листоколосника сизо-зелёного проводилось нами весной 1986 г. после сбора урожая семян осенью 1985 г. в парке «Монтедор» арборетума НБС. Грунтовая всхожесть семян составила 83%. Распикированные в 0,5-литровые горшки растения были использованы нами в дальнейшем для определения их морозостойкости в условиях эксперимента [5]. Вегетативное размножение бамбуков отделением корневищ проводится двумя способами: 1 – отделение корневищ с одним и более вегетативными стеблями; 2 – отделение корневищных черенков без стеблей. При первом способе на третий год вырастает уже сформированная рощица бамбука из новых побегов, которые достигают высоты взрослого растения. При втором способе аналогичный результат достигается только на пятый год. Фотосинтетическая деятельность стеблей и листьев, сопряженных с корневищами, способствует лучшему их развитию, большему заложению в них вегетативных стеблевых и корневых почек и увеличению энергии роста новых растущих стеблей. Именно поэтому при создании бамбуковых рощ наиболее рационально использовать саженцы с комом земли с одним или несколькими вегетативными побегами. При применении первого способа корневища выкапывают с комом земли размером 35x40 см со стеблями, выросшими из корневищ не старше 3 лет, и сажают на постоянное место. Густота размещения растений при посадке мелких видов должна составлять 2x3 м, для крупных – от 3x4 м до 4x4 м. Разбивку следует проводить в шахматном порядке. Размеры ям зависят от размера кома и для мелких видов бамбука составляют 50x50 см и 50x40 см, а для крупных 80x80x50 и 100x100x40 см. Лучшее время для посадки бамбуков – за месяц до начала роста стеблей. Возможна также и осенняя посадка в ноябре. Посадка саженцев со стеблем и комом земли или куском корневища является наиболее рациональной. Размеры кома в этом случае для мелких видов 30x30x30 см, для крупных – 50x50x40 см. Для лучшей приживаемости вершину стебля следует обрезать, оставив 3–5 пар боковых веточек. Приживаемость при использовании этого типа посадочного материала составляет до 100%. Через 5–7 лет бамбуковая роща достигает своей обычной высоты и соответствующей густоты. Однако отсутствие бамбуковых питомников не даёт возможности широко использовать такой вид посадочного материала. При посадке корневищ без стебля (второй способ) приживаемость посадок снижается до 60–70% и отдалается срок достижения стеблями оптимальных, биологически видоспецифичных габитуальных характеристик на 2–3 года. Основное требование – нельзя брать посадочный материал с зацветших плантаций бамбуков.

Подготовку почвы под закладку плантаций декоративного назначения рекомендуется проводить по следующей технологии: плантаж (осенний) на глубину до 70 см; выборка камней и других включений; внесение органических и минеральных удобрений; весенняя культивация почвы; предпосадочное дискование почвы. Копка ям проводится за 1–2 недели до посадки, которую нужно вести в пасмурные и дождливые дни. Перед посадкой на дно ямы необходимо внести 3–5 кг органических удобрений. Растения следует высаживать на том же уровне без большого заглубления. После посадки необходимо обильно полить растения и замульчировать пристеблевые круги опилками или торфом.

В первые 5 лет после посадки растений рекомендуется проводить прополку, и, если это возможно, перекопку плантаций. За этот период будут разрастаться стебли, размер их будет ежегодно увеличиваться, а площадь ухода – уменьшаться. После смыкания крон потребность в агротехническом уходе отпадает. В дальнейшем уходные мероприятия заключаются только в вырезке стеблей и внесении удобрений. Необходимо вырезать только стебли в возрасте не моложе 2–3 лет, оставляя на 1 м² 2–4 лучших, крупных стебля, необходимых для восстановления рощи. При хищнической заготовке бамбу-

ковых стеблей, без учёта их возраста и расчёта на восстановление, происходит так называемое «вырождение» плантаций.

В случае начала цветения бамбуковой рощи необходимо выполнять следующие мероприятия. Известно, что цветение бамбука может быть синхронным или частичным. Зацветает бамбук весной, семена созревают осенью, через 5–6 месяцев. После созревания семян можно вырезать только половину зацветших стеблей, чтобы не допустить истощения плантаций поликарпических и переходных видов бамбуков. На второй год появляются мелкие молодые стебли, иногда цветущие, и тогда оставшуюся часть старых стеблей следует убрать. Восстановление зацветших плантаций происходит в течение 5–7 лет. Внесение органических и минеральных удобрений ускоряет срок восстановления плантаций до 3–4 лет. Уход в этот период становления заключается только в борьбе с сорняками.

По данным Борхсениуса [6], на бамбуках насчитывается около 5 видов щитовок, которые приносят значительный вред растениям, причем каждый вид заселяет определенный орган растения. Колонии пушистой бамбуковой щитовки (*Kuwanaspis howardi* Cool.) располагаются в основном в разветвлениях стеблей. При сильном заражении веточки бамбука огрубевают, утолщаются, теряют листья, растения деформируются и принимают форму кустов. Колонии бамбуковой щитовки (*K. bambussae* Kuw.) располагаются на стебле под влагалищем листа. Некоторые виды живут только на листьях. В настоящее время к основным серьезным вредителям бамбуков в парках ЮБК относится обыкновенный паутинный клещ (*Tetranychus urticae* Koch), который является широким полифагом и питается на более 100 видах растений из разных семейств. В условиях ЮБК клещ появляется в жаркую и сухую погоду, начиная с мая, и может питаться при теплой осени до октября. Зимует обычно под корой на штамбе и скелетных ветках, на сорной растительности или под опавшими листьями. По данным Васильева и Лившица [7], выход клеща на плодовых культурах начинается при среднесуточной температуре воздуха 12°C. На декоративных культурах размножение клещей наблюдалось в засушливое время, которое приходится на летний период. Предпочтение клещ отдаёт молодым листьям, а при высокой численности заселяет и старые. На бамбуках размножается на нижней стороне листьев, образуя паутину, под которой питается. Свежие повреждения имеют белую окраску, затем они приобретают коричневый цвет. При массовом заселении растения полностью теряют свой декоративный вид, который в течение всего вегетационного периода не восстанавливается (см. рисунок).



Рис. Повреждения листьев обыкновенным паутинным клещём (*Tetranychus urticae* Koch):
А – листоколосник сизо-зелёный; В – псевдосаза японская

При проведении защитных мероприятий нами применялись акарициды: Омайт, СП с нормой расхода 1,0 л/га, Вертимек, КЭ с нормой расхода 2,0 л/га, Ортус, СК с нормой расхода 1,0 л/га, Санмайт, СП с нормой расхода 1,0 л/га и инсектоакарицид Энвидор, КЭ с нормой расхода 1,0 л/га. Высокая биологическая эффективность была отмечена при применении препарата Вертимек (98,7%), который также был лучшим и по продолжительности защитного действия (14 дней), при двукратном применении остальных препаратов через 7–10 дней у клещей быстро возникла резистентность и после обработок они продолжали интенсивно размножаться.

По данным И. А. Дудки и др. [8] и В. П. Исикова [9], на бамбуках выявлены следующие виды грибов: на листоколоснике золотистом (*Phyllostachys aurea* A. Riviere et C. Riviere) обнаружен в центральной части стеблей некротрофный гриб *Scyphospora hysterina* (Sacc.) Sivan., Syn.: *Melanconium hys-*

terinum Sacc.; на листоколоснике бамбузовидном (*Phyllostachys bambusoides* Sieb. et Zucc.) в листовом опаде выявлен микромицет *Clathrus ruber* P. Micheli ex Pers., а на веточках диаметром до 2 мм отмечен некротрофный гриб *Phomopsis species* [10, 11]; на листоколоснике сизо-зелёном (*Phyllostachys viridiglaucescens* (Carrière) Rivière & C. Rivière) на отмерших стеблях встречается гриб *Botrytis cinerea* Pers., на листовом опаде – макромицет *Clathrus ruber* P. Micheli ex Pers., на отмерших побегах – некротрофные грибы (*Phoma lophiostomoides* Sacc. и *Phomopsis species* [10; 11]; на псевдосазе двурядной (*Pseudosasa disticha* Makino) появилась бурая пятнистость листьев [10; 11].

Для борьбы и профилактики развития грибных заболеваний необходимо соблюдать высокий уровень агротехники культивирования бамбуков, проводить санитарную обрезку повреждённых стеблей, удаление и сжигание пораженного листового опада.

Выводы

1. Отсутствующие в коллекции арборетума НБС, но имеющиеся в культуре и успешно растущие на ЮБК виды бамбуков, такие как листоколосник серый (*Phyllostachys nuda* McClure) и листоколосник золотистый (*Phyllostachys aurea* Rivière & C. Rivière), должны быть привлечены в НБС незамедлительно.

2. Семенное размножение бамбуков возможно только в случае полного или частичного начала цветения и плодоношения бамбуковой рощи и получения полноценных семян. Грунтовая всхожесть семян листоколосника сизо-зелёного (*Phyllostachys viridiglaucescens* (Carrière) Rivière & C. Rivière), созревших в парке «Монтедор» арборетума НБС, составила 83%.

3. Вегетативное размножение бамбуков отделением корневищ можно проводить двумя способами: 1 – отделением корневищ с одним и более вегетативными стеблями; 2 – отделением корневищных черенков без стеблей. При первом способе на третий год вырастает уже сформированная рощица бамбука из новых побегов, которые достигают высоты взрослого растения. При втором способе аналогичный результат достигается только на пятый год.

4. Нельзя брать посадочный материал бамбуков с зацветших плантаций.

5. При культивировании бамбуков на ЮБК необходимо неукоснительно соблюдать агротехнические рекомендации по их выкопке, посадке, обрезке и поливу, а также рекомендации по борьбе с энтомофагами и грибными заболеваниями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиляров М. С. Бамбук // Биологический энциклопедический словарь. М., 1986. С. 48–49.
2. Максимов А. П., Хромов А. Ф. Результаты и перспективы интродукции бамбуков (*Bambusa* Schreb) на южном берегу Крыма // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2017. № 4. С. 25–32.
3. Соколов С. Я. Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции // Деревья и кустарники СССР. Т. 2. Покрытосеменные. М.-Л., 1951. С. 19–55.
4. Максимов А. П., Важов В. И., Антюфеев В. В. Морозостойкость пальм на Южном берегу Крыма // Сборник научных трудов государственного Никитского ботанического сада. 1988. Т. 106. С. 63–75.
5. Максимов А. П. Морозоустойчивость бамбуков в условиях эксперимента // Бюллетень государственного Никитского ботанического сада. 1990. Вып. 72. С. 23–30.
6. Борхсениус Н. С. Практический определитель кокцид (Coccoidea) культурных растений и лесных пород СССР. М., 1963.
7. Васильев В. П., Лившиц И. З. Вредители плодовых культур. М., 1984.
8. Дудка И. А., Гелюте В. П., Тихоненко Ю. Я., Андрианова Т. А., Гаевая В. П., Придюк Н. П., Джаган В. В., Исков В. П. Грибы природных зон Крыма. Киев, 2004.
9. Исков В. П. Грибы на деревьях и кустарниках Крыма. Систематический каталог. Симферополь, 2009.
10. Исков В. П., Плугатарь Ю. В., Коба В. П. Методы исследования лесных экосистем Крыма. Симферополь, 2014.
11. Исков В. П., Трикоз Н. Н. Защита декоративных насаждений от вредителей и болезней в парках Крыма: научно-практическое руководство. Симферополь, 2017.

REFERENCES

1. Gilyarov, M. S. (1986). Bambuk. In *Biologicheskii entsiklopedicheskii slovar'*. Moscow. 48-49. (In Russian).
2. Maksimov, A. P., & Khromov, A. F. (2017). Results and prospects of introduction of bamboos (*Bambusa* Schreb) at the southern coast of the Crimea. *Bulletin of Nizhneartovsk State University*, (4). 25-32. (In Russian)
3. Sokolov, S. Ja. (1951). Dikorastushchie, kul'tiviruemye i perspektivnye dlya introduktcii. In *Derev'ya i kustarniki SSSR*, (2), *Pokrytosemnyye, Moscow-Leningrad*, 19–55. (In Russian)
4. Maksimov, A. P., Vazhov, V. I., & Antjufeev, V. V. (1988). Morozostoikost' pal'm na Yuzhnom beregu Kryma. In *Sbornik nauchnyh trudov Nikitskogo botanicheskogo sada [Collection of scientific papers of the Nikitsky Botanical Garden]*, 106, 63-75. (In Russian)
5. Maksimov, A. P. (1990). Morozoustoichivost' bambukov v usloviyakh eksperimenta. In *Bjulleten' Nikitskogo botanicheskogo sada [Bulletin of the Nikitsky Botanical Garden]*, 72. 23-30. (In Russian)
6. Borhsenius, N. S. (1963). Prakticheskij opredelitel' kokcid (Coccoidea) kul'turnyh rastenij i lesnyh porod SSSR [Practical determinant coccid (Coccoidea) of cultivated plants and forest species of the USSR]. Moscow. (In Russian)

7. Vasil'ev, V. P., & Livshic, I. Z. (1984). Vrediteli plodovoy kul'tur [Pests of fruit crops]. Moscow. (In Russian)
8. Dudka, I. A., Geljute, V. P., Tihonenko, Ju. Ja., Andrianova, T. A., Gaevaja, V. P., Pridjuk, N.P., Dzhagan, V. V., & Isikov, V. P. (2004). Griby prirodnyh zon Kryma [Mushrooms of natural areas of Crimea]. Kiev. (In Russian)
9. Isikov, V. P. (2009). Griby na derev'jah i kustarnikah Kryma. Sistematischeskij catalog [Mushrooms on trees and shrubs of the Crimea. Systematic catalog]. Simferopol. (In Russian).
10. Isikov, V. P., Plugatar Ju. V., & Koba V. P. (2014). Metody issledovanija lesnyh jekosistem Kryma [Research Methods of Forest Ecosystems of Crimea]. Simferopol. (In Russian).
11. Isikov, V. P., & Trikoz, N. N. (2017). Zashhita dekorativnyh nasazhdenij ot vreditel'ej i bolezn'ej v parkah Kryma: nauchno-prakticheskoe rukovodstvo [Protection of ornamental plantings from pests and diseases in the parks of the Crimea: a scientific and practical guide]. Simferopol. (In Russian).

Максимов А. П., Трикоз Н. Н., Ковалев М. С. Особенности культивирования бамбуков (*Bambusa* Schreb.) на южном берегу Крыма // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 26–33. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/05>

Maksimov, A. P., Trikoz, N. N., & Kovalev, M. S. (2020). Features of the cultivation of bamboo (*Bambusa* Schreb.) on the southern coast of Crimea. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 26–33. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/05>

дата поступления: 16 июля 2019 г.

дата принятия: 25 октября 2019 г.

© Максимов А.П., Трикоз Н.Н., Ковалев М.С.

УДК 581.553

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/06>

А. Д. Самбуу, О. Д. Аюнова, С. А. Чупикова

СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ТУВЫ

A. D. Sambuu, O. D. Ajunova, S. A. Chupikova

STRUCTURE OF THE VEGETATIVE COVER OF THE NORTH-EASTERN PART OF TUVA

Аннотация. В статье представлены результаты исследований растительного покрова северо-восточной части Республики Тыва. Мониторинговые исследования проводились летом с 2009 г. по 2017 г. Выявлено, что в районе исследования распространены почти все высотнорастительные пояса, характерные для гор Южной Сибири. Основные особенности растительного покрова района исследования, формирующие биологическое разнообразие и условия для его сохранения, характеризуются геологической историей (относительной молодостью ландшафтов), спецификой рельефа (сочетания гор и долин), климатической и ландшафтной мозаикой, наименьшим влиянием хозяйственной деятельности. Растительный покров подчиняется закономерностям высотной поясности с высокогорными и горно-таежными поясами. Господствующим типом растительности является горная тайга. В результате исследований составлены серии электронных крупномасштабных универсальных и оценочных карт в программе ArcView GIS. При этом были использованы как традиционные, так и современные методики картирования растительных сообществ по данным лесоустройства и материалам собственных экспедиционных исследований. Приведен фрагмент карты растительности, описана ландшафтная структура территории. Растительный покров в районе исследования характеризуется самобытностью, которая объясняется историческими и экологическими условиями и его горным обрамлением. На сегодняшний день это один из немногих

Abstract. The article presents the study of vegetation cover in the Northeast of Tuva. The surveillance research was conducted in summer season from 2009 to 2017. It was revealed that nearly all altitudinal vegetation belts common to the Mountains of Southern Siberia are widespread in the studied area. The vegetation cover that creates biological diversity and conditions for its preservation, is peculiar for its geological history (relatively young site), specific landscape (combination of highlands and lowlands), climatic and landscape mosaic, low impact of anthropogenic activities. The vegetation cover conforms with the laws of altitudinal zonation, highland belts and mountain taiga belts. The prevailing type of vegetation is mountain taiga. In the result of conducted research, a series of electronic large-scale maps were created (universal map and evaluation map) with the help of ArcView GIS software. Both traditional methods and modern mapping techniques were used for vegetation communities, based on forest surveying data as well as on author's filed research records. The vegetation map fragment is provided and the area's landscape structure is described. Vegetation cover in the area under research is characterized by originality due to historical and environmental conditions, as well as proximity of the mountains. Currently, this is one of the few Siberian areas where anthropogenic activity

районов Сибири, в котором хозяйственная деятельность весьма ограничена. Среди особенностей ландшафтов следует отметить существенную ландшафтно-экологическую неоднородность территории, которая определяет большое типологическое разнообразие растительности и значительную контрастность растительного покрова. В связи с этим территория этих хребтов является модельным регионом для изучения исторического развития растительного покрова гор Южной Сибири.

Ключевые слова: растительный покров; картографирование растительности; ГИС-технологии; ландшафтная структура; Республика Тыва.

is very limited. As of landscape peculiarities, the territory is remarkable for inhomogeneity of its landscape and environment which in its turn results in a wide typological variety of vegetation and considerable contrast of vegetation cover. In this regard, the territory of these mountain ridges is a model region to study historical development of vegetation cover in the mountains of the Southern Siberia.

Key words: vegetation cover; vegetation mapping; GIS-technologies; landscape structure; Tuva.

Сведения об авторах: Самбуу Анна Доржуевна, SPIN-код: 3999-3728, ORCID: 0000-0001-7969-3214, д-р биол. наук, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, Тувинский государственный университет, г. Кызыл, Россия, sambuu@mail.ru; Аюнова Ольга Дмитриевна, SPIN-код: 1847-6411, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл, Россия, ajunova@ajunova.inbox.ru; Чупикова Светлана Алексеевна, SPIN-код: 8367-9071, канд. геогр. наук, Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН, г. Кызыл, Россия, ajunova_s_fom@inbox.ru.

About the author: Sambuu Anna Darjuevna, SPIN-code: 3999-3728, ORCID: 0000-0001-7969-3214, Dr. habil, Tuvan Institute of complex exploration of natural resources SB RAS, Tuvan state University, Kyzyl, Russia, sambuu@mail.ru; Ayunova Olga Dmitrievna, SPIN-code: 1847-6411, Tuvan Institute of complex exploration of natural resources SB RAS, Kyzyl, Russia, ajunova@ajunova.inbox.ru; Chupikova Svetlana Alekseevna, Ph.D., SPIN-code: 8367-9071, Tuvan Institute of complex exploration of natural resources SB RAS, Kyzyl, Russia, ajunova_s_fom@inbox.ru.

Исследования выполнены при поддержке грантов РФФИ № 18-44-170001– «р_а», 19-29-05208 мк

Крупномасштабные универсальные и оценочные карты растительности важны для выявления пространственно-временной организации, позволяющей картографически отобразить дифференциацию, интеграцию, динамику и эволюцию естественных и антропогенно-измененных экосистем. С развитием технологий и методов научных исследований важной задачей становится разработка и создание более совершенных методов обработки географических данных и представления полученных результатов. К таким методам относятся геоинформационные технологии, позволяющие с высокой точностью фиксировать изменение географической среды во времени и пространстве. Основное назначение созданной карты растительного покрова северо-восточной части Тувы – показ территориального размещения растительных сообществ в основных структурных единицах – высотно-растительных поясах.

Объекты и методы исследования

Цель исследования – выявление высотных растительных поясов на южном макросклоне хр. Ергак-Таргак-Тайга, Арыскан, Озерный и Соругский, характеристика, анализ структуры растительности поясов и их картирование.

Объект исследования – растительный покров северо-восточной части Тувы, южные склоны горной системы Восточный Саян на сочленении с Западным Саяном (хр. Ергак-Тыргак-Тайга), хребты Арыскан, Озерный, Соруг. Объект характеристики – лесной биогеоценоз, границы которого условно совпадают с границами таксационного выдела. Базовой основой для составления карты послужили: а) топографическая карта в масштабе 1:100 000; б) геоботанические описания ключевых участков (1/3 площади района исследования); в) первичная индексация типов биогеоценозов по таксационным выделам (1 500 выделов); г) планы лесонасаждений (бланковки) в масштабе 1:25 000 и 1:50 000. База данных, связанная с картой, содержит поконтурные характеристики, отражающие экологическое состояние растительности.

Исследования растительного покрова проводились в 2009–2017 гг. в ходе выполнения плановых работ Тувинским институтом комплексного освоения природных ресурсов СО РАН по принципам и методам, разработанным сотрудниками лаборатории лесной типологии [15]. Составлены серии электронных крупномасштабных универсальных и оценочных карт растительности в программе ArcGIS 9.

Рельеф района исследования – сильно расчлененный с острыми пиками и гребнями. Долинами рек являются трюги, углубленные эрозией. Реки начинаются из каров, которые имеют ступенчатое строение [1; 2].

Климат района исследования существенно отличается от климата Центрально-Тувинской и Тоджинской котловин. Если в целом по Республике Тыва климат считают резко континентальным, то в районе исследования он ближе к континентальному – типично горному и влажному климату. Это под-

тверждают значения индекса континентальности, определяющего вклад в годовую амплитуду температуры воздуха (47,2%). Данный показатель колеблется по территории Тувы в пределах 47,8–89,7% [14].

Своеобразие климата и условий погоды исследуемого района определяют высота местности над уровнем моря, ориентировки склонов гор по отношению к господствующим воздушным потокам и к солнцу. Эти факторы настолько существенны, что подчас их влияние бывает сильнее близости моря или широты. Ветер, облака, достаточно большое количество выпадающих осадков (737,2 мм) для горной местности Тувы, незначительная годовая амплитуда воздуха (41,4°C) и явления атмосферного электричества создают поразительную контрастность метеорологических условий на незначительной площади, какие можно встретить только в горных районах в пределах нескольких километров. На режим температуры и осадков значительно влияют горно-долинные ветры с преобладанием западного направления и преимущественно восточные ветры горных склонов, имеющие локальные особенности в данном районе и определяющие в значительной мере разнообразие микроклимата.

Климатическая характеристика базируется на данных нерегулярных, но довольно длительных наблюдений (1966–1985 гг.), проведенных в период поисковых, поисково-оценочных и разведочных работ. Среднегодовая температура воздуха по данным 1979–1980 гг. составила –6°C. Амплитуда колебания суточных температур достигает 18°. Минимальная температура, зафиксированная в течение года, равна –47,0°, максимальная +26,0°. Годовое количество осадков составляет 737,2 мм. Основная масса осадков выпадает в теплый период – с мая по сентябрь – 71,3%, в холодный (октябрь–апрель) – 28,7%. Сильные ливневые дожди редки, преобладают в основном моросящие осадки.

Результаты и обсуждение

Анализ структурных единиц растительного покрова района исследования показал, что северо-восточная часть Тувы по спектру относится к высотному растительному поясу. Основные особенности растительного покрова района исследования, формирующие биологическое разнообразие и условия для его сохранения, связаны с геологической историей (относительной молодостью ландшафтов), спецификой рельефа (сочетание гор и долин), климатической и ландшафтной мозаикой, наименьшим влиянием хозяйственной деятельности [3].

В ботанико-географическом районировании Тувы К. А. Соболевская (1950) территорию района исследования относит к Присаянскому горно-таежному району. При создании схемы природных округов и районов Тувинской АССР В. А. Носин (1963) северо-восточную часть Тувы относит к Восточно-Саянскому гольцово-таежному округу Восточно-Саянско-Прихубсугульской котловинно-горной провинции таежно-лесной зоны. Согласно геоботаническому районированию территории Тувы [11] район относится к Тоджинскому кедрово-лиственничному и Восточно-Тувинскому горно-тундровому лиственничному округам Восточно-Саянской горной таежной провинции. В основе лесорастительного районирования Д. И. Назимовой (1968), И. М. Красноборова (1976) территория высокогорий хр. Ергак-Тыргак-Тайга относится к Ергак-Тыргак-Тайгинскому округу Северной подпровинции Алтайско-Саянской ботанико-географической провинции. Такое выделение ботанико-географических округов и провинций в значительной мере согласуется с лесорастительным районированием гор Южной Сибири [15].

На территории исследования распространены почти все высотно-растительные пояса, характерные для гор Южной Сибири. Растительный покров подчиняется закономерностям высотной поясности (различная высота горных поднятий, разница в направлении осевых хребтов, расчленение их продольными и поперечными долинами, открытость склонов, изменения состава горных пород и др.) с высокогорным и горно-лесным поясами. Господствующим типом растительности является горная тайга. Выше лесной границы обильны каменистые россыпи и мохово-лишайниковые тундры, встречаются заросли круглолистной березки и высокогорные луга. Днища межгорных падей заболочены, покрыты осоково-злаковыми лугами, нередко зарослями приземистой березки (см. рис.).

В **высокогорном поясе** Восточно-Саянского нагорья и Северо-Тоджинского поднятия хорошо прослеживаются субальпийский и горно-тундровый типы растительности.

В **субальпийском поясе** растительности хорошо выражены две высотные полосы: нижнюю часть пояса образует лесолуговой комплекс, верхнюю – субальпийские луга и заросли субальпийских кустарников. Лесолуговой комплекс расположен на делювиальных отложениях нижней части гольцового пояса и представлен куртинами пихты и кедра, чередующимися с субальпийскими лугами с *Aquilegia glandulosa* Fisch. По берегам ручейков, у снежников обычны мелкотравные лужайки с *Sibbaldia procumbens* L., *Vaccinium myrtillus* L., *Ranunculus altaicus* Laxm., *Veratrum lobelianum* Bernh., *Pyrethrum pulchellum* Turcz. ex DC., *Salix nasarovii* A. Skvorts., *S. glauca* L., *Trollius asiaticus* L., *Carex*

aterrima Hoppe, *Doronicum altaicum* Pall., *Viola altaica* Ker Gawl., *Gentiana uniflora* Georgi., *G. grandiflora* Laxm. (объединяемые обычно общим названием *заросли субальпийских кустарников*) [16].

Субальпийские высокогорные луга выделены в горно-тундровом и горно-таежном поясах района. Местообитание характеризуется хорошим дренажем и наличием в зимний период снежного покрова мощностью не менее 1 м, предохраняющего почву от промерзания. Характерными чертами этих лугов являются высокое проективное покрытие (до 90%), высокая видовая насыщенность (до 45 видов на 100 м²), отсутствие ярусной дифференциации. Основу травостоя составляют лугово-лесные и высокогорные виды – *Trollius asiaticus*, *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch, *Aconitum septentrionale* Koelle, *A. czekanovskyi* Steinb., *Polemonium caeruleum* L., *Euphorbia pilosa* L., *Geranium albiflorum* Ledeb., *Anthoxanthum alpinum* A. et D. Löve., *Carex aterrima*, *Trifolium lupinaster* L., *Allium altaicum* Pall и др. – без четко выраженного доминирующего вида. Большинство видов имеют встречаемость ниже 30%, что обуславливает низкие показатели флористического сходства ценозов. Очевидно, это объясняется тем, что луга находятся в зоне контакта высокогорного и лесного поясов.

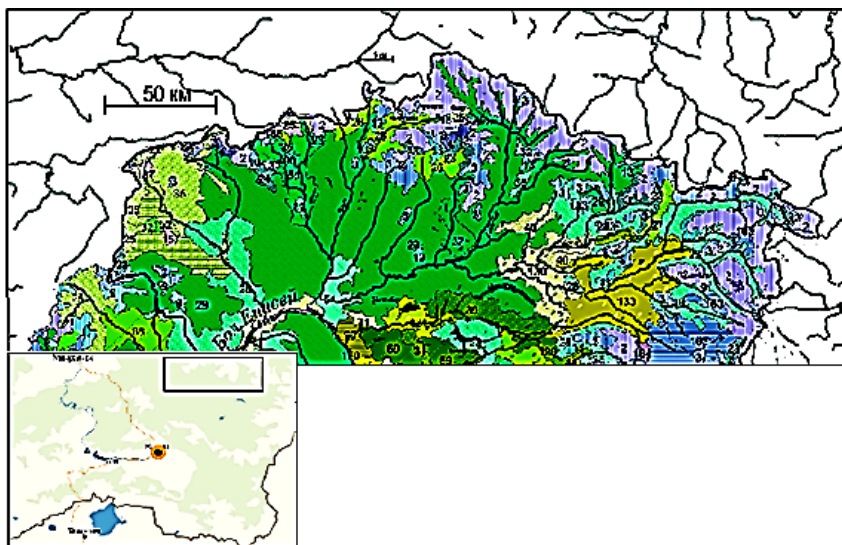


Рис. Фрагмент карты растительности северо-восточной части Тувы

Заболоченные субальпийские луга занимают небольшие участки на всем протяжении района, встречаясь по долинам рек, в микропонижениях с близким уровнем грунтовых вод. В высотном отношении они приурочены к нижней части высокогорного пояса. Местообитания характеризуются мощным снежным покровом. Летом отмечается повышенное увлажнение за счет проточных или грунтовых вод. Общее проективное покрытие варьирует от 50 до 80%, распределение видов по площади сообществ пятнистое, средняя видовая насыщенность – 23 вида на 100 м². В травостое преобладают *Polygonum bistorta* L., *Veratrum lobelianum* Bernh., *Carex aterrima*, *Eriophorum polystachyon* L., содоминируют *Deschampsia caespitosa* L. Постоянными видами являются *Doronicum altaicum* Pall., *Saxifraga aestivalis* Fisch. & C.A. Mey. Во флористическом отношении эти луга наиболее тесно связаны с кустарниковыми зарослями субальпийского пояса.

Альпийские луга встречаются преимущественно в верхней половине гольцового пояса и по западинам заходят в его нижнюю часть, где происходит интенсивное снегонакопление и образуется снежный покров мощностью 3–4 м, который окончательно стаивает к концу июля или вообще не растаивает. В результате этого большую часть вегетационного периода луга данного типа испытывают подток талой снеговой воды. Развитие травостоя низкотравных послеснежниковых лугов происходит очень интенсивно, и, как правило, к концу июля большинство видов уже плодоносят. Общее проективное покрытие колеблется в пределах 60–90%, разделение видов по площади фитоценозов резко пятнистое, вертикальная дифференциация травостоя не выражена. Доминирует группа высокогорных видов-хионофитов – *Viola altaica* Ker Gawl., *Gentiana grandiflora* Laxm., *Ranunculus sulphureus* C. J. Phipps, *Carex stenocarpa* Turcz. ex V.I.Krecz., *Trollius asiaticus* L., *Corydalis pauciflora* Steph. ex Pers., *Aquilegia glandulosa* Fisch., *Macropodium nivale* (Pallas) R.Br. и др. Средняя видовая насыщенность фитоценозов – 23 вида на 100 м². Во флоре этих лугов преобладают виды с встречаемостью выше 70%, что обуславливает высокое флористическое сходство фитоценозов.

Горно-тундровый пояс занимает верхние уровни гор. Эколого-фитоценотическая характеристика горно-тундровых сообществ этого района показывает преобладание кустарниковых тундр с доминированием эндемика Алтае-Саянской горной области, южносибирско-северомонгольского высокогорного вида *Betula rotundifolia* Sprach, и кашкарниковых сообществ с североазиатским видом *Rhododendron aureum* Georgi. Обычно кустарниковые сообщества объединяются в особую растительность, но генетического родства между ними нет, т. к. они сильно отличаются по экологии и имеют более тесные связи с другими формациями растительности, располагающимися в сходных природных условиях.

Основная территория горно-тундрового пояса района представлена кустарниковыми (ерниковыми) тундрами преимущественно с лишайниковым наземным ярусом, лишь в пониженных элементах рельефа содоминируют синузии мхов. Выше хорошо ограниченную полосу занимает комплекс лишайниковых, травянистых и кустарничковых горных тундр. Для карбонатных местообитаний характерно участие в травостое дриадовых и лишайниковых тундр. Верхние уровни гор характеризуются щебнистыми и накипно-лишайниковыми тундрами [10].

Кустарниковые тундры являются постоянным компонентом растительного покрова в нижней части высокогорий и представлены сообществами с доминированием *Betula rotundifolia* (ерниковые тундры), *Rhododendron aureum* (рододендроновые тундры) и лишайниково-рододендроновыми и др. Кустарниковые фитоценозы характеризуются высотой 40–60 см, проективным покрытием до 80% и трехъярусной вертикальной структурой. В большинстве описанных сообществ четко выделяются кустарниковый, моховой, лишайниково-кустарничковый ярусы.

Основу яруса слагает высокогорный психотрофильный кустарник *Betula rotundifolia*, к которому в небольшом обилии примешиваются *Salix glauca*, *S. vestita* Pursh, *Juniperus pseudosabina* Fischer et Meyer. Травяной ярус представлен преимущественно разнотравьем, злаками и осоками – *Carex caespitosa* L., *C. macroura* Meinsh, *Thalictrum alpinum* L., *Potentilla gelida* С.А. Меу. и др. Лишайниково-кустарничковый ярус сложен синузиями кустистых, листоватых и накипных лишайников, к которым часто в значительном обилии примешиваются *Vaccinium vitis-idaea* L., *Empetrum nigrum* L., *Salix rectijulis* Ledeb. ex Trautv., *S. berberifolia* Pall. Из лишайников преобладают *Cetraria islandica* (L.) Ach., *C. ericetorum* Opiz, *Cladonia stellaris* (Opiz) Pouzar & Vezda, *Cl. macroceras* (Delise) Ahti., *Cl. amaurocraea* (Flk.) Schaer. Средняя видовая насыщенность лишайниково-ерниковых фитоценозов высшими сосудистыми растениями составляет 25 видов на 100 м².

Рододендроновые тундры с доминированием *Rhododendron aureum*, *Rh. adamsii* распространены по крутым каменистым склонам нижней части высокогорий. Общее проективное покрытие в фитоценозах достигает 80%. Распределение видов по поверхности почвы неравномерное и где-то сильнопятнистое. Ярусность не выражена. В качестве содоминанта выступает *Betula rotundifolia*. Видовая насыщенность высшими сосудистыми растениями – 18 видов на 100 м². Виды со встречаемостью выше 50% отсутствуют. Наиболее обильны *Carex rupestris* All., *C. caespitosa*, *C. macroura* Meinsh, *Pedicularis oederi* Vahl, из лишайников большие пятна образуют *Alectoria ochroleuca* (Hoffm.) Massal, *Cetraria islandica*, *C. ericetorum*. Анализ видового состава рододендроновых фитоценозов показал, что все они имеют незначительное флористическое сходство. Рододендроновые сообщества появляются как пионерные ценозы на каменистых россыпях. По мере накопления мелкозема и формирования почвы происходит постепенное замещение *Rhododendron aureum*, *Rh. Adamsii* Rehd. на *Betula rotundifolia*.

Лишайниково-рододендроновые тундры с господством *Rhododendron aureum* и *Cladonia stellaris* также распространены в нижней части высокогорного пояса. Отмечается высокое обилие общего покрытия (95%) и малая видовая насыщенность высшими сосудистыми растениями (10 видов на 100 м²), отсутствие ярусности. Кроме доминантов часто встречаются *Empetrum nigrum* и др.

Лишайниковые тундры представлены кладониевыми, цетрариевыми и алекториевыми сообществами. Основу кладониевых тундр создает арктоальпийский фотофильный вид *Cladonia stellaris*, цетрариевых – бореальные виды *Cetraria islandica*, *C. ericetorum*, алекториевых – арктоальпийский вид *Alectoria ochroleuca*. Общее проективное покрытие колеблется от 50 до 90%. Средняя видовая насыщенность – 20 видов на 100 м². Распределение видов довольно равномерное. Высшие сосудистые растения произрастают единичными экземплярами или дернинами и яруса не образуют.

Отмечается плавный континуальный переход от кустарниковых к лишайниковым группам формаций, который определяется изменением условий увлажнения от сильно избыточного увлажнения, когда встречаются даже сфагновые мшары на заболоченных участках, до избыточного увлажнения. В каждой группе горно-тундровых формаций по доминирующему виду выделяются различные формации и по степени изменения увлажнения их можно представить в виде ряда: ерниковая–моховая–ивовая–рододендроновая–кашкарниковая–шикшевая–кладониевая–цетрариевая–алекториевая.

Кедровые редколесья распространены в нижней части высокогорного пояса, где в комплексе с высокогорными субальпийскими лугами и ерниковыми тундрами они образуют переходную полосу от лесного к высокогорному поясу. Древесный ярус сложен *Pinus sibirica* с небольшой примесью *Larix sibirica* Ledeb. Средняя высота древостоя 5 м, сомкнутость 0,1–0,2, класс бонитета V. Кроме древесного яруса хорошо выражены кустарниковый (с доминированием *Betula rotundifolia*) и лишайниковый ярусы, в которых ведущая роль принадлежит кустистым лишайникам из родов *Cladonia*, *Cladina*, *Cetraria*. Для лишайниково-кедровых редколесий характерно высокое суммарное проективное покрытие нижних ярусов (70–90%) [7; 8].

Немаловажную роль в распространении высокогорной растительности играют курумники, спускающиеся с вершин вплоть до верхней границы леса и часто механически снижающие ее. Здесь значительные площади заняты скалами и осыпями со свойственными им серийными сообществами. Для них характерны такие виды, как *Ribes graveolens* Bunge, *Aquilegia borodinii* Schischk., *Salix sajanensis* Nasarow., *Paraquilegia microphylla* (Royle) J.R.Drumm. & Hutch., *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Woodsia glabella* R. Br. и др. Здесь же обычны мхи: *Polytrichum affine* Funck., *Encalypta rhabdocarpa* Schwägr., *Dicranum fuscescens* Turner, *Plagiopus Oederi* Limpr., *Myurella julacea* (Schwägr.), *Andreaea rupestris* Hedw. и др. В этих фитоценозах встречается ремень алтайский (*Rheum altaicum* Losinsk.), занесенный в «Красную книгу Российской Федерации. Растения и грибы» (2008).

Рельеф и значительное количество осадков способствуют развитию здесь болот. В гольцовом поясе – с *Carex altaica* (Gorodkov) V.I. Krecz., *C. atrofusca* Schkuhr и др., в лесном – осоковые болота с *Carex cespitosa*, *C. juncella* (Fries) Th. Fries, *Eriophorum brachyantherum* Trautv. & C.A. Mey., *Comarum palustre* L. и сфагновые со *Sphagnum fuscum* L., *Ledum palustre* L., *Carex globularis* L., *C. iljinii* V.I.Krecz.

В **горно-лесном поясе** Восточных Саян, Северо-Тоджинского поднятия и Сисыг-Хемского плоскогорья основными формациями являются кедрово-лиственничные, кедровые и лиственничные леса III–IV классов бонитета, характеризующиеся высокоствольными густыми древостоями, хорошо развитым подлеском и ярусами кустарников (жимолость, голубика, брусника, шиповник) и трав, со сплошным лишайниково-моховым напочвенным покровом. Присутствуют темнохвойные елово-пихтовые и светлохвойные лиственнично-кедровые леса с включением субальпийской растительности [8].

Верхняя граница древесной растительности лежит на разной высоте, от 1 500 до 1 900 м, а в северных частях – до 1 300–1 800 м.

Горные леса состоят из хвойных пород: лиственницы, кедра (*Pinus sibirica* Du Tour), ели (*Picea obovata* Ledeb.) и пихты (*Abies sibirica* Ledeb.). Лиственничные деревья с примесью березы и осины встречаются обычно в виде примеси к этим породам, преимущественно в нижней части горно-таежной зоны, или на горячих и старых вырубках. Особенно широко распространена здесь лиственница сибирская (*Larix sibirica*). Она наименее требовательна к климатическим условиям и влажности почвы, и поэтому лиственничные леса встречаются до верхней границы лесной растительности.

Лиственничные леса. Нижняя граница горнолесного пояса проходит по периферии горных поднятий на высоте 1 300–1 500 м н.у.м. Древостой лиственничных лесов на этой территории имеет сомкнутость 0,6 при средней высоте деревьев 20 м. Среди кустарников обычны: шиповник колючий, жимолость алтайская, несколько видов спиреи, смородины, изредка малин. В травяном ярусе характерны представители как лесных, так и луговых форм, где вместе с овсяницей, мятликом сибирским, вейником лесным встречаются костер, борщевик, пион, герани и др.

Класс подгольцовых лиственничных лесов встречается на верхней границе лесного пояса на высоте 1 700–2 000±100 м. Распространены здесь сообщества сфагновой и зеленомошной группы.

Класс субальпийских лиственничных лесов представлен небольшими участками в верхней части лесного пояса на склонах Ергак-Тыргак-Тайга, Тоджинской котловины на высотах 1 500–1 900 м, спорадически встречается на хр. Таскыл, где скапливаются снежные наносы мощностью 0,5 м. Древостой чистый из лиственницы или с небольшой долей кедра, с единичной пихтой, нередко разновозрастный, состоящий из двух или трех возрастных пологов.

Таежные лиственничные леса встречаются по всем горным сооружениям, в средней части лесного покрова с абсолютными отметками 1 300–1 600±100 м. По долинам рек спускаются до 1 100 м. По площади преобладают склоновые зеленомошные и несколько меньше – брусничные леса. Долинных лесов немного, и представлены они в основном зеленомошными группировками.

Кедровые леса образуют верхнюю границу лесного пояса. По мере поднятия по склонам в растительном покрове начинают господствовать кедровые леса. Преобладающей породой является кедр с примесью лиственницы, березы и осины. В подлеске встречаются единичные экземпляры ив, рябины. Кустарниковый ярус разрежен. Хорошо выражены заросли жимолости и спиреи. Под пологом леса гу-

стой, местами сплошной ярус образуют кустарники: брусника, голубика, черника, багульник, рододендрон. Травяной покров разрежен. В напочвенном покрове – сплошной ковер зеленых мхов с примесью лишайников.

Подгольцовые кедровые леса составляют примерно половину всей площади кедровых лесов. Обычно кедрячи встречаются на высотах от 1 600 до 2 300 м по склонам теневых экспозиций.

Лиственнично-кедровую тайгу подразделяют на две группы сообществ: кустарничково-зеленомошную и разнотравно-зеленомошную. В первой характерны *Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus* L., *V. uliginosum* L., *Ledum palustre*, *Rhododendron aureum*, *Maianthemum bifolium* L., *Empetrum nigrum*, *Carex iljinii*, *Linnaea borealis* L., *Lycopodium annotinum* L. и др. Во второй главную роль играют *Geranium albiflorum* Ledeb., *Anemone reflexa* Stephan ex Willd., *Stellaria bungeana* Feuzb., *Calamagrostis obtusata* Trin., *Aegopodium alpestre* Ledeb., *Oxalis acetosella* L., *Allium microdictyon* Prokh.

Еловые леса. В долине р. Ак-Суг условия относительно благоприятны для развития долинных еловых лесов. Помимо ели в составе древостоя встречаются кедр, лиственница, пихта, береза, осина и в нижней части долины сосна. Древостой из ели с примесью кедра, II–III класса бонитета, с сомкнутостью крон 0,6–0,7 и запасом 250–300 м³/га, иногда формирует сообщество из двух возрастных пологов с разницей в 50–70 лет. В пойме рек Улуг-Кадыр-Ос, Биче-Кадыр-Ос, Даштыг-Ой встречаются ельники разнотравные с *Lonicera altaica* Pall. ex DC., *Ribes hispidulum* (Jancz.) Pojark., *Galium boreale* L., *Calamagrostis langsдорффи* (Link) Trin., *Stellaria bungeana* Feuzb., *Aconitum septentrionale* и др. Между участками леса в пойме распространены закустаренные злаково-разнотравные луга. Помимо поймы еловые леса узкими полосами заходят до середины горных склонов, где структура их несколько меняется. В основном на смену разнотравному ельнику приходит ельник вейниково-бруснично-зеленомошный. Наиболее характерные виды такого сообщества: *Calamagrostis obtusata*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Pyrola incarnata* DC. Frei., *Crepis tectorum* L. Выше по склонам ель встречается в виде примеси в кедровых лесах, но при этом на склонах увеличивается роль пихты в сложении древостоев. Кедр, лиственница и пихта образуют разнообразные сочетания древостоев, однако эдификаторная роль принадлежит кедру.

Болотная растительность. Рельеф и значительное количество осадков способствуют развитию болот. Практически не выражена в высокогорных поясах, но встречается небольшими участками в микропонижениях чашеобразных верховий ручьев в местах с застойным увлажнением. Представлена пушицево-осоковыми, осоковыми болотами, где доминирует группа осок – *Carex ensifolia* Turcz. ex Ledeb., *C. melananthiformis* Litv., *C. limosa* L., содоминируют *Eriophorum polystachyon* L., *E. vaginatum* L., *E. brachyantherum* Trautv. et S.A. Mey. Они формируют хорошо выраженный ярус высотой 35–40 см с проективным покрытием 40–60%. Остальные виды, участвующие в сложении болотных сообществ, встречаются единичными экземплярами и сомкнутого яруса не образуют. Распределение видов по площади фитоценозов пятнистое, средняя видовая насыщенность – 15 видов на 100 м². На почве развита синузия зеленых листостебельных мхов. Встречаются также сфагновые болота со *Sphagnum fuscum*, *Ledum palustre*, *Carex globularis*, *C. iljinii*.

На юго-западе от Восточных Саян расположено Сыстыг-Хемское плоскогорье, средняя высота которого 1 500–1 600 м, а отдельные хребты поднимаются до 2 500 м и более. Район отличается повышенной континентальностью климата. Для древесного яруса характерно присутствие лиственницы сибирской (*Larix sibirica*). Постоянно, но в незначительном количестве присутствуют пихта сибирская (*Abies sibirica*), ель обыкновенная (*Picea obovata*), а также мелколиственные виды – *Betula pendula* Roth и *Populus tremula* L.

Горно-таежная часть здесь покрыта лиственничными и кедровыми лесами с зеленомошным покровом и подлеском из *Betula rotundifolia*, *Ledum palustre*, *Rhododendron aureum*, *Juniperus sibirica* Burgsd., *Lonicera altaica* Pall. ex DC., *Duschekia fruticosa* (Rupr.), а также еловыми насаждениями, изредка с примесью сосны. В травянистом покрове обычны *Oxalis acetosella* L., *Moneses uniflora* (L.) A. Gray., *Paris quadrifolia* L., *Allium microdictyon* Prokh. и др.

На южных склонах встречаются леса из *Betula pendula* с лишайниковым покровом и подлеском из *Betula rotundifolia*, *Juniperus sibirica*, в кустарничковом ярусе доминирует *Vaccinium myrtillus* L. или *Vaccinium vitis-idaea*. На наветренных склонах и по днищу долин встречаются еловые (*Picea obovata*) и пихтовые (*Abies sibirica*) леса с подлеском из *Duschekia fruticosa*, *Salix vestita* Pursh., *S. hastata* L., *S. glauca*, *S. saposchnikovii* A. Skvorts.

Кустарничковый ярус имеет проективное покрытие 5–30% и состоит из *Spiraea chamaedryfolia* L. (доминант), *Duschekia fruticosa* (содоминант), *Sorbus sibirica* Hedl., *Ribes hispidulum* (Jancz.) Pojark., *Juniperus sibirica*, *Lonicera altaica*, *Rhododendron aureum*. Травяно-кустарничковый ярус характеризуется проективным покрытием 30–60%, видовой насыщенностью 20–45 видов на 200 м². Наибольшее постоянство имеют таежные виды: *Vaccinium vitis-idaea* (доминант), *V. myrtillus* (доминант), *Linnaea borealis*,

Goodyera repens (L.) R. Br., *Trientalis europaea* L., *Calamagrostis obtusata*, *Carex iljinii* (доминант), *Pyrola incarnata*, *Gymnocarpium jessoense* Koidz., *Lycopodium annotinum* L., *Dryopteris carthusiana* (Vill.), а также виды бореально-лесного мелкотравья: *Cerastium pauciflorum* Stev. ex Ser., *Aegopodium alpestre* Ledeb., *Stellaria bungeana* Fenzl., *Maianthemum bifolium*, *Saussurea alpina* (L.) DC. В сообществе спорадически встречаются виды высокотравья: *Aconitum septentrionale*, *Geranium albiflorum*, *Veratrum lobelianum*, *microdictyon*, в местах с выходами на поверхность коренных пород.

В травяном ярусе в качестве субдоминанта и доминанта выступает *Bergenia crassifolia*. Моховой ярус развит хорошо, проективное покрытие – 40–90%, образован типичными таежными видами: *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. (доминант), *Hylocomium splendens* (Hedw.) B. S. (доминант), *Ptilium crista-castrensis* (Hedw.) De Not. (субдоминант), *Polytrichum commune* L., *Milium effusum* L., *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr.

Таким образом, растительный покров в северо-восточной части Тувы характеризуется самобытностью, которая объясняется историческими и экологическими условиями территории и ее горного обрамления. На сегодняшний день это один из немногих районов Сибири, в котором хозяйственная деятельность весьма ограничена. В районе исследования распространены почти все высотнорастительные пояса, характерные для гор Южной Сибири. Растительный покров подчиняется закономерностям высотной поясности (различная высота горных поднятий, разница в направлении осевых хребтов, расчленение их продольными и поперечными долинами, открытость склонов, изменения состава горных пород и др.) с высокогорным и горно-лесным поясами. Господствующим типом растительности является горная тайга. Выше лесной границы обильны каменистые россыпи и мохово-лишайниковые тундры, встречаются заросли круглолистной березки и высокогорные луга. Растительность представлена в основном слабонарушенными фитоценозами и характерным для этого района флористическим составом. Район в целом характеризуется слабой степенью антропогенного воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтае-Саянская горная область. М.: Наука, 1969.
2. Воскресенский С. С. Геоморфология Сибири. М., 1962.
3. Горбачев В. Н. Почвы Восточного Саяна. М.: Наука, 1978.
4. Зеленая книга Сибири: Редкие и нуждающиеся в охране растительные сообщества. Новосибирск: Наука, 1996.
5. Красная книга Российской Федерации. Растения и грибы. М., 2008.
6. Красная книга Республики Тыва. Растения. Новосибирск, 1999.
7. Коропачинский И. Ю., Онучин В. С. Лиственничные леса Тувинской автономной области / Лиственница и ее использование в народном хозяйстве СССР. М., 1961.
8. Коропачинский И. Ю., Скворцова А. В. Деревья и кустарники Тувинской АССР. Новосибирск, 1966.
9. Красноборов И. М. Высокогорная флора Западного Саяна. Новосибирск, 1976.
10. Кумина А. В. Растительный покров Алтая. Новосибирск, 1960.
11. Маскаев Ю. М., Намзалов Б. Б., Седелников В. П. Геоботаническое районирование // Растительный покров и естественные кормовые угодья Тувинской АССР. Новосибирск, 1985. С. 210–247.
12. Назимова Д. И. Лесорастительное районирование Западного Саяна // Лесоведение. 1968. № 1. С. 3–17.
13. Носин В. А. Почвы Тувы. М., 1963.
14. Мониторинг состояния окружающей среды в пределах лицензионного участка Ак-Сугского медно-порфирового месторождения: отчет. Кызыл, 2009.
15. Смагин В. Н., Ильинская С. А., Назимова Д. И. и др. Типы лесов гор Южной Сибири. Новосибирск, 1980.
16. Седелников В. П. Высокогорная растительность Алтае-Саянской горной области. Новосибирск, 1988.
17. Соболевская К. А. Растительность Тувы. Новосибирск, 1950.

REFERENCES

1. Altae-Sayanskaya gornaya oblast' (1969). Moscow. (In Russian)
2. Voskresenskiy S. S. (1962). Geomorfologiya Sibiri. Moscow. (In Russian)
3. Gorbachev V. N. (1978). Pochvy Vostochnogo Sayana. Moscow. (In Russian)
4. Zelenaya kniga Sibiri: Redkie i nuzhdayushchiesya v okhrane rastitel'nye soobshchestva (1996). Novosibirsk. (In Russian)
5. Krasnaya kniga Rossiiskoi federatsii (2008). *In Rasteniya i griby*, Moscow. (In Russian)
6. Krasnaya kniga Respubliki Tyva. Rasteniya. (1999). Novosibirsk. (In Russian)
7. Koropachinskiy, I. Yu., & Onuchin, V. S. (1961). Listvennichnye lesa Tuvinskoi avtonomnoi oblasti. *In Listvennitsa i ee ispol'zovanie v narodnom khozyaistve SSSR*, Moscow. (In Russian)
8. Koropachinsky, I. Yu., & Onuchin, V. S. (1966). Derev'ya i kustarniki Tuvinskoi ASSR. Novosibirsk. (In Russian)
9. Krasnoborov, I. M. (1976). Vysokogornaya flora Zapadnogo Sayana. Novosibirsk. (In Russian)
10. Kuminova, A. V. (1960). Rastitel'nyi pokrov Altaya. Novosibirsk. (In Russian)
11. Maskayev, Yu. M., Namzalov, B. B., & Sedel'nikov, V. P. (1985). Geobotanicheskoe raionirovanie. *In Rastitel'nyi pokrov i estestvennye kormovye ugod'ya Tuvinskoi ASSR*, Novosibirsk. 210-247. (In Russian)
12. Nazimova, D. I. (1968). Lesorastitel'noe raionirovanie Zapadnogo Sayana. *Lesovedenie*, (1). 3-17. (In Russian)

13. Nosin, V. A. (1963). *Pochvy Tuvy*. Moscow. (In Russian)
14. Monitoring sostoyaniya okruzhayushchei sredy v predelakh litsenzionnogo uchastka Ak-Sugskogo medno-porfirovogo mestorozhdeniya: otchet. (2009). Kyzyl. (In Russian)
15. Smagin, V. N., Il'inskaya, S. A., & Nazimova, D. I. (1980). *Tipy lesov gor Yuzhnoi Sibiri*. Novosibirsk. (In Russian)
16. Sedel'nikov, V. P. (1988). *Vysokogornaya rastitel'nost' Altae-Sayanskoi gornoj oblasti*. Novosibirsk. (In Russian)
17. Sobolevskaya, K. A. (1950). *Rastitel'nost' Tuvy*. Novosibirsk. (In Russian)

Самбуу А. Д., Аюнова О. Д., Чупикова С. А. Структура растительного покрова северо-восточной части Тувы // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 33–41. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/06>

Sambu, A. D., Ajunova, O. D., & Chupikova, S. A. (2020). Structure of the vegetative cover of the north-eastern part of Tuva. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 33–41. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/06>

дата поступления: 05 июня 2019 г.

дата принятия: 10 сентября 2019 г.

© Самбуу А.Д., Аюнова О.Д., Чупикова С.А.

УДК 574.5:51-7:62

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/07>

В. Р. Цибульский, И. Г. Соловьев, Д. А. Говорков

УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ХОДА РОСТА ХВОЙНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВЫХ ХРОНОЛОГИЙ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

V. R. Tsubulsky, I. G. Solovyev, D. A. Govorkov

REFINEMENT OF CONIFER GROWTH MODELS BASED ON TREE-RING CHRONOLOGIES OF THE NORTH OF WESTERN SIBERIA

Аннотация. Предметом исследования является модель хода роста хвойных пород деревьев, получаемая на основе временных рядов ширины годичных колец. Тема статьи относится к обработке данных и восстановлению моделей применительно к дендрологии. Цель работы – уточнение восстановления модели хода роста за счет дополнения начала временных рядов ширины колец хвойных пород применительно к лесам Западной Сибири. Методика включает в себя дополнение начала ряда в связи с неучтенными фазами роста: проростки, ювенильная, имматурная и начало виргинильной во время измерения на высоте 1,3 м. Авторами проведены исследования на ряде образцов сканов и кернов, а также временных рядов, полученных другими учеными и приведенных в международной базе данных «Всемирный банк древесных колец». По результатам натурных исследований авторы рекомендуют дополнить начало временных рядов нулями в интервале 10–15 лет для сосны на юге Западной Сибири в зависимости от условий произрастания и для лиственницы и сосны на севере в интервале 15–30 лет в зависимости от почвенно-климатических условий и широтности. Последовательность операций по предварительной обработке для временных рядов, полученных посредством взятия керна следующая: усреднения прироста радиуса по 2 (3) взаимно-перпендикулярным направлениям одной особи, построение кривой роста радиуса, дополнения начала ряда, его нормализация, аппроксимация заданным видом функции роста. Для сканов возможно построение функции роста площади. При усреднении

Abstract. The subject of this research is conifer growth model based on time-series of annual rings width. The article addresses processing of data and model update in respect of forest dendrology. The purpose of study is to update the conifer growth model due to expansion of time-series of tree-rings width in regards to conifer forests in Western Siberia. The method represents expansion of time-series due to the fact that some growth phases had not been taken into account. When measurements were taken at the height of 1.3 meters, the following phases were not considered: seedling, juvenile, immature and beginning of virginile phase. The authors carried out examination of a number of scans and core samples, as well as time-series received by other scientists and which are contained in the International Tree-Ring Data Bank. Based on the results of field studies, the authors recommend to add some zeroes to the beginning of time-series within the range of 10–15 years for pine-trees in the south of Western Siberia, depending on growth conditions; the range of 15–30 years in the north for larch-trees and pine-trees depending on soil and climate conditions and latitude. The sequence of data pre-processing operations for time-series, received by means of core sampling, is as follows: averaging out of radius gain in 2 (3) mutually perpendicular directions for one specimen, graphing of radius gain curve, adding to the beginning of time-series, its normalization, approximation by specified growth function. It is possible to build area

группы модельных деревьев последовательность операций следующая: синхронизация рядов прироста взаимно-корреляционным методом, аппроксимации заданной функцией роста. Методика и результаты исследований могут быть применены в организациях лесного и нефтегазового комплекса при проведении мониторинга устойчивого состояния лесов. Предлагаемая методика восстановления модели кривой роста позволит более точно определить временные интервалы рационального лесопользования и восстановить цифровые модели популяций хвойных пород деревьев на севере Западной Сибири.

Ключевые слова: древесно-кольцевые хронологии; временные ряды; модель; онтогенетические состояния.

growth function for the scans. For averaging out a group of model trees, the sequence of operations is as follows: synchronization of time-series by cross-correlation method, approximation by specified growth function. Methods and results of studies can be applied in forest sectors and oil and gas industries for monitoring of forest health conditions. The proposed method of curve growth model update will allow to define more precisely time intervals for efficient forest exploitation as well as to reconstruct digital models of conifer populations in the north of Western Siberia.

Key words: tree-ring history; time-series; model; ontogenetic states.

Сведения об авторах: Цибульский Владимир Романович, SPIN-код: 4211-9183, д-р техн. наук, Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра СО РАН, г. Тюмень, Россия, v-tsib@yandex.ru; Соловьев Илья Георгиевич, SPIN-код: 4340-6350, канд. техн. наук, Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра СО РАН, г. Тюмень, Россия, solovyev@ikz.ru; Говорков Денис Александрович, SPIN-код: 3687-5960, канд. техн. наук, Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра СО РАН, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия, dagovorkov@mail.ru.

Author information: Tsibulsky Vladimir Romanovich, SPIN-code: 4211-9183, Dr. habil, Institute of North Development Problems, Tyumen Scientific Center, SB RAS, Tyumen, Russia, v-tsib@yandex.ru; Solovyev Ilya Georgievich, SPIN-code: 4340-6350, Ph.D., Institute of North Development Problems, Tyumen Scientific Center, SB RAS, Tyumen, Russia, solovyev@ikz.ru; Govorkov Denis Aleksandrovich, SPIN-code: 3687-5960, Ph.D., Institute of North Development Problems, Tyumen Scientific Center, SB RAS, Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia, dagovorkov@mail.ru.

Введение

Проблемой разработки моделей кривых роста и прироста деревьев занимались и занимаются многие ученые и научные школы. Чаще всего модели применялись и применяются для составления таблиц роста, оценки объемов фитомассы, запасов древесины, динамик их развития и экологии как древостоя, так и отдельных популяций. Сложность и адекватность математического описания хода роста определялась областью применения. Для таксации лесов применялись достаточно простые линейные модели, удобные при обработке данных измерений на местности. Для проведения научных исследований о влиянии различных внешних факторов на продуктивность древостоя во времени разрабатывались динамические модели – Бэсмана (1943 г.), Гуттенберга (1945 г.), Мичерлиха (1949 г.), Тауле (1953 г.), Томазиуса (1962 г.) и многих других авторов [3; 5; 13; 14]. Большинство из них были нелинейными и содержали различные трудно определяемые показатели. Модели, полученные на основе теории вероятностей и «теории встреч», впервые предложенные Глокерсом в 1932 г., успешно применяются и в настоящее время. Для решения экологических проблем необходимо иметь модели популяций, такие как у Свирежева, Логофета и других авторов [6; 8]. Они основаны на возрастной оценке фаз роста и баланса развития популяции. При этом разделение фаз определяется фитоценотическими показателями (количество вторичных корней, ветвление и пр.). Для Западной Сибири, где большая часть территорий покрыта лесом и тундрой, более интересны популяции деревьев-эдификаторов, определяющих фитоландшафт территории.

В практике лесопользования и аналитической оценки ресурса часто не пользуются начальной частью кривой прироста (роста) в силу разных причин, в числе которых неточность и хаотичность данных. Для оценки объемов ресурса это вполне оправдано. При оценке жизнеспособности популяции того или иного вида, в особенности деревьев-эдификаторов, необходима вся кривая, так как она характеризует выживаемость популяции, тогда как ниспадающая часть – только рождаемость (урожайность).

При моделировании необходимо предусмотреть возможность точнее определять границы этих состояний (фаз). Авторы в своих исследованиях ранее предлагали при обработке временных рядов на основе древесно-кольцевых хронологий (ДКХ) определять границы фаз ювенильной, виргинильной и генеративной по критерию равенства нулю второй и третьей производных кривой роста вида

$$r(t) = 1 - e^{-at \left[1 - e^{-(ct)^2} \right]}, \quad (1)$$

где a и c – постоянные, определяющие скорости роста и торможения соответственно [10–12].

Практика последующих исследований показала, что определение указанных границ, особенно первой, и определение постоянных a и c в значительной степени зависит от обработки данных начала

временных рядов на основе ДКХ, и при получении усредненных временных рядов одного дерева во взаимно-перпендикулярных направлениях и нескольких модельных деревьев в своем возрастном классе. Особенность временных рядов роста и прироста дерева заключается в том, что информация по приросту радиуса в отличие от высоты снимается при помощи керн или сканера на уровне 1,3 м, и поэтому ноль временного ряда $r(t)$ не совпадает с нулем ряда по высоте. Следовательно, при определении границ фаз необходимо учитывать возраст, за который дерево достигнет высоты 1,3 м, и добавлять его в начало ряда $r(t)$. Кроме того, при получении данных при помощи керн встречается хаотичный разброс начальных значений ширины радиуса по времени (см. рис. 1). На это в значительной степени влияет попадание «буравчика» в центр образования древесных колец.

При отклонении на 3–5 градусов ошибки по приросту могут составлять 50–100%. Кроме того, при взятии кернов у одного дерева во взаимно перпендикулярных направлениях встречается разброс по времени начала ряда. Это можно видеть на хронологии временных рядов, приведенных в таблице 1. Разброс может быть при выборе и усреднении рядов модельных деревьев одного возрастного класса (с равными диаметрами) на уровне 1,3 м. Практика показала, что ошибка в этом случае не превышает 10%, но влияние на аппроксимацию кривой роста более заметно. В этом случае временные ряды требуют синхронизации по времени и затем дополнения в начале некоторым количеством лет.

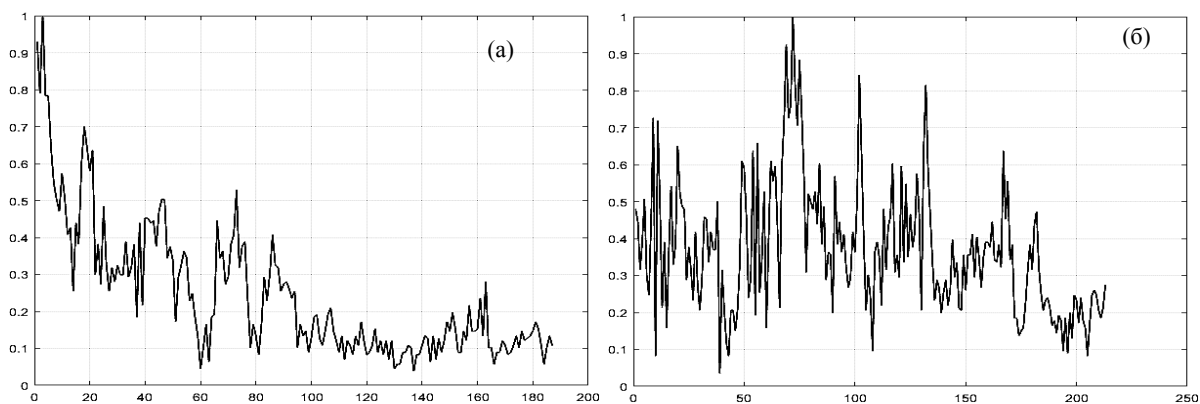


Рис. 1. Временные ряды прироста ДКХ лиственницы сибирской (а) – Nad 12-01, (б) – № 863042, п. Сидоровск ЯНАО (Всемирный банк древесных колец)

Таблица 1

Хронология временных рядов ДКХ, полученных во взаимно перпендикулярных направлениях у двух особей лиственницы сибирской

Лиственница сибирская п. Самбург*	Даты (годы)	
	Взятие керн	Начало ряда
Л 5-1	2014	1503
Л 5-2	2014	1511
Л 5-3	2014	1664
Л 1-1	2014	1557
Л 1-2	2014	1655
Л 1-3	2014	1739

* данные получены С. П. Арефьевым в результате полевых исследований.

Следует отметить, что если есть возможность при исследовании измерять ширину колец (на высоте 1,3 м) методом сканирования, то указанных факторов практически нет. Остается одна проблема дополнения временного ряда в начале.

Цель настоящей статьи – показать влияние корректного дополнения начала ряда и метода синхронизации временных рядов на аппроксимацию функцией предложенного вида и выработка рекомендаций по уточнению модели роста на примере хвойных пород Западной Сибири.

Методика и результаты исследований

Прежде всего необходимо уточнить методику дополнения временных рядов в начальной части от нуля и до тех значений, которые удалось получить в виде керн или снимка среза на высоте 1,3 м.

Как определить границы этого дополнения? Известно, что на разных широтах этот возраст различен. Для приблизительной оценки и получения какого-то критерия рассмотрим, какие онтогенетические состояния могут входить в эти границы. На рисунке 2 приведена в качестве примера фотография

продольного спила сосны в бореальной части леса Тюменского лесничества. На рисунке достаточно отчетливо видны конуса годичного прироста (7 шт.). Всего на разрезе 1,3 м их 11. Таким образом, на временном ряде не учтено 11 лет.

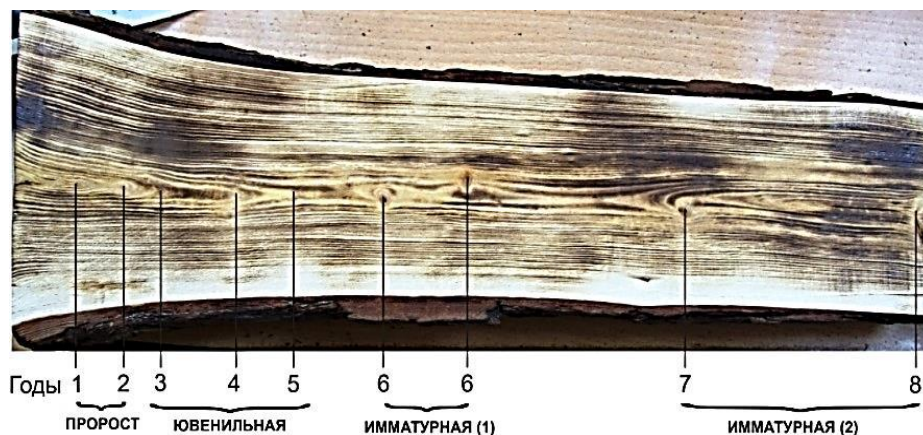


Рис. 2. Продольный спил сосны (*Pinus*) от корневой шейки до высоты 42 см. Юг Тюменской области. Возраст 50 лет, диаметр на уровне 1,3 м – 10,5 см

Для того чтобы уточнить, какая фаза и какие онтогенетические состояния находятся на этом отрезке, кратко приведем их описание:

– Фаза пророста – на продольном разрезе возможно отметить и измерить высоту, если спил сделан на 1–2 см ниже корневой шейки. Признаком окончания является слабозаметное присутствие зародышевой почки и в некоторых случаях первой верхушечной. При этом заметно «обтекание» первым слоем более плотных растительных клеток. Высота составила 3,5 и 6 см соответственно.

– Ювенильная фаза – может состоять из 2–3 годичных приростов. На разрезе это означает 2–3 «конуса» из плотных клеток без сучков. Окончание знаменуется образованием кроме верхушечной крупных боковых почек, из которых в следующей фазе образуются удлиненные боковые побеги [1]. В нашем случае это 7,5; 10,5; 14,5 см и первые боковые 20 см.

– Имматурная фаза (I) – начинается ветвление, т. е. порядок ветвления равен двум. Обычно верхушечный побег равен первому боковому – 24,2; 35,7 и 49,3 см.

– Имматурная фаза (II) – это ветвление 2-го и 3-го порядка – 65; 76 и 97 см (на снимке нет). Прирост все еще слабый, около 10–20 см.

– Виргинильная фаза (I) – усиленный рост верхушечных побегов ~ 30–50 см и менее интенсивный боковых ~ 20 см. Ветвление в основном 4-го порядка. В нашем случае это 119 см и выше.

Таким образом, в неучтенные попадают стадии проростка, ювенильная, имматурная и начало виргинильной. Это подтверждается и работами О. И. Евстигнеева, М. В. Фардеевой и Г. Р. Исламовой [1; 9; 13]. На вышеприведенные цифры в значительной степени влияют условия произрастания и климатическая зона. Например, у Б. Н. Норина есть исследования по ходу роста подроста [7] лиственницы и ели, из которых понятно, что на широте лесотундры у лиственницы неучтенный возраст может составлять 15–30 лет в зависимости от почвенного покрова.

Исследования Т.Л. Ленковой по оценке качества подростка в лесах Западной Сибири подтверждают эти значения [4]. Аналитические исследования, проводимые авторами, показали, что этот эффект значительно влияет на определение границ между фазами. Причем влияет как количество дополнительных лет, так и методика. На рисунке 3 приведены кривые роста лиственницы сибирской и их аппроксимации без дополнения и с дополнением нулями в течении 10 лет, 20 лет. Аппроксимация производилась по приведенной формуле (1) и при максимальном приближении в точках 50, 100, 150 лет в соответствии с рекомендациями по таксации лесов [2]. Разброс в оценке границ от их первого значения составляет 20%.

Предлагаемая методика рекомендуется при измерении ширины древесных колец, производится в двух вариантах: при помощи керн и микроскопа и сканированием среза на уровне 1,3 м. В первом случае необходим этап предварительной оценки данных. На рисунке 1 приведены два ряда ДКХ. В начале ряда нет участка со слабым ростом, но при этом присутствуют большие и хаотичные значения ширины колец. Если два других взаимно перпендикулярных направления взятия керн дают ту же картину, то для наших целей эти данные не подходят. Следует выбрать другое дерево из этого возрастного класса и еще раз взять керн. Если один из кернов дает корректную кривую, то следует взять ее за осно-

ву и не усреднять с некорректными. Во втором методе измерения такого эффекта, как правило, не встречается. Общим этапом предварительной обработки является усреднение временных рядов (по данным кернов) одного дерева во взаимно перпендикулярных направлениях. Здесь из-за неточности определения начала роста необходима проверка на максимум взаимной корреляции. Последнее исключает случайный сдвиг на 1–2 года. В случае проведения усреднения нескольких модельных деревьев в своем возрастном классе неизбежна разная длина временных рядов в связи с разным возрастом. Необходима процедура синхронизации рядов по времени при помощи попарной взаимной корреляции или по дате взятия керна (скана). На рисунке 4 приведены усредненные кривые роста лиственницы сибирской, демонстрирующие заметную разницу.

Таким образом, методика уточнения модели заключается в дополнении временных рядов древесно-кольцевых хронологий в начальной части от проростка до виргинильной фазы нулями длительностью в зависимости от условий произрастания и климатических особенностей территории. На юге Западной Сибири для сосны это 10–15 лет в зависимости от условий произрастания и освещенности. На севере для сосны и лиственницы это 15–30 лет. Кроме дополнения начала ряда необходима синхронизация временных рядов при усреднении рядов одной особи в разных направлениях по дате получения керна и усреднении группы модельных деревьев одного класса взаимно-корреляционным методом. Предлагаемая методика позволяет более корректно определять параметры a , c и моменты времени t_0 , t_1 , t_2 .

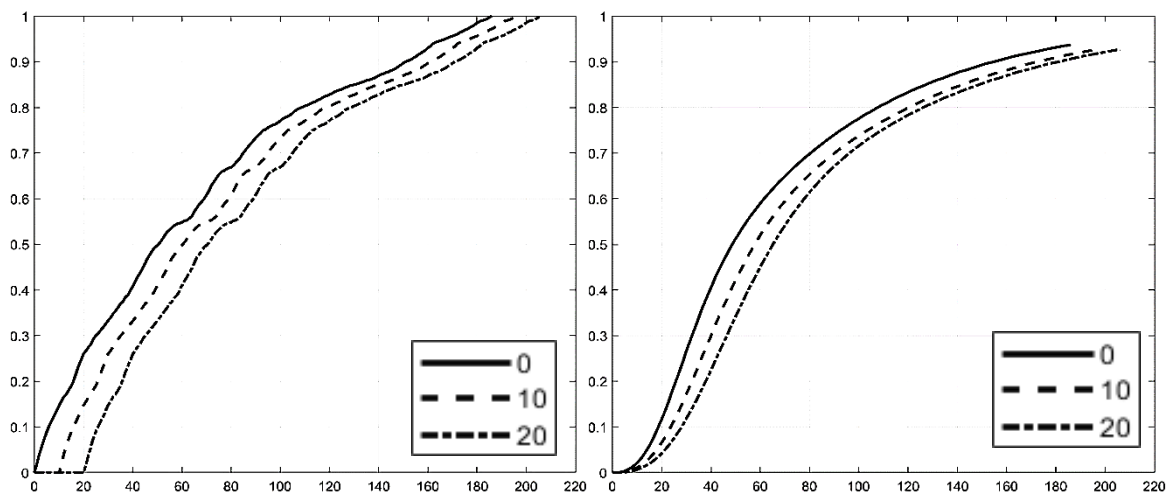


Рис. 3. Кривые роста лиственницы сибирской (Лсб) Nad 12-01
(а) – кривые роста с дополнениями нулями в течении 0, 10, 20 лет, (б) – их аппроксимации по формуле (1)

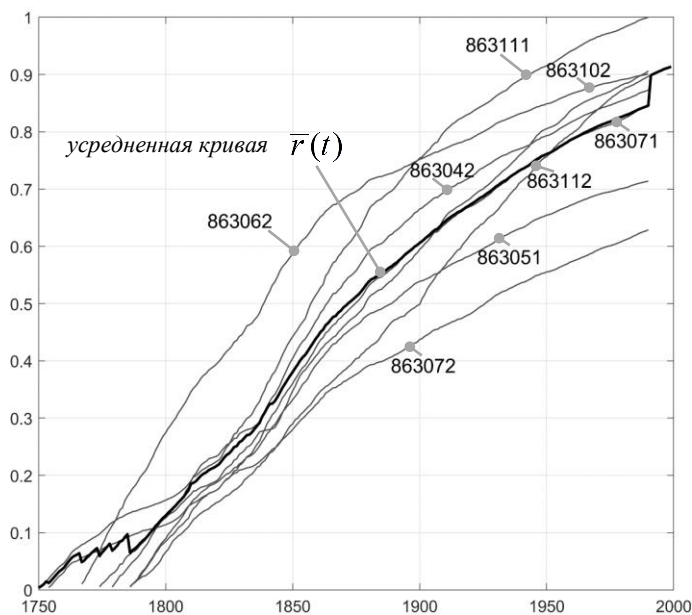
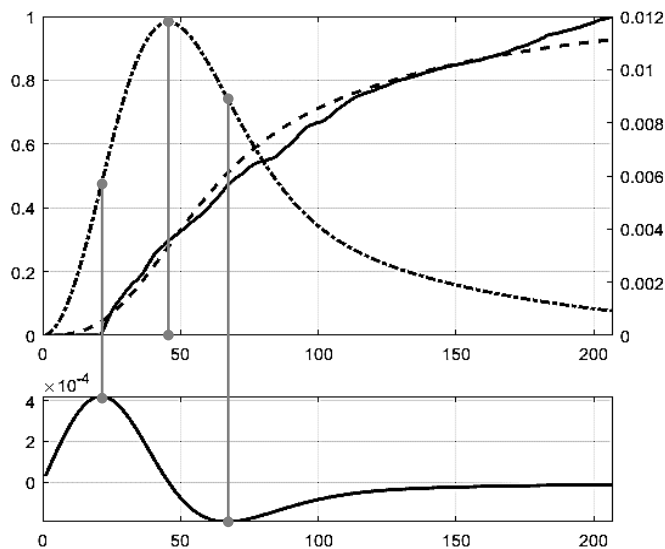


Рис. 4. Кривые роста группы модельных деревьев одного возрастного класса и их усреднение $\bar{r}(t)$.
Данные взяты в международной базе для редколесья Ямало-Ненецкого округа



Рис. 5. Схематическое изображение методики уточнения кривой роста и определения границ фаз роста: ювенильной–виргинильной (t_1) виргинильной–генеративной (t_2); t_0 – точка максимального значения скорости роста; а и с – коэффициенты модели роста (1)

Последовательность процедур предварительной обработки данных, аппроксимации кривых роста и определения искомых границ фаз и параметров модели приведены на рисунке 5, демонстрационный пример – на рисунке 6.



a	c	t_1	t_0	t_2
0,0129	0,0156	26	55	81

Рис. 6. Усредненный ряд для лиственницы (район г. Надыма) с удлиненным начальным участком в 20 лет и весами фильтрации в точках 50, 100, 150 лет, t_1 – граница между ювенильной и виргинильной фазами роста, t_0 – точка максимального прироста, t_2 – граница между виргинильной и генеративной фазами роста

По результатам исследований авторы рекомендуют дополнить начало временных рядов нулями в интервале 10–15 лет для сосны на юге Западной Сибири в зависимости от условий произрастания и на севере для лиственницы и сосны в интервале 15–30 лет в зависимости от почвенно-климатических условий и широтности.

Последовательность операций по предварительной обработке для временных рядов, полученных посредством взятия керна, следующая: усреднения прироста радиуса по 2(3) направлениям одной особи, построение кривой роста радиуса дополнения начала радиуса, нормализация ряда, аппроксимация заданным видом функции роста. Для сканов возможно построение функции роста площади.

При усреднении группы модельных деревьев последовательность операций следующая: синхронизация рядов прироста взаимно-корреляционным методом, усреднение рядов прироста, построение кривой роста, дополнение начала ряда, его нормализация, аппроксимация функцией заданного вида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евстигнеев О. И. Поливариантность сосны обыкновенной в Брянском полевье // Лесоведение. 2014. № 2. С. 69–77.
2. Загреб В. В., Сухих В. И., Швиденко А. З., Гусев Н. Н., Мошкалева А. Г. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М., 1992.
3. Кофман Г. Б. Рост и форма деревьев. М., 1986.
4. Ленкова Т. Л., Иванов В. В., Абаимов А. П. Оценка качества подроста в притундровых лесах Средней Сибири // Сибирский экологический журнал. 2007. Т. 14. № 2. С. 219–224.
5. Лир Х., Польстер Г., Фидлер Г. Н. Физиология древесных растений. М., 1967.
6. Логофет Д. О. Ещё раз о проекционных матрицах: индикатор потенциального роста и польза индикации // Фундаментальная и прикладная математика. 2012. Т. 17. № 6. С. 41–63. <https://doi.org/10.1007%2Fs10958-013-1494-3>
7. Норин Б. Н. К познанию семенного и вегетативного возобновления древесных пород в лесотундре // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. М.-Л.: АН СССР. Вып. 3. 1958. С. 154–244.
8. Свирежнев Ю. М., Логофет Д. О. Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука, 1978.
9. Фардеева М. В., Исламова Г. Р. Особенности популяционной организации древесных видов хвойно-широколиственных лесов // Филология и культура. 2007. № 9-10. С. 112–121.
10. Цибульский В. Р., Арефьев С. П., Коновалов А. А., Говорков Д. А. Идентификация фаз роста деревьев хвойных пород на основе временных рядов древесно-кольцевых хронологий // Вестник кибернетики. 2016. № 4. С. 18–23.
11. Цибульский В. Р., Коновалов А. А., Арефьев С. П. Кривые хода роста и прироста хвойных деревьев на севере Западной Сибири // Вестник ТюмГУ. Экология и природопользование. 2016. Т. 2. № 3. С. 59–70. <https://doi.org/10.21684/2411-7927-2016-2-3-59-70>
12. Цибульский В. Р., Соловьев И. Г., Говорков Д. А. Особенности определения границ онтогенетических состояний хвойных пород на примере северной тайги Западной Сибири // Человек и Север: Антропология, археология, экология. 2018. С. 596–601.
13. Evstigneev O. I., Korotkov V. N. Ontogenetic stages of trees: an overview // Russian journal of ecosystem ecology. 2016. № 2. P. 1–31. <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2016-2-1>
14. Thomasius H. Untersuchungen über die Brauchbarkeit einiger Wachstumsgrößen von Bäumen und Beständen für die qualitative Standortsbeurteilung // Archiv für Forstwesen. 1963. Vol. 12. № 12. P. 1267–1323.

REFERENCES

1. Evstigneev, O. I. (2014). Polivariantnost' sosny obyknovnoy v Bryanskom poles'e [Ontogenesis polyvariability of Scotch pine in Bryansk Polesia]. *Lesovedenie*, (2), 69-77. (in Russian)
2. Zagreb, V. V., Sukhikh, V. I., Shvidenko, A. Z., Gusev, N. N., Moshkaleva, A. G. (1992). Obshchesoyuznye normativy dlya taksatsii lesov. Moscow-Leningrad. (In Russian).
3. Kofman, G. B. (1986). Rost i forma derev'ev. Moscow. (in Russian)
4. Lenkova, T. L., Ivanov, V. V., & Abaimov, A. P. (2007). Otsenka kachestva podrosta v pritundrovyykh lesakh Srednei Sibiri [Evaluation of the Quality of Underwood in Sub-Tundra Forests of Middle Siberia]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal [Siberian Journal of Ecology]*, 14(2), 219-224. (In Russian).
5. Lir, Kh., Pol'ster, G., & Fidler, G. N. (1967). *Fiziologiya drevesnykh rastenii*. Moscow. (in Russian)
6. Logofet, D. O. (2013). Eshche raz o proektsionnykh matritsakh: indikator potentsial'nogo rosta i pol'za indikatsii. *Fundamental'naya i prikladnaya matematika [Journal of Mathematical Sciences (New York)]*, 193(5), 671–686. <https://doi.org/10.1007%2Fs10958-013-1494-3> (in Russian)
7. Norin, B. N. (1958). K poznaniyu semennogo i vegetativnogo vozobnovleniya drevesnykh porod v lesotundre. In *Rastitel'nost' Krainego Severa SSSR i ee osvoenie*, (3). 154-244. (In Russian).
8. Svirezhev, Yu. M., & Logofet, D. O. (1978). *Ustoichivost' biologicheskikh soobshchestv*. Moscow. (in Russian)
9. Fardeeva, M. V., & Islamova, G. R. (2007). Osobennosti populyatsionnoi organizatsii drevesnykh vidov khvoynoshirokolistvennykh lesov [The peculiarities of the population of arboretum' organization of deciduous-coniferous woods]. *Philology and Culture*, (9-10). 112-121.
10. Tsubul'sky, V. R., Arefev, S. P., Kononov, A. A., & Govorkov, D. A. (2016). Identifikatsiya faz rosta derev'ev khvoynnykh porod na osnove vremennykh ryadov drevesno-kol'tsevykh khronologii [Identification of coniferous tree growth phases with time series of annual ring chronologies]. *Vestnik kibernetiki [Proceedings in Cybernetics]*, 4(24), 18-23. (in Russian)
11. Tsubul'sky, V. R., Kononov, A. A., & Arefev, S. P. (2016). Krivye khoda rosta i prirosta khvoynnykh derev'ev na severe Zapadnoi Sibiri [Restoration of Age and Gain Curves in the Tree-Ring Chronologies of Coniferous Plants in the North of the

Western Siberia]. *Vestnik TyumGU. Ekologiya i prirodopol'zovanie [Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology]*, 2(3). 59-70. <https://doi.org/10.21684/2411-7927-2016-2-3-59-70> (in Russian)

12. Tsibulsky, V. R., Soloviev, I. G., & Govorkov, D. A. (2018). Osobennosti opredeleniya granits ontogeneticheskikh sos-toyanoi khvoynykh porod na primere severnoi taigi Zapadnoi Sibiri. In *Chelovek i Sever: Antropologiya, arheologiya, ekologiya*, 596-601. (in Russian)

13. Evstigneev, O. I., & Korotkov, V. N. (2016). Ontogenetic stages of trees: an overview. *Russian journal of ecosystem ecology*, (2). 1-31. <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2016-2-1>

14. Thomasius, H. (1963). Untersuchungen über die Brauchbarkeit einiger Wachstumsgrößen von Bäumen und Beständen für die qualitative Standortsbeurteilung. *Archiv für Forstwesen*, 12(12), 1267-1323.

Цибульский В. Р., Соловьев И. Г., Говорков Д. А. Уточнение моделей хода роста хвойных пород на основе древесно-кольцевых хронологий севера Западной Сибири // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 41–48. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/07>

Tsibulsky, V. R., Solovyev, I. G., & Govorkov, D. A. (2020). Refinement of conifer growth models based on tree-ring chronologies of the north of Western Siberia. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 41–48. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/07>

дата поступления: 16 октября 2019 г.

дата принятия: 24 декабря 2019 г.

© Цибульский В.Р., Соловьев И.Г., Говорков Д.А.

УДК 58.085

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/08>

Е. В. Немцова, А. В. Харин, И. А. Разлуго

ВЛИЯНИЕ ДИОКСИДА КРЕМНИЯ «КОВЕЛОС-СОРБ» НА ПАРАМЕТРЫ РОСТА *RHODODENDRON ROSEUM* (LOISEL.) REHDER В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

Ye. V. Nemtsova, A. V. Harin, I. A. Razlugo

THE INFLUENCE OF SILICON DIOXIDE KOVELO-SORB ON GROWTH CHARACTERISTICS OF *RHODODENDRON ROSEUM* (LOISEL.) REHDER CULTIVATED *IN VITRO*

Аннотация. В настоящей работе описано стимулирующее действие синтетического аморфного диоксида кремния на параметры роста мериклонов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder, размножаемого в культуре *in vitro*. Целью работы являлось определение оптимального состава питательных сред на основе аморфного кремнезема «Ковелос-Сорб», используемых для клонального микроразмножения рододендронов. Установлено, что оптимальным для стимуляции роста побегов мериклонов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder являлось добавление в питательную среду Андерсона 100 мг/л аморфного диоксида кремния. Для стимуляции размножения и получения большого количества посадочного материала оптимальным являлось использование среды Андерсона, содержащей 50 мг/л аморфного кремнезема. Для укоренения растений-регенерантов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder в культуре *in vitro* оптимальным являлось использование среды Андерсона, содержащей синтетический аморфный диоксид кремния в количестве 50–150 мг/л в сочетании с ИУК в количестве 1,5 мг/л.

Ключевые слова: *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder; аморфный диоксид кремния «Ковелос-Сорб»; клональное микроразмножение.

Abstract. The article reveals a stimulating effect of synthetic amorphous silicon dioxide on growth parameters *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder, propagating itself *in vitro*. The purpose of this study was to identify the optimum composition of culture medium on the basis of amorphous silica 'Kovelos-Sorb', used for clonal micropropagation of rhododendrons. It was established that it is preferable to add to Anderson culture medium 100 mg/L of amorphous silicon dioxide, which stimulated the growth of mericlone germs *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder. In order to stimulate propagation and for receiving a vast amount of propagating material, it was optimal to use Anderson medium which contained 50 mg/L of amorphous silicon dioxide. For establishment of regenerative plants *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder *in vitro*, it was optimal to use Anderson medium which contained synthetic amorphous silicon dioxide in amounts of 50–150 mg/L combined with indoleacetic acid in amounts of 1.5 mg/L.

Key words: *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder; amorphous silicon dioxide; Kovelos-Sorb; clonal micropropagation.

Сведения об авторах: Немцова Елена Валентиновна, ORCID: 0000-0002-6518-7799, канд. биол. наук, Брянский государственный университет им. ак. И. Г. Петровского, г. Брянск, Россия, elenanemz@mail.ru; Харин Андрей Викторович, ORCID: 0000-0002-2515-9996, SPIN-код: 2705-8104, канд. биол. наук, Брянский государственный университет им. ак. И. Г. Петровского, г. Брянск, Россия; Разлуго Ирина Алексеевна, ORCID: 0000-0001-7587-777X, Брянский государственный университет им. ак. И. Г. Петровского, г. Брянск, Россия.

About the authors: Nemtsova Elena Valentinovna, ORCID: 0000-0002-6518-7799, Ph.D., Bryansk State University named after Acad. I. G. Petrovsky; Bryansk, Russia, elenanemz@mail.ru; Harin Andrey Viktorovich, ORCID: 0000-0002-2515-9996, SPIN-code: 2705-8104, Ph.D., Bryansk State University named after Acad. I. G. Petrovsky, Bryansk, Russia; Razlugo Irina Alekseevna, ORCID: 0000-0001-7587-777X, Bryansk State University named after Acad. I. G. Petrovsky, Bryansk, Russia.

Введение

Применение соединений кремния при культивировании растений *in vitro* представляет перспективу для производства оздоровленного посадочного материала, легко адаптирующегося к неблагоприятным условиям среды. Известно, что соединения кремния, в том числе диоксид кремния, осуществляют огромное количество функций в жизни растений, как в обычных, так и в стрессовых условиях. Роль аморфного диоксида кремния можно сравнить с ролью вторичных органических метаболитов, выполняющих в растениях защитные функции [4].

Добавление аморфного диоксида кремния в питательную среду при культивировании *in vitro* стимулирует органогенез, эмбриогенез, влияет на ростовые процессы, морфологические, анатомо-физиологические характеристики, повышает толерантность к низкой температуре и солености, защищает клетки от токсичности металлов, предотвращает окислительное фенольное потемнение и снижает частоту гипергидрации у различных растений [9]. Аморфный диоксид кремния обладает значительным потенциалом для применения в широком спектре исследований культуры тканей растений, таких как криоконсервация, органогенез, микропропагация, соматический эмбриогенез и производство вторичных метаболитов.

В ходе экспериментов с аморфным диоксидом кремния в культуре *in vitro* было выявлено, что он увеличивает устойчивость каллуса винограда к низким температурам [6]. Это показывает, что аморфный диоксид кремния может быть использован в качестве криопротектора и включен в криопротекторную смесь для минимизации токсичности других криопротекторов.

Добавление диоксида кремния в питательную среду приводит к замедлению роста болезнетворных микроорганизмов и увеличивает регенеративный потенциал мериклонов пасленовых, культивируемых *in vitro* [8].

Установлено, что аморфный диоксид кремния в культуре *in vitro* уменьшает солевой стресс у некоторых видов растений, ограничивая поглощение хлорида натрия, а также поддерживает ультраструктуру устьиц, улучшает фотосинтетическую активность, уменьшает содержание свободного пролина и активизирует синтез антиоксидантных ферментов [7].

Известно, что использование аморфного диоксида кремния в культуре *in vitro* повышает засухоустойчивость, снижает токсичность свинца, алюминия и других металлов, повышает устойчивость к радиационным и температурным стрессам [3].

Изучены оптимальные количества аморфного кремнезема, стимулирующие рост мериклонов *in vitro*. Добавление аморфного кремнезема в питательную среду в количестве 100 мг/л приводило к увеличению некоторых параметров роста мериклонов яблони (длина побега, коэффициент размножения, масса сухого вещества), повышало содержание хлорофилла [2]. Использование аморфного кремнезема в составе питательной среды Мурасиге-Скуга количеством 100 мг/л (1,66 мМ в пересчете на метакремниевую кислоту) приводило к увеличению коэффициента размножения бананов на 50%. Адаптация таких мериклонов проходила эффективнее при добавлении в питательный субстрат аморфного кремнезема в количестве 2 г/кг, – растения характеризовались большей устойчивостью к недостатку влаги и фузариозу [5].

Целью данной работы являлось определение оптимального состава питательных сред на основе аморфного кремнезема «Ковелос-Сорб», используемых для клонального микроразмножения рододендронов (на примере *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder).

Научная новизна настоящего исследования заключается в определении количества аморфного диоксида кремния, обладающего стимулирующим влиянием на рост корней и побегов растений регенерантов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder в культуре *in vitro*.

Разработанная методика использования аморфного диоксида кремния для размножения рододендронов в культуре *in vitro* может применяться для создания протоколов клонального микроразмножения других сельскохозяйственных культур. Результаты исследования могут быть использованы для создания технологии применения аморфного диоксида кремния в качестве регулятора роста растений.

Методика и материалы исследования

Изучали влияние аморфного диоксида кремния на морфометрические показатели, коэффициент размножения и укореняемость растений-регенерантов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder (гибридный сорт, белоцветковая форма), размножаемых в культуре *in vitro* с использованием питательной среды Андерсона для размножения и укоренения [1]. В состав среды вводили синтетический аморфный диоксид кремния «Ковелос-Сорб» в количестве 50, 100 и 150 мг/л (производство ООО «Экокремний»). В состав среды для укоренения включали 1,5 мг/л ИУК (индолилуксусная кислота).

Побеги рододендронов, размножаемых микроклонально, отделяли от первичного эксплантата, делили на 2–3-х пазушные черенки и переносили на питательную среду согласно схеме опыта. Все эксперименты проводили в трехкратной повторности, на каждый вариант опыта приходилось по 30–40 микропобегов.

Культивирование микропобегов осуществляли при 25°C под лампами дневного света при 16-часовом фотопериоде. Длительность субкультивирования составляла 8 недель. Определяли длину побегов и корней, число корней и коэффициент размножения. Статистическую обработку результатов исследования проводили с использованием программы Microsoft Excel 2017; отличия достоверны при $p \leq 0,05$. Работа выполнялась с использованием оборудования лаборатории ИННО-центра биотехнологии и экологии БГУ в 2016–2018 гг.

Результаты исследования

Влияние аморфного диоксида кремния на коэффициент размножения и длину побегов мериклонов Rhododendron roseum (Loisel.) Rehder

Выявлено стимулирующее рост и размножение мериклонов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder действие синтетического аморфного диоксида кремния, вводимого в состав среды Андерсона (табл. 1, рис. 1). Оптимальным для стимуляции роста побегов мериклонов являлось применение питательной среды Андерсона для размножения рододендронов, содержащей 100 мг/л аморфного кремнезема (рис. 2) – в этом случае средняя длина побегов составляла $2,29 \pm 0,24$ см, что в 2,1 раза больше показателя контрольного варианта ($1,09 \pm 0,16$ см). При использовании диоксида кремния в количестве 50 мг/л длина мериклонов рододендронов составляла $1,60 \pm 0,14$ см, что в 1,5 раза больше длины побегов контрольного варианта (достоверно при $p \leq 0,05$).

Таблица 1

Влияние аморфного диоксида кремния на морфометрические показатели растений-регенерантов рододендронов в культуре *in vitro*

Вариант	Контроль	50 мг/г	100 мг/г	150 мг/г
Длина побега, мм	$1,09 \pm 0,16$	$1,60 \pm 0,14^*$	$2,29 \pm 0,24^*$	$1,01 \pm 0,13$
Коэффициент размножения, штук	$13,17 \pm 1,92$	$35,50 \pm 2,24^*$	$19,00 \pm 1,89^*$	$12,00 \pm 1,21$

* – достоверно при $p \leq 0,05$

Включение в состав питательной среды аморфного диоксида кремния в количестве 150 мг/г не приводило к увеличению длины побега – в этом случае она составляла $1,01 \pm 0,13$ см, что примерно соответствовало аналогичному показателю для растений контрольного варианта ($1,09 \pm 0,16$ см, отличия недостоверны при $p \leq 0,05$).

Введение в состав среды Андерсона для размножения рододендронов аморфного диоксида кремния приводило к увеличению коэффициента размножения опытных растений. Коэффициент размножения рододендронов в контрольном варианте составил $13,17 \pm 1,92$, при введении диоксида кремния в количестве 50 мг/л – $35,50 \pm 2,24$, что в 2,7 раза больше показателя контрольного варианта (отличия достоверны при $p \leq 0,05$, табл. 1, рис. 2).

Использование питательной среды Андерсона с диоксидом кремния в количестве 100 мг/л приводило к увеличению коэффициента размножения рододендронов в 1,4 раза по сравнению с контролем, отличия достоверны при $p \leq 0,05$. Средний показатель составил $19,00 \pm 1,89$ шт. Коэффициент размножения растений регенерантов на питательной среде с содержанием диоксида кремния 150 мг/л составлял $12,00 \pm 1,21$, что немного меньше по сравнению с растениями контрольного варианта (отличия недостоверны при $p \leq 0,05$).



Рис. 1. Влияние аморфного диоксида кремния на рост растений-регенерантов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder. Снизу вверх: контроль – среда Андерсона, вариант 1 – среда Андерсона, содержащая 50 мг/л аморфного кремнезема, вариант 2 – среда Андерсона, содержащая 100 мг/л аморфного кремнезема, вариант 3 – среда Андерсона, содержащая 150 мг/л аморфного кремнезема

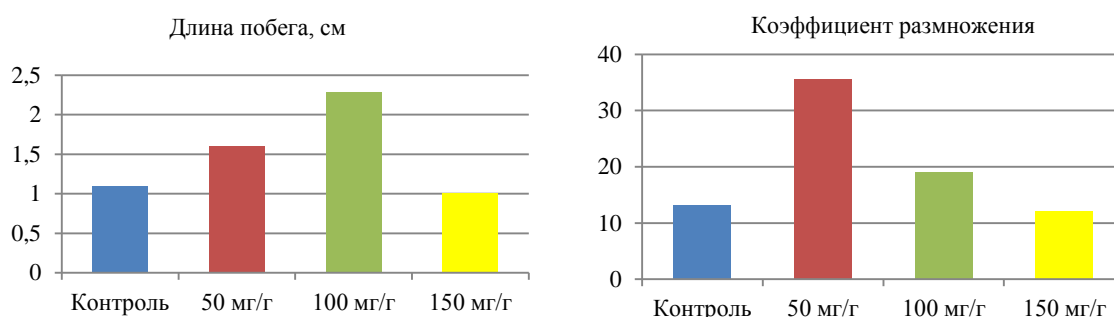


Рис. 2. Влияние аморфного кремнезема на длину побегов и коэффициент размножения растений-регенерантов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder

Оптимальным для увеличения числа растений-регенерантов рододендронов являлось использование 50 мг/л аморфного кремнезема, что приводило к увеличению общего количества побегов в 2,7 раза. Использование такой питательной среды предпочтительно, если цель – получение большого количества посадочного материала в краткие сроки. Однако длина побегов таких мериклонов всего в 1,5 раза превышала контрольный показатель, что, видимо, связано с недостатком питательных веществ из-за большого количества побегов в конгломерате и замедлением темпов роста.

Применение среды, содержащей 100 мг/л аморфного кремнезема, увеличивало коэффициент размножения рододендронов всего в 1,4 раза, но посадочный материал характеризовался лучшим качеством. Основным преимуществом являлось более чем двукратное увеличение длины побега по сравнению с контрольными растениями и достаточно высокий коэффициент размножения.

Влияние аморфного кремнезема на укоренение растений-регенерантов Rhododendron roseum (Loisel.) Rehder в культуре in vitro

Изучали влияние аморфного кремнезема на процессы укоренения мериклонов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder, культивируемого *in vitro* с использованием среды Андерсона для укоренения (табл. 2).

Одновременно с изучением влияния аморфного кремнезема на корнеобразование оценивали его воздействие на рост и состояние побегов, а также коэффициент размножения. Обнаружено, что внесение аморфного кремнезема в питательные среды для стимуляции корнеобразования влияло также и на коэффициент размножения и длину мериклонов, причем имелась тенденция к увеличению длины побегов укореняемых мериклонов при внесении диоксида кремния (табл. 2). Так, на питательной среде, содержащей 150 мг/л аморфного кремнезема, длина побегов рододендронов составляла $1,65 \pm 0,09$, что в

1,3 раза больше аналогичного показателя контрольного варианта (достоверно при $p \leq 0,05$). Качество побегов, полученных на средах с аморфным кремнеземом, при визуальном осмотре лучше состояния контрольных растений.

Таблица 2

Влияние аморфного диоксида кремния на процессы укоренения растений-регенерантов рододендронов в культуре *in vitro*

Вариант	Длина побега, см	Коэффициент размножения, шт.	Длина корня, см	Кол-во корней, шт.
Среда Андерсона	1,27±0,05	1,10±0,05	0,95±1,09	1,12±0,03
Среда Андерсона+SiO ₂ (50 мг/л)	1,54±0,08	1,00±0,04	1,88±0,27*	2,27±0,85*
Среда Андерсона+SiO ₂ (100 мг/л)	1,43±0,08	1,22±0,1	1,83±0,47*	1,33±0,21
Среда Андерсона+SiO ₂ (150 мг/л)	1,65±0,09*	1,59±0,54*	1,59±0,54*	2,33±0,33*
Среда Андерсона+ИУК (1,5 мг/л)	1,88±0,05*	1,40±0,16	1,01±0,09	3,26±0,13*
Среда Андерсона+SiO ₂ (50 мг/л)+ИУК (1,5 мг/л)	1,77±0,17*	1,05±0,05	1,24±0,08	4,76±0,44*
Среда Андерсона+SiO ₂ (100 мг/л)+ИУК (1,5 мг/л)	1,65±0,11*	1,00±0,03	1,19±0,09	4,38±0,61*
Среда Андерсона+SiO ₂ (150 мг/л)+ИУК (1,5 мг/л)	1,95±0,12*	1,15±0,08	1,87±0,09*	4,44±0,63*

* – достоверно при $p \leq 0,05$

Обнаружена тенденция к увеличению коэффициента размножения мериклонов рододендронов при внесении аморфного кремнезема на этапе укоренения. Введение диоксида кремния в количестве 50 мг/л в среду Андерсона не приводило к заметному увеличению числа побегов – оно составляло 1,00±0,04, что практически соответствовало контрольному показателю (1,10±0,05). Использование 100 мг/л диоксида кремния приводило к увеличению числа побегов в 1,1 раза (1,22±0,1, недостоверно при $p \leq 0,05$). Применение среды, содержащей 150 мг/л диоксида кремния, приводило к увеличению коэффициента размножения опытных растений в 1,4 раза (достоверно при $p \leq 0,05$). Количество побегов опытных растений при внесении 150 мг/л препарата составляло 1,59±0,54, контрольных – 1,10±0,05 (табл. 2).

Изучали влияние внесения аморфного кремнезема в среду Андерсона на длину и количество корней. Использование питательной среды с диоксидом кремния в количестве 50 мг/л (без ИУК) приводило к двукратному увеличению средней длины корней мериклонов (рис. 3). В контрольном варианте длина корней мериклонов рододендронов составляла 0,95±1,09 см, при использовании 50 мг/л препарата – 1,88±0,27 см, 100 мг/л – 1,83±0,47 см. Использование для укоренения диоксида кремния в количестве 150 мг/л приводило к увеличению длины корней в 1,6 раза (1,59±0,54 см) по сравнению с контролем (достоверно при $p \leq 0,05$).

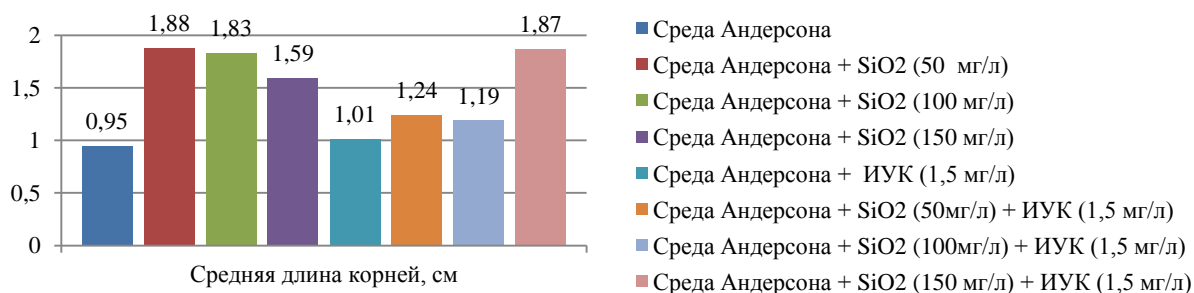


Рис. 3. Влияние состава питательной среды на длину корней растений-регенерантов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder

Изучали влияние препарата на среднее количество корней мериклонов рододендронов (табл. 2, рис. 4). Использование среды Андерсона, содержащей 50 мг/г аморфного кремнезема (без ИУК), приводило к увеличению числа корней в 2,3 раза по сравнению с контролем. В контрольном варианте корнеобразование слабое – число корней составляло 1,12±0,03 шт., при использовании кремнезема – 2,27±0,85 шт. (достоверно при $p \leq 0,05$).

Использование среды с содержанием диоксида кремния 100 мг/л приводило к увеличению количества корней в 1,2 раза, 150 мг/л – в 2,3 раза по сравнению с контрольным вариантом. Среднее число корней мериклонов рододендронов на питательной среде, содержащей 100 мг/л аморфного кремнезема,

составило $1,33 \pm 0,21$ шт., $150 \text{ мг/л} - 2,33 \pm 0,33$ шт. Данные оказались недостоверными при $p \leq 0,05$ при использовании 100 мг/л препарата (табл. 2, рис. 4).

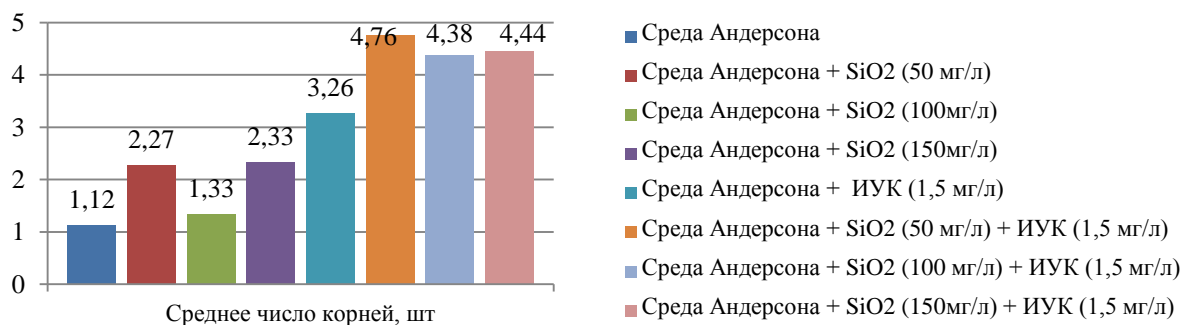


Рис. 4. Влияние состава питательной среды на число корней у растений-регенерантов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder

*Влияние аморфного кремнезема в сочетании с ИУК на укоренение растений-регенерантов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder в культуре in vitro*

Оптимальным для стимуляции корнеобразования рододендронов являлось применение среды Андерсона, содержащей диоксид кремния в сочетании с ИУК, результаты представлены в таблице 2 и на рисунках 3–5. Выявлено, что использование данной среды приводило к формированию более качественных побегов, с большим количеством корней и листьев по сравнению с контрольным вариантом (рис. 5).

При культивировании регенерантов рододендронов на среде Андерсона, содержащей аморфный кремнезем и ИУК, длина побегов в 1,2 раза превышала аналогичный показатель при использовании среды, содержащей аморфный кремнезем без ИУК.

Введение аморфного кремнезема в среду Андерсона для укоренения, содержащую $1,5 \text{ мг/л}$ ИУК, практически не влияло на длину побегов растений-регенерантов рододендронов и их коэффициент размножения. При использовании среды Андерсона с $1,5 \text{ мг/л}$ ИУК средняя длина побегов рододендронов составила $1,88 \pm 0,05 \text{ см}$, при введении в эту среду 50 мг/л диоксида кремния – $1,77 \pm 0,1 \text{ см}$, 100 мг/л – $1,65 \pm 0,11 \text{ см}$, 150 мг/л – $1,95 \pm 0,12 \text{ см}$ (отличия недостоверны при $p \leq 0,05$). Коэффициент размножения в контрольном варианте (среда Андерсона для размножения рододендронов + $1,5 \text{ мг/л}$ ИУК) составлял $1,40 \pm 0,16$ шт., при использовании 50 мг/л диоксида кремния и $1,5 \text{ мг/л}$ ИУК – $1,05 \pm 0,05$ шт., 100 мг/л и $1,5 \text{ мг/л}$ ИУК – $1,00 \pm 0,03$ шт., 150 мг/л диоксида кремния и $1,5 \text{ мг/л}$ ИУК – $1,15 \pm 0,08$ шт. (отличия недостоверны при $p \leq 0,05$).



Рис. 5. Влияние аморфного кремнезема на корнеобразование мериклонов *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehder в сочетании с ИУК. Сверху вниз: среда Андерсона, содержащая ИУК; среда Андерсона, содержащая ИУК и аморфный кремнезем в количестве 50 мг/л ; среда Андерсона, содержащая ИУК и аморфный кремнезем в количестве 100 мг/л ; среда Андерсона, содержащая ИУК и аморфный кремнезем в количестве 150 мг/л

Изучали влияние сочетанного воздействия аморфного кремнезема и ИУК на длину корней мериклонов рододендронов в культуре *in vitro* (рис. 3). Выявлено, что оптимальной являлась среда, содержащая 150 мг/л кремнезема и ИУК в количестве 1,5 мг/л – средняя длина корней составила $1,87 \pm 0,09$ см, что в 1,85 раза больше по сравнению с контрольным вариантом (средняя длина корней – $1,01 \pm 0,09$ см), отличия достоверны при $p \leq 0,5$. Использование среды, содержащей 50 мг/л и 100 мг/л диоксида кремния в сочетании с ИУК (1,5 мг/л), не приводило к существенным изменениям длины корней – отличия недостоверны при $p \leq 0,05$. Длина корней мериклонов рододендронов на среде, содержащей ИУК и 50 мг/л диоксида кремния, составляла $1,24 \pm 0,08$ см, на среде, содержащей 100 мг/л диоксида кремния и ИУК, – $1,19 \pm 0,09$ см.

Изучали влияние сочетанного воздействия аморфного кремнезема и ИУК на число корней у мериклонов рододендронов в культуре *in vitro* (рис. 4). Обнаружено, что внесение аморфного кремнезема в среду Андерсона для укоренения рододендронов, содержащую 1,5 мг ИУК, приводило к стимуляции корнеобразования. Оптимальным являлось использование среды с 50 мг/л диоксида кремния – в этом случае число корней превышало показатель контрольного варианта в 4,3 раза (достоверно при $p \leq 0,05$). При применении среды Андерсона без ИУК и аморфного кремнезема количество корней составило $1,12 \pm 0,03$ шт., среды Андерсона с ИУК без аморфного кремнезема – $3,26 \pm 0,13$ шт., среды, содержащей 50 мг/л диоксида кремния и ИУК – $4,76 \pm 0,44$ шт.

Применение других концентраций аморфного кремнезема также стимулировало рост корней рододендронов. При использовании 100–150 мг/л кремнезема в сочетании с ИУК количество корней в 3,9 раза превышало показатель контрольного варианта и составляло $4,38 \pm 0,61$ шт. и $4,44 \pm 0,63$ шт. на среде, содержащей 100 мг/л и 150 мг/л кремнезема соответственно (достоверно при $p \leq 0,05$).

Использование аморфного кремнезема в сочетании с ИУК (1,5 мг/л) являлось более эффективным для стимуляции корнеобразования рододендронов по сравнению с применением сред с диоксидом кремния, не содержащих ИУК. Использование аморфного кремнезема во всех изученных концентрациях в сочетании с ИУК приводило к увеличению длины корней в 1,5–2 раза по сравнению с вариантом без использования ИУК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Anderson W. C. Propagation of rhododendrons by tissue culture. 1. Development of a culture medium for multiplication of shoots // *Comb Proc Int Plant Propag Soc.* 1975.
2. Avestan S., Naseri L. A., Hassanzade A., Sokri S. M., Barker A. V. Effects of nanosilicon dioxide application on *in vitro* proliferation of apple rootstock // *Journal of Plant Nutrition.* 2016. Vol. 39. № 6. P. 850–855. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1061550>
3. Balakhnina T., Borkowska A. Effects of silicon on plant resistance to environmental stresses // *International Agrophysics.* 2013. Vol. 27. № 2. P. 225–232. <https://doi.org/10.2478/v10247-012-0089-4>
4. Epstein E. Silicon: its manifold roles in plants // *Annals of applied Biology.* 2009. Vol. 155. № 2. P. 155–160. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00343.x>
5. Jones K. W. Silicon in banana plants: uptake, distribution and interaction with the disease fusarium wilt. 2014. <https://doi.org/10.14264/uq1.2014.470>
6. Moriguchi T., Kozaki I., Matsuta N., Yamaki S. Plant regeneration from grape callus stored under a combination of low temperature and silicone treatment // *Plant cell, tissue and organ culture.* 1988. Vol. 15. № 1. P. 67–71. <https://doi.org/10.1007/BF00039890>
7. Qing W., Huiying H., Jinwen Z. Effect of exogenous silicon and proline on potato plantlet *in vitro* under salt stress // *China Vegetables.* 2005. Vol. 9. P. 16–18.
8. Radovet-Salinschi D., Cachita-Cosma D. Testing the regenerative capacity of *Solanum tuberosum* var. Gersa explants after 24 weeks storage in living collection // *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula: Ecotoxicologie, Zootehnie si Tehnologii de Industrie Alimentara.* 2012. Vol. 11. P. 423–430.
9. Sivanesan I., Park S. W. The role of silicon in plant tissue culture // *Frontiers in plant science.* 2014. Vol. 5. P. 571. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00571>

REFERENCES

1. Anderson, W. C. (1975). Propagation of rhododendrons by tissue culture. 1. Development of a culture medium for multiplication of shoots. *In Comb Proc Int Plant Propag Soc.*
2. Avestan, S., Naseri, L. A., Hassanzade, A., Sokri, S. M., & Barker, A. V. (2016). Effects of nanosilicon dioxide application on *in vitro* proliferation of apple rootstock. *Journal of Plant Nutrition*, 39(6), 850-855. <https://doi.org/10.1080/01904167.2015.1061550>
3. Balakhnina, T., & Borkowska, A. (2013). Effects of silicon on plant resistance to environmental stresses. *International Agrophysics*, 27(2), 225-232. <https://doi.org/10.2478/v10247-012-0089-4>
4. Epstein, E. (2009). Silicon: its manifold roles in plants. *Annals of applied Biology*, 155(2), 155-160. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00343.x>

5. Jones, K. W. (2014). Silicon in banana plants: uptake, distribution and interaction with the disease fusarium wilt. <https://doi.org/10.14264/uql.2014.470>
6. Moriguchi, T., Kozaki, I., Matsuta, N., & Yamaki, S. (1988). Plant regeneration from grape callus stored under a combination of low temperature and silicone treatment. *Plant cell, tissue and organ culture*, 15(1), 67-71. <https://doi.org/10.1007/BF00039890>
7. Qing, W., Huiying, H., & Jinwen, Z. (2005). Effect of exogenous silicon and proline on potato plantlet in vitro under salt stress. *China Vegetables*, 9, 16-18.
8. Radovet-Salinschi, D., & Cachita-Cosma, D. (2012). Testing the regenerative capacity of *Solanum tuberosum* var. Gersa explants after 24 weeks storage in living collection. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula: Ecotoxicologie, Zootehnie si Tehnologii de Industrie Alimentara*, 11, 423-430.
9. Sivanesan, I., & Park, S. W. (2014). The role of silicon in plant tissue culture. *Frontiers in plant science*, 5, 571. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00571>

Немцова Е. В., Харин А. В., Разлуго И. А. Влияние диоксида кремния «Ковелос-Сорб» на параметры роста *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehd. в культуре in vitro // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 48–55. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/08>

Nemtsova, E. V., Harin, A. V., & Razlugo, I. A. (2020). The influence of silicon dioxide Kovelos-Sorb on growth characteristics of *Rhododendron roseum* (Loisel.) Rehd. cultivated in vitro. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 48–55. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/08>

дата поступления: 7 июля 2019 г.

дата принятия: 27 октября 2019 г.

© Немцова Е.В., Харин А.В., Разлуго И.А.

УДК 574.21: 574.24: 58.087

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/09>

Д. Г. Федорова

АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЛИСТЬЯХ *SORBUS AUCUPARIA* L. В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ г. ОРЕНБУРГА)

D. G. Fedorova

ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE LEAVES OF *SORBUS AUCUPARIA* L. IN THE URBAN ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF ORENBURG)

Аннотация. Деревья, произрастающие на территории города, играют важную роль в очистке атмосферы от различных токсикантов, находящихся в окружающей среде. Вид *Sorbus aucuparia* L. исследован как возможный биоиндикатор загрязнения воздуха тяжелыми металлами и токсичными элементами в городе Оренбурге. Воздействие загрязнения воздуха анализировали путем оценки морфометрических параметров и химического анализа листьев. Листья рябины обыкновенной были собраны на территории города Оренбурга в районах с разной интенсивностью антропогенного воздействия. Проведено сравнение концентраций Cd, Cu, Pb, Zn и Fe в пробах листьев городских районов с различным антропогенным воздействием. По полученным результатам выявлено, что накопление тяжелых металлов в растениях города происходит интенсивнее, чем в контрольных образцах, и уменьшается в ряду Cd > Cu > Pb > Zn > Fe. Проведенное исследование показало, что биомониторинг может использоваться для изучения загрязнения окружающей среды и может выступать в качестве экологически устойчивого инструмента для рационального природопользования в городских районах.
Ключевые слова: *Sorbus aucuparia* L.; аккумуляция; биоиндикация; площадь листовой пластинки; тяжелые металлы.

Abstract. In urban areas, trees play an essential role to cleanse the airborne toxic pollution in the environment. The species *Sorbus aucuparia* L. was studied as a biological indicator of toxic heavy metals pollution in the city of Orenburg, Russia. The impact of airborne pollution was assessed by the evaluation of morphometric parameters and the chemical analysis of leaves. The rowan leaves were collected in Orenburg in areas exposed to anthropogenic intervention of various degree. The concentrations of Cd, Cu, Pb, Zn and Fe in leaf samples were compared. It was found that the concentration of heavy metals in plants growing in the city is higher than in the control samples and decreases in the order Cd > Cu > Pb > Zn > Fe. The biological monitoring can be used to study environmental pollution as an environmentally sustainable tool for environmental management in urban areas.

Key words: *Sorbus aucuparia* L.; accumulation; bioindication; leaf blade area; heavy metal.

Сведения об авторе: Федорова Дарья Геннадьевна; ORCID: 0000-0002-5323-4965, канд. биол. наук, Оренбургский государственный университет, Ботанический сад; Оренбургский государственный педагогический университет, г. Оренбург, Россия, DaryaOrlova24@rambler.ru.

About the authors: Fedorova Darya Gennadevna; ORCID: 0000-0002-5323-4965, Ph.D., Orenburg State University, Botanical garden, Orenburg state pedagogical University, Orenburg, Russia, DaryaOrlova24@rambler.ru.

Введение

Экологические факторы урбанизированных территорий имеют существенные отличия от тех, которые оказывают влияние на растительные организмы в естественной среде. Вследствие большой площади контакта с окружающей средой растения становятся особо уязвимы по отношению к различным воздействиям, в том числе и к загрязнителям, так как через контактирующую поверхность кроме жизненно важных веществ поглощаются и всевозможные токсиканты. Особо велика поглотительная способность листовых пластинок: на поверхности может оседать большое количество пылевых частиц, а через устьица поллютанты проникают внутрь самого листа [2; 11–14].

Поглощенные растением из окружающей среды загрязнители, аккумулируясь в клетках и тканях, существенно влияют на физиологическое состояние, а также на морфологию растительного организма. Наиболее уязвимы в этом отношении многолетние растения, так как токсические вещества накапливаются в организме непрерывно на протяжении нескольких лет. Накопление вредных для растительного организма веществ влияет и на фенологию, смещая наступление фенофаз в ту или иную сторону. В частности, у листопадных растений наблюдается раннее пожелтение и опадание листьев вследствие накопления в них токсических веществ. В итоге вегетационный период растений заметно укорачивается. Нарушается и водный режим растений, так как под действием поллютантов нарушается целостная организация устьичного аппарата – наступает так называемый «паралич» устьичных клеток, т. е. клетки теряют способность регулировать ширину устьичной щели. Вследствие этого устьица постоянно широко открыты, что в свою очередь способствует увеличению расхода воды при транспирации.

Особую группу загрязнителей, оказывающих негативное влияние на растительный организм, представляют тяжелые металлы (ТМ). Те или иные ТМ присутствуют в растительном организме в определенном количестве, тем самым обеспечивая им нормальную жизнедеятельность [8]. Однако постепенное увеличение концентрации ТМ приводит к тому, что они из категории полезных переходят в группу токсичных для организма веществ. Превышение допустимых концентраций металлов в растениях приводит не только к отклонению в их развитии, но и к гибели растительного организма [12].

Разные группы металлов оказывают особое воздействие на различные процессы жизнедеятельности растений. Например, повышенное содержание цинка и кадмия снижает рост клеток, а накопление свинца приводит к аномалиям митотических процессов, что также угнетает рост растительного организма. Кроме того, некоторые металлы, являясь химическими аналогами других веществ, попадая в растение, замещают жизненно необходимые для растения элементы ферментативной системы, тем самым нарушая их работу (например, кадмий является химическим аналогом цинка) [7].

Одним из главных источников загрязнения в городах является автомобильный транспорт. ТМ могут поступать в окружающую среду как в результате работы самого транспорта, так и в результате истирания дорожного покрытия. Как следствие в окружающую среду поступают такие металлы как цинк, никель, свинец, алюминий, кадмий, железо и другие. Наиболее токсичными веществами этой группы считаются свинец и кадмий [7].

В настоящее время проводится большое количество научных мероприятий мониторинга экологического состояния окружающей среды, среди которых важное место принадлежит фитотестированию – биологическому контролю с использованием в качестве индикатора высших растений [4; 9].

Целью исследования было выявление изменчивости в накоплении ТМ растениями вида *Sorbus aucuparia* L., произрастающими вдоль автомобильных дорог на территории г. Оренбурга в сравнении с контрольным образцом.

Условия, объект и методика исследования

Исследования проводились на территории г. Оренбурга. Оренбург – крупный административный центр Оренбургской области, расположенный в Южном Предуралье. Для климата характерна резкая выраженность климатических сезонов, которые различны по изменению режима тепла и влаги. Низкая влажность воздуха обусловлена высокими летними температурами в сочетании с небольшим количеством атмосферных осадков, что ведет к неблагоприятным периодам засухи на территории города. Характерны для климата и низкие зимние температуры, а также поздневесенние и раннеосенние заморозки [14].

Оренбургская область находится в числе лидеров среди субъектов ПФО по степени загрязненности окружающей среды. За последнее десятилетие уровень загрязнения атмосферного воздуха в Оренбурге характеризуется как «высокий», при этом показатель индекса загрязнения варьирует от 5,1 ед. до 8,8 ед. Огромную роль в загрязнении играет автомобильный транспорт, количество которого увеличивается ежегодно. Так, например, число легковых автомобилей в период с 2000 по 2017 гг. увеличилось более чем в два раза (табл. 1.) [6].

Таблица 1

Наличие транспортных средств в Оренбургской области

	2000	2005	2010	2015	2016	2017
Грузовые транспортные средства:						
грузовые автомобили (включая пикапы и легковые фургоны) – всего	48 806	51 461	87 706	131 485	133 675	134 214
в том числе в организациях всех видов экономической деятельности	28 091	18 162	12 442	9 614	7 509	7 313
пассажирские транспортные средства:						
автобусы общего пользования	2 344	1 100	1 174	907	1 018	942
легковые автомобили – всего	301 844	379 347	526 615	678 400	710 981	740 990

Объект исследования – *Sorbus aucuparia* L. – дерево, характеризующееся как достаточно декоративное и экологически пластичное, вследствие чего часто используется в озеленении г. Оренбурга (как одиночные, так и групповые посадки). В качестве условного контроля использовались растения рябины, произрастающей на территории Ботанического сада Оренбургского государственного университета. Выбор контроля обусловлен нахождением Ботанического сада на значительном удалении от крупных автодорог города.

Сбор листьев осуществлялся в конце вегетационного периода, с растений, произрастающих вдоль автодорог на улицах с интенсивным потоком транспорта: ул. Чичерина, Шевченко, Туркестанская, Монтажник, Хабаровская, Постникова, Пролетарская, Терешковой. Данные улицы принадлежат к четырем административным районам города: Центральный (№ 1), Промышленный (№ 2), Ленинский (№ 3), Дзержинский (№ 4). Исследования по выявлению содержания ТМ проводились на базе испытательной лаборатории Государственного центра агрохимической службы «Оренбургский» посредством испытания на спектрофотометре ААС-4. При этом определяли содержание 5 металлов (Cu, Zn, Pb, Fe, Cd), два из которых (Pb, Cd) обладают высокой токсичностью.

Площадь листовых пластинок определяли с использованием весового метода в модификации Л. В. Дорогань (1994).

Для более точной и наглядной оценки накопления в листьях ТМ использовался показатель концентрации (показатель загрязнения) тяжелого металла (ПК): $ПК = (C_o - C_k) / C$, а также суммарный показатель концентрации (СПК): $СПК = \Sigma(C_o - C_k) / C_k$, где C_k – содержание химического элемента в листьях контрольной зоны (Ботанический сад), C_o – содержание химического элемента в листьях растений придорожных зон [5]. Статистическую обработку данных проводили с применением программы Microsoft Excel и Statistica 6.0.

Результаты исследований

Sorbus aucuparia L. – листопадное дерево. Листья рябины обыкновенной непарноперистосложные, состоящие в среднем из 13 зубчатых по краю листочков. Листья слегка опушенные, сверху окраска матово-зеленая, снизу – чуть светлее.

При сборе биоматериала было отмечено наличие большого количества поврежденных листовых пластинок. Для них было характерно присутствие хлоротичных участков и желтоватого оттенка, т. е. у деревьев наблюдалась так называемая «пестролистность». У многих деревьев кроме хлороза отмечались участки отмершей ткани в различных местах листовой пластинки (на верхушке, по краям и между жилками). По мере увеличения участков отмершей и высохшей ткани растение принимает вид пораженного ржавчиной. В связи с этим сбор был достаточно затруднен и занимал значительное время, так как для проведения морфометрических измерений, а также биохимического анализа необходимо производить сбор неповрежденных листьев с целой листовой пластинкой.

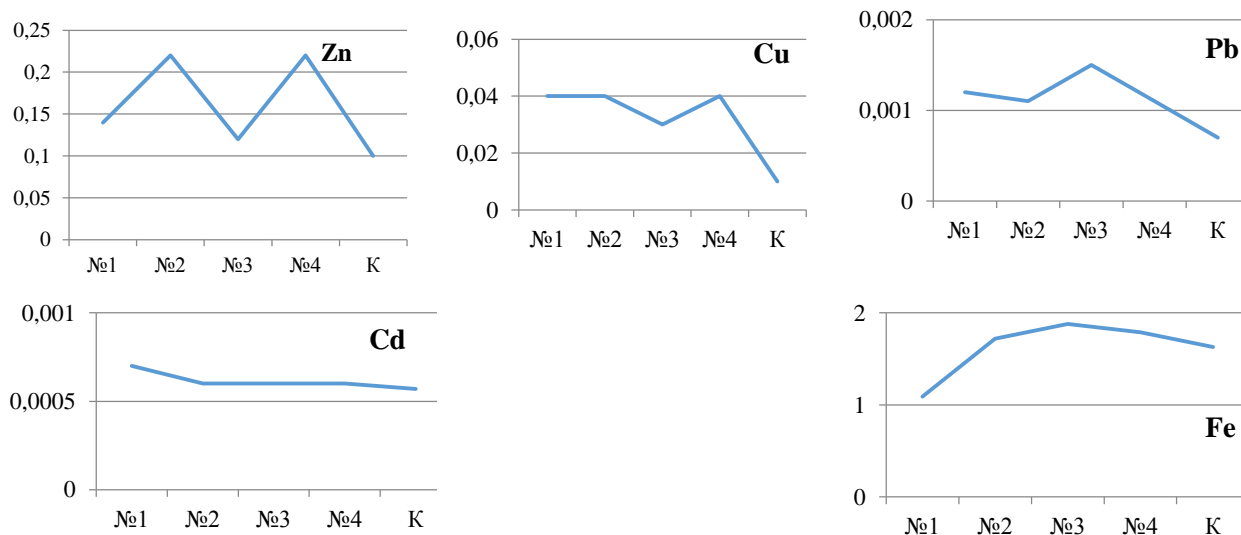
Анализируя данные, полученные в результате биохимического анализа, нельзя прийти к однозначному выводу о том, что контрольные образцы обладают лучшими показателями по накоплению ТМ, так как ряд значений содержания металлов в контрольном образце превышает таковые в образцах городской среды. И поэтому невозможно однозначно сделать вывод об экологической «успешности» контроля. Так, например, содержание свинца в контрольном образце превышает содержание в образ-

цах, собранных на территории города. Однако, необходимо обратить внимание на показатели площадей листовых пластинок (табл. 2). Как известно [1], загрязнение окружающей среды, угнетая растение, негативно влияет на его морфометрические показатели. Как следствие, под воздействием поллютантов снижается площадь листовых пластинок. Исходя из вышесказанного, можно проследить четкое различие в показателях площадей у исследуемых образцов. Наибольшая площадь характерна для контрольных образцов – 118,3 см², в экологических условиях города этот показатель в два раза меньше, и в среднем составляет 56,1 см². Поскольку имеется такое сильное различие по показателю площадей листовых пластинок, целесообразно рассчитать отношение накопленных металлов к этому показателю и сравнить уже полученные числовые данные. Условно назовем эти значения как «содержание ТМ на 1 см² площади листа» (рис. 1). Исходя из полученных значений, очевидно, что в контрольных образцах накоплено значительно меньше ТМ по сравнению со всеми остальными образцами.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в листьях *Sorbus aucuparia* L.

Район исследования	S листовой пластинки, см ²	Содержание ТМ, мг/кг				
		Cu	Zn	Pb	Fe	Cd
№ 1	51,99±3,1	2,05±0,5	7,44±1,5	0,06±0,02	55,8±12,0	0,034±0,011
№ 2	54,29±5,47	2,5±0,7	12,4±2,5	0,06±0,02	95,7±21,5	0,025±0,008
№ 3	53,32±3,0	1,85±0,5	6,5±1,3	0,08±0,03	100,5±24,2	0,03±0,01
№ 4	65,79±1,8	3,0±0,8	14,5±3,0	0,07±0,02	118,7±27,8	0,04±0,014
Ср. показатель	56,11±3,3	2,35±0,5	10,23±3,2	0,06±0,008	91,95±18,1	0,03±0,005
Контроль	118,3±6,35	2,1±0,5	12,5±2,6	0,08±0,03	98,5±22,7	0,012±0,004

Рис. 1. Содержание тяжелых металлов в листьях *Sorbus aucuparia* L. на 1 см²:

№ 1 – Центральный район, № 2 – Промышленный, № 3 – Ленинский, № 4 – Дзержинский, К – контроль

Суммарный показатель загрязнения ТМ у растений города варьирует в пределах от 0,67 до 5,8. Наиболее высокий суммарный показатель загрязнения ТМ отмечается у растений рябины обыкновенной на ул. Монтажников (5,8). Следующие по уровню СПК – растения с ул. Хабаровской (1,4) и Пролетарской (1,11). Показатели СПК в данных случаях достаточно высокие за счет большого содержания в листьях этих растений кадмия по сравнению с контрольным образцом.

У растений, произрастающих на ул. Чичерина и Туркестанской, отмечается отрицательное значение СПК: 0,36 и 0,67 соответственно. Такой низкий показатель содержания ТМ в первую очередь связан с обеднением листьев данных растений железом, цинком и медью.

По показателю СПК все исследуемые растения можно расположить в следующий убывающий ряд:
– по улицам: Монтажников > Хабаровская > Пролетарская > Терешковой > Шевченко > Постникова > Чичерина > Туркестанская;

– по административным районам: Дзержинский > Промышленный > Ленинский > Центральный.

Если рассматривать показатель загрязнения по каждому металлу в среднем по городу (по сравнению с контрольным образцом), то исследуемые ТМ по степени интенсивности накопления их листь-

ями *Sorbus aucuparia* L. в условиях Оренбурга можно расположить в следующий убывающий ряд: Cd > Cu > Pb > Zn > Fe.

Практически во всех районах (кроме центрального) у исследуемых организмов наблюдается высокое содержание железа в листьях. Вероятнее всего это связано с важной ролью данного вещества в процессах дыхания и фотосинтеза у растений. Таким образом, накапливая его в большом количестве, растения пытаются усилить процессы метаболизма, тем самым нормализовать процессы жизнедеятельности в условиях интенсивной техногенной нагрузки.

Выводы

В ходе исследований в отношении фитоиндикационной способности растений рябины обыкновенной были проведены анализ морфометрических показателей листовых пластинок и биохимический анализ содержания ТМ в листьях данных образцов. Морфометрический анализ – определение площади листовой пластинки – показал сильное отличие площади у контрольных образцов от площади у образцов, произрастающих в черте города. Прослеживается уменьшение площади листьев у растений города, что связано с увеличением техногенной нагрузки и ухудшением экологических условий урбосреды в сравнении с ботаническим садом.

Степень содержания ТМ в листьях города значительно выше, чем у контрольных образцов, что доказывает проведенный биохимический анализ. В первую очередь негативное влияние на растение в данном случае оказывают выбросы от автотранспорта. Наиболее загрязненной территорией города согласно полученным данным является Дзержинский район, а улицей – улица Монтажников. Кадмий – наиболее аккумулируемый металл для данного растения, что естественно пагубно сказывается на жизнедеятельности данного вида в условиях техногенной нагрузки.

Итак, согласно проведенным исследованиям, подтверждается возможность использования вида рябина обыкновенная в качестве вида-индикатора экологического состояния урбанизированных территорий. Планируется расширение спектра исследуемых химических загрязнителей, а также поиск новых видов-индикаторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонова Н. В. Использование метода биоиндикации для оценки экологического состояния различных районов в г. Хабаровске // *Леса России в XXI веке*. 2009. С. 11–13.
2. Горышина Т. К. Растение в городе. Л., 1991.
3. Дорогань Л. В., Филиппов В. П. Экология. Воронеж, 1995.
4. Елисеева М. В., Укенов Б. С. Фитотоксичность почв ботанического сада Оренбургского государственного университета // *Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры*. 2016. С. 1316–1320.
5. Зокиров Р. С., Неверова О. А. Оценка аккумулирующей способности древесных растений в отношении тяжелых металлов в приагистральных зонах г. Худжанда // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 5. С. 293–293.
6. Мартынов А. П. Статистический ежегодник Оренбургской области. Оренбург, 2012.
7. Титов А. Ф., Таланова В. В., Казнина Н. М. Физиологические основы устойчивости растений к тяжелым металлам. Петрозаводск, 2011.
8. Турлибекова Д. М., Вельц Н. Ю. Аккумуляция тяжелых металлов в надземной части высших растений, произрастающих в г. Орске и его окрестностях // *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2011. № 12(131). С. 378–380.
9. Федорова Д. Г. К вопросу о биомониторинге окружающей среды в Оренбуржье // *Сборник материалов международных научно-практических конференций*. М., 2019. С. 199–210.
10. Чибилев А. А. Природа Оренбургской области (Часть I. Физико географический и историко географический очерк). Оренбург, 1995.
11. Mitchell R., Maher B. A., Kinnersley R. Rates of particulate pollution deposition onto leaf surfaces: temporal and inter-species magnetic analyses // *Environmental Pollution*. 2010. Vol. 158. № 5. P. 1472–1478. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.12.029>
12. Orlova D. G., Nazarova N. M. Phytoindication as a way to evaluate the level of environmental pollution in Orenburg // 8th International Scientific Conference "Applied Sciences in Europe: tendencies of contemporary development": Papers of the 8th International Scientific Conference. Stuttgart. 2014. P. 9.
13. Petrova S., Yurukova L., Velcheva I. Possibilities of using deciduous tree species in trace element biomonitoring in an urban area (Plovdiv, Bulgaria) // *Atmospheric Pollution Research*. 2014. Vol. 5. № 2. P. 196–202. <https://doi.org/10.5094/APR.2014.024>
14. Serbula S. M., Kalinovic T. S., Ilic A. A., Kalinovic J. V., Steharnik M. M. Assessment of airborne heavy metal pollution using *Pinus* spp. and *Tilia* spp // *Aerosol Air Qual Res*. 2013. Vol. 13. № 2. P. 563–573. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2012.06.0153>

REFERENCES

1. Bessonova, N. V. (2009). Ispol'zovanie metoda bioindikatsii dlya otsenki ekologicheskogo sostoyaniya razlichnykh raionov v g. Khabarovske. In *Lesa Rossii v XXI veke*, 11-13. (In Russian)
2. Goryshina, T. K. (1991). Rastenie v gorode. Leningrad. (In Russian)

3. Dorogan, L. V., & Fillipov, V. P. (1995). *Ekologiya. Voronezh*. (In Russian)
4. Eliseeva, M. V., & Ukenov, B. S. (2016). Fitotoksichnost' pochv botanicheskogo sada Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. In *Universitetskii kompleks kak regional'nyi tsentr obrazovaniya, nauki i kul'tury*, 1316-1320. (In Russian)
5. Zokirov, R. S., & Neverova, O. A. (2012). Otsenka akumuliruyushchei sposobnosti drevesnykh rastenii v otnoshenii tyazhelykh metallov v primagistral'nykh zonakh g. Khujhanda [Estimation of capacity of woody plants in respect of heavy metals in areas located along the roads Khujand city]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, (5), 293-293. (In Russian)
6. Martynov, A. P. (2012). Statisticheskii ezhegodnik Orenburgskoi oblasti. (In Russian)
7. Titov, A. F., Talanova, V. V., & Kaznina, N. M. (2011). Fiziologicheskie osnovy ustojchivosti rastenij k tyazhelym metallam [Physiological basis of plant resistance to heavy metals]. *Petrozavodsk*. (In Russian)
8. Turlibekova, D. M., & Welz N. U. (2011). Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov v nadzemnoi chasti vysshikh rastenii, proizrastayushchikh v g. Orske i ego okrestnostyakh [Accumulation of heavy metals in the elevated part of the higher plants growing in Orsk and its vicinities]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, (12 (131)). (In Russian)
9. Fedorova, D. G. (2019). K voprosu o biomonitoringe okruzhayushchei sredy v Orenburzhe. In *Sbornik materialov mezhdunarodnykh nauchno-prakticheskikh konferentsii*, 199-210. (In Russian)
10. Chibilev, A. A. (1995). Priroda Orenburgskoi oblasti (Chast' I. Fiziko geograficheskii i istoriko geograficheskii ocherk). Orenburg. (In Russian)
11. Mitchell, R., Maher, B. A., & Kinnersley, R. (2010). Rates of particulate pollution deposition onto leaf surfaces: temporal and inter-species magnetic analyses. *Environmental Pollution*, 158(5), 1472-1478. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.12.029>
12. Orlova, D. G., & Nazarova, N. M. (2014). Phytoindication as a way to evaluate the level of environmental pollution in Orenburg. In *8th International Scientific Conference "Applied Sciences in Europe: tendencies of contemporary development": Papers of the 8th International Scientific Conference. Stuttgart*, 9.
13. Petrova, S., Yurukova, L., & Velcheva, I. (2014). Possibilities of using deciduous tree species in trace element biomonitoring in an urban area (Plovdiv, Bulgaria). *Atmospheric Pollution Research*, 5(2), 196-202. <https://doi.org/10.5094/APR.2014.024>
14. Serbula, S. M., Kalinovic, T. S., Ilic, A. A., Kalinovic, J. V., & Steharnik, M. M. (2013). Assessment of airborne heavy metal pollution using *Pinus* spp. and *Tilia* spp. *Aerosol Air Qual Res*, 13(2), 563-573. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2012.06.0153>

Федорова Д. Г. Аккумуляция тяжелых металлов в листьях *Sorbus aucuparia* L. в условиях городской среды (на примере г. Оренбурга) // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2020. № 1. С. 55–60. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/09>

Fedorova, D. G. (2020). Accumulation of heavy metals in the leaves of *Sorbus aucuparia* L. in the urban environment (on the example of Orenburg). *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 55–60. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/09>

дата поступления: 02 июля 2019 г.

дата принятия: 25 сентября 2019 г.

© Федорова Д.Г.

УДК 57.044

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/10>

С. Ю. Огородникова

ЭФФЕКТЫ ЛИГНОГУМАТА НА ФИТОТОКСИЧНОСТЬ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ (МОДЕЛЬНЫЕ ОПЫТЫ)

S. Yu. Ogorodnikova

EFFECTS OF LIGNOHUMATE ON THE PHYTOTOXICITY OF PHOSPHORUS-CONTAINING COMPOUNDS (MODEL EXPERIMENTS)

Аннотация. В условиях химического загрязнения актуальным является повышение устойчивости растений веществами, обладающими протекторным действием. В модельных опытах изучено влияние гуминового препарата – Лигногумата (ЛГ) в концентрациях 0,1, 0,5 и 1 г/л на фитотоксические свойства фосфорсодержащих соединений: метилфосфоновой кислоты (МФК) и пирофосфата натрия (ПФН). Опыты проводили на растениях ярового ячменя (*Hordeum distichum* L.) сорта Новичок. В качестве тест-функций использовали показатели прорастания и всхожести семян, ро-

Abstract. In conditions of chemical pollution, it is relevant to enhance the resistance of plants with substances that have a protective action. The effect of humic substance Lignohumate on the phytotoxic properties of phosphorus-containing compounds methylphosphonic acid (MPA) and sodium pyrophosphate (SPP) was studied in model experiments. Lignohumate was tested at three concentrations (0.1, 0.5, and 1 g/L) on *Hordeum distichum* L. of the Novichok variety. The test functions were such indicators as the germinating and sprouting ability of seeds, the growth and biomass ac-

ста и накопления биомассы проростками ячменя, эффект торможения. Лигногумат в изученных концентрациях не оказывал влияния на прорастание и всхожесть семян ячменя, но стимулировал рост проростков ячменя. В условиях загрязнения среды МФК (0,01 моль/л) ЛГ проявлял протекторное действие на растения, наиболее эффективна была высокая концентрация гуминового препарата (1 г/л). В опытах с ПФН (0,01 моль/л) добавка ЛГ стимулировала прорастание и всхожесть семян ячменя, но не уменьшала ростостигирующего действия пиродифосфата. Совместное действие МФК и ПФН негативно сказывалось на росте и накоплении биомассы корнями ячменя, добавка ЛГ ослабляла действие поллютантов, но полностью не снимала. По данным расчета эффекта торможения в ряду МФК (без буфера) – ПФН – МФК (с буфером) – МФК+ПФК фитотоксичность фосфорсодержащих веществ снижается. Добавка ЛГ в среду выращивания была наиболее эффективна в опытах с веществами с низкой токсичностью.

Ключевые слова: Лигногумат; метилфосфоновая кислота; пиродифосфат натрия; фитотоксичность; ячмень.

Сведения об авторе: Огородникова Светлана Юрьевна, SPIN-код: 3179-7925, ORCID: 0000-0001-8865-4743, канд. биол. наук, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, г. Сыктывкар, Россия, svetao_05@mail.ru.

About the authors: Ogorodnikova Svetlana Yurievna, SPIN-code: 3179-7925, ORCID: 0000-0001-8865-4743, Ph.D., Institute of Biology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia, svetao_05@mail.ru.

Работа выполнена в рамках государственного задания Института биологии Коми НЦ УрО РАН по теме «Оценка и прогноз отсроченного техногенного воздействия на природные и трансформированные экосистемы подзоны южной тайги» № гос. регистрации АААА-А17-117121990125-5.

Введение

Проблема техногенного загрязнения соединениями фосфора становится актуальной для многих регионов. В ходе хозяйственной деятельности в окружающую среду поступают фосфорсодержащие соединения, представляющие опасность для живых систем. В Кировской области с 2006 по 2015 гг. функционировал объект по уничтожению фосфорсодержащих отравляющих веществ (зарин, зоман, VX газы). Продуктами разрушения фосфорсодержащих веществ являются органические и неорганические соединения фосфора. К числу таких веществ относится фосфорорганический ксенобиотик – метилфосфоновая кислота, которая устойчива к разложению в окружающей среде. Метилфосфоновая кислота оказывает токсическое действие на фототрофные организмы, вызывает нарушение дыхания и водного обмена, индуцирует окислительный стресс в растительных клетках, угнетает рост и развитие растений [8; 9]. Специфическим фосфорсодержащим поллютантом является пиродифосфат натрия. Известно, что пиродифосфат натрия вызывает нарушение жизнедеятельности растений [1; 12]. Метилфосфоновая кислота и пиродифосфат натрия влияют на почвенную альгофлору [5], метилфосфоновая кислота влияет на структуру почвенных актиномицетов [14]. В условиях химического загрязнения природных сред перспективным является направление повышения устойчивости растений за счет привнесения в почву биологически активных веществ, обладающих фитопротекторным действием, к их числу относятся гуминовые препараты.

Лигногумат – высокоэффективное гуминовое удобрение с микроэлементами в хелатной форме, зарегистрирован в России с 1999 г. Лигногумат является продуктом окислительно-гидролитической деструкции лигносульфонатов (продукты переработки древесины). Содержание гуминовых кислот в лигногумате составляет более 60% от органического вещества (по углероду), а содержание кислоторастворимой фракции (фульвокислот, многоосновных органических кислот и других органических веществ) достигает 40%. По химическому составу и строению лигногумат наиболее близок к почвенным гуминовым кислотам [7].

Лигногумат хорошо растворим в воде, легко доступен для растений и проявляет высокую биологическую активность даже в небольших количествах [2]. Его применяют для повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, усиления иммунитета растений, снятия стресса при не-

cumulation of seedlings, and the inhibition effect. Lignohumate in the studied concentrations did not affect germination of the barley seeds, but it stimulated growth of the barley seedlings. In the conditions of MPA pollution (0.01 mol/L), Lignohumate exerted a protective effect on the plants, and the highest concentration of humic preparation (1 g/L) was the most effective. In the experiments with SPP (0.01 mol/L), Lignohumate stimulated germination the barley seeds but it did not reduce the growth inhibitory effect of SPP. The combined exposure to the studied pollutants negatively affected growth and accumulation of biomass by the barley roots. The introduction of Lignohumate weakened the combined effect but could not completely countervail it. The calculation of inhibition effect showed that the phytotoxicity of phosphorus-containing substances reduced in the order *MPA (without buffer) – SPP – MPA (with buffer) – MPA+SPP*. The introduction of Lignohumate to the growth medium was the most effective in experiments with low-toxic substances.

Key words: Lignohumate; methylphosphonic acid; sodium pyrophosphate; phytotoxicity; barley.

корневых обработках пестицидами и т. д. Добавка лигногумата в почвы с полиметаллическим загрязнением приводит к снижению содержания подвижных форм тяжелых металлов и нивелирует их токсичность [11]. Лигногумат снижает токсическое действие мышьякового загрязнения на тест-объекты [13].

Целью работы было изучить влияние Лигногумата на фитотоксичность фосфорсодержащих соединений на примере метилфосфоновой кислоты и пирофосфата натрия и их смесей.

Материалы и методы

В опытах использовали яровой ячмень (*Hordeum distichum* L.) сорта Новичок. Изучали влияние фосфорсодержащих соединений: метилфосфоновой кислоты (МФК), пирофосфата натрия (ПФН), их смеси и Лигногумата (ЛГ) на прорастание и всхожесть семян, рост и накопление биомассы проростками ячменя. Энергию прорастания семян определяли на третьи сутки опыта. Всхожесть семян оценивали на 7 сутки. Показатели линейного роста (длина листа, длина корня) и биомассы проростков оценивали на 8 сутки. Для измерений отбирали по 60 проростков каждого варианта опыта. Растения разделяли на органы (побег, корень), определяли сырую биомассу, высушивали образцы до воздушно-сухого состояния и измеряли сухую биомассу, рассчитывали содержание сухого вещества в растительных тканях. Оценивали токсичность фосфорсодержащих соединений по величине фитотоксического эффекта (эффект торможения), который рассчитывали по формуле:

$$E_m = \frac{L_k - L_{on}}{L_k} \cdot 100\%,$$

где E_m – эффект торможения, %; L_{on} – средняя длина корней в опыте; L_k – средняя длина корней в контроле [13].

Эффект торможения считается доказанным, если его значение составляет 20% и более.

В первой серии опытов изучали влияние на семена и проростки ячменя ЛГ в концентрациях 0,2, 0,5 и 1 г/л. Для опытов использовали порошкообразный ЛГ (марка А). Во второй серии опытов оценивали воздействие на растения МФК в концентрации 0,01 моль/л и ЛГ. Известно, что МФК (0,01 моль/л) не оказывает летального действия на семена, но влияет на рост растений [4; 10]. Для разделения эффектов подкисления и действия МФК проростки выращивали в присутствии раствора МФК (рН = 2,5) и раствора МФК с добавлением цитратного буфера (рН = 5,7). В третьей серии опытов изучали действие на растения ПФН в концентрации 0,01 моль/л и ЛГ. При такой концентрации ПФН не оказывает влияния на жизнеспособность семян, но ингибирует всхожесть и рост ячменя [1]. В четвертой серии опытов было изучено действие смеси фосфорсодержащих веществ (МФК и ПФН) в концентрации 0,01 моль/л и ЛГ на растения ячменя. Контрольный вариант – дистиллированная вода. Статистическую обработку данных проводили с использованием статистического пакета Excel (MS Office 2007). На рисунках и в таблицах представлены средние арифметические величины и стандартная ошибка. Достоверность различий между двумя средними оценивали с использованием t-критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение

Влияние Лигногумата. Лигногумат в изученных концентрациях (0,2, 0,5 и 1 г/л) не оказывал влияния на показатели всхожести семян и энергию прорастания семян. В опытных вариантах число взшедших семян было близко к контролю. Выявлено ростстимулирующее действие растворов ЛГ на проростки ячменя (табл. 1).

Таблица 1

Влияние Лигногумата на линейный рост проростков ячменя

Вариант	Контроль (вода)	Лигногумат, г/л		
		0,2	0,5	1
Длина, см				
Побег	5,12±0,51	5,74±0,58	6,14±0,63*	5,23±0,55
Корень	6,79±0,69	7,34±0,73	7,53±0,77	7,25±0,76
Побег/корень	0,75	0,78	0,82	0,72
Сырая биомасса проростка, мг				
Побег	21,9±1,6	23,6±2,7	24,8±1,6*	22,8±1,7
Корень	60,2±5,4	66,3±6,7	74,4±6,9*	65,1±4,8

Примечание: *различия достоверны при $p \leq 0,05$.

В варианте с действием ЛГ в самой низкой концентрации (0,2 г/л) длина побегов и корней была больше, чем в контроле на 12 и 8% соответственно. Лигногумат в концентрации в 0,5 г/л в большей степени стимулировал рост побегов, о чем свидетельствует увеличение соотношения побег/корень, по

сравнению с контрольными растениями. Лигногумат в самой высокой изучаемой концентрации (1 г/л) оказался менее эффективным, отмечали стимулирование роста только корневой системы, которая непосредственно контактировала с гуминовым препаратом.

Лигногумат в концентрации 0,5 г/л стимулировал накопление сырой биомассы проростками ячменя (табл. 1). Под влиянием ЛГ в концентрациях 0,2 и 1 г/л достоверных изменений в накоплении биомассы проростками ячменя не выявлено.

Воздействие Лигногумата на фитотоксичность МФК. Изучено действие ЛГ на всхожесть семян и рост проростков ячменя в условиях загрязнения среды выращивания фосфорорганическим поллютантом – МФК. Проростки выращивали в присутствии раствора МФК (рН = 2,5) и раствора МФК с добавлением цитратного буфера (рН = 5,7).

Метилфосфоновая кислота (0,01 моль/л) независимо от рН среды выращивания не оказывала влияния на энергию прорастания и всхожесть семян ячменя. Изученные показатели были близки к контролю. В вариантах с совместным действием МФК и ЛГ достоверных отличий от контроля по показателям всхожести и энергии прорастания семян не установлено.

Под влиянием МФК происходило угнетение роста проростков ячменя (рис. 1). Корневая система ячменя более чувствительна к действию МФК, по сравнению с надземной частью растений. Длина корней ячменя в вариантах с действием МФК без подщелачивания и с подщелачиванием была меньше, по сравнению с контролем, на 69 и 54% соответственно. Ингибирующее действие МФК на рост побега сильнее проявлялось в варианте без подщелачивания (рН = 2,5).

В присутствии ЛГ отмечали снижение фитотоксического эффекта МФК на показатели линейного роста проростков ячменя (рис. 1). В опытах с МФК наибольшее протекторное действие проявляла самая высокая концентрация ЛГ (1 г/л).

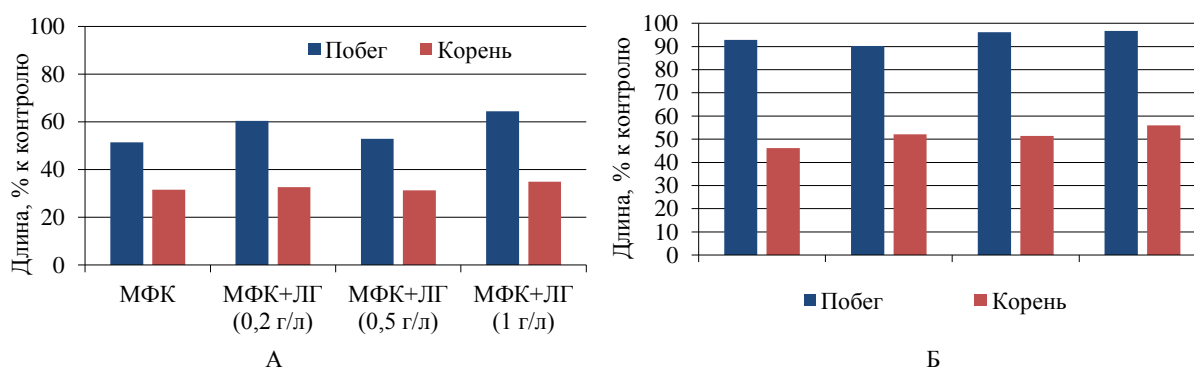


Рис. 1. Действие Лигногумата и метилфосфоновой кислоты (0,01 моль/л) без буфера (А) и с буфером (Б) на показатели линейного роста 7-суточных проростков ячменя

Метилфосфоновая кислота вызывала торможение накопления биомассы проростками ячменя (табл. 2). В большей степени угнетение накопления биомассы отмечали в варианте с действием МФК без добавления буфера (рН = 2,5), масса надземной и подземной частей растений составляла 60% от массы контрольных растений. Добавка ЛГ в среду выращивания приводила к снижению негативного действия МФК, что проявилось в росте накопления биомассы проростками ячменя по сравнению с вариантом с действием МФК. В большей степени протекторный эффект ЛГ проявлялся в вариантах с МФК с добавлением буфера, биомасса опытных растений была близка к контролю.

Снижение накопления биомассы растений может быть следствием нарушения водного режима растений. МФК без буфера (рН = 2,5) вызывала значительное снижение обеспеченности водой растительных тканей и повышение содержания сухого вещества (табл. 2). В большей степени нарушения водного режима проявились в корнях растений, по сравнению с надземными органами. Ранее нами было показано негативное влияние МФК на водный режим растений [8]. Известно, что МФК вызывает уменьшение диффузионной водной проницаемости клеток корней кукурузы, которое происходит за счет снижения численности водных каналов на мембранах [3]. Кроме того, под влиянием МФК происходит нарушение барьерной функции мембран [10]. Добавление ЛГ в среду выращивания (рН = 2,5) не уменьшало негативного действия МФК, содержание воды в растительных тканях было ниже по сравнению с контрольными растениями.

Эффекты Лигногумата на фитотоксичность ПФН. Пирофосфат натрия в изучаемой концентрации 0,01 моль/л не оказывал влияния на энергию прорастания семян ячменя, которую оценивали на третьи сутки опыта (рис. 2). С увеличением длительности инкубации семян на растворе эффект ПФН

проявлялся в большей степени, отмечали достоверное снижение всхожести семян ячменя. Добавление ЛГ в среду выращивания оказывало положительное влияние на показатели прорастания и всхожести семян ячменя в присутствии ПФН. Значительную стимуляцию всхожести семян в условиях загрязнения ПФН проявляла самая высокая концентрация ЛГ (1 г/л).

Пирофосфат натрия ингибировал рост и накопление биомассы проростками ячменя (рис. 3). Корневая система растений отличалась большей чувствительностью к действию ПФН по сравнению с надземной частью растений. В варианте с ПФН длина корней составляла 42% от длины корней растений контрольного варианта.

Таблица 2

Влияние Лигногумата и метилфосфоновой кислоты (0,01 моль/л) на накопление биомассы проростками ячменя и содержание сухого вещества в растительных тканях

Вариант	МФК (рН = 2,5)		МФК + буфер (рН = 5,5)	
	Сырая биомасса проростка, мг			
	побег	корень	побег	корень
Контроль (вода)	58 ± 4	159 ± 18	71 ± 9	150 ± 12
МФК	34 ± 5*	98 ± 11*	63 ± 8	111 ± 10*
МФК + ЛГ 0,2 г/л	41 ± 10*	110 ± 18*	65 ± 8	135 ± 9*
МФК + ЛГ 0,5 г/л	40 ± 5*	105 ± 9*	66 ± 10	138 ± 8*
МФК + ЛГ 1 г/л	43 ± 5*	108 ± 9*	65 ± 7	139 ± 10
	Содержание сухого вещества, %			
Контроль (вода)	9,7	18,6	9,4	16,9
МФК	12,7	31,7	11,1	18,6
МФК + ЛГ 0,2 г/л	12,0	29,1	10,6	15,7
МФК + ЛГ 0,5 г/л	11,5	30,3	10,6	16,2
МФК + ЛГ 1 г/л	12,1	28,1	10,5	17,8

Примечание: * различия с контролем достоверны при $p \leq 0,05$.

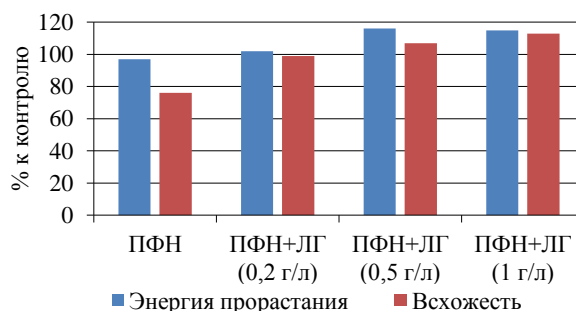


Рис. 2. Влияние Лигногумата и пирофосфата натрия (0,01 моль/л) на энергию прорастания и всхожесть семян ячменя

Добавление ЛГ в среду выращивания не снижало токсического действия ПФН на проростки ячменя. Длина побегов и корней опытных растений составляла 40–50% от контрольных растений (рис. 3). В варианте с действием ПФН и ЛГ биомасса надземных органов и корней была меньше контроля на 20 и 80% соответственно (табл. 3). Присутствие в среде выращивания ПФН приводило к снижению содержания воды в растительных тканях и повышению доли сухого вещества, что свидетельствует о нарушении водного режима растений.

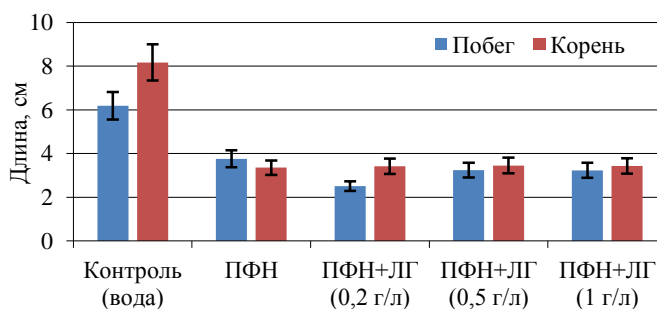


Рис. 3. Эффекты Лигногумата и пирофосфата натрия (0,01 моль/л) на показатели линейного роста проростков

Совместное действие ПФН, МФК и Лигногумата. В условиях химического загрязнения растения одновременно испытывают действие нескольких веществ. При совместном присутствии поллютанты могут вызывать изменение токсичности друг друга. Было изучено сочетанное действие фосфорсодержащих веществ – МФК и ПФН на семена и проростки ячменя.

Под влиянием смеси фосфорсодержащих веществ (МФК и ПФН) снижалась энергия прорастания и всхожесть семян ячменя (рис. 4). Лигногумат в концентрации 0,5 и 1 г/л нивелировал токсический эффект смеси фосфорсодержащих поллютантов на энергию прорастания и всхожесть семян.

Таблица 3

Влияние Лигногумата и пирофосфата натрия (0,01 моль/л) на накопление биомассы проростками ячменя и содержание сухого вещества в растительных тканях

Вариант	Сырая биомасса проростка, мг		Содержание сухого вещества, %	
	лист	корень	лист	корень
Контроль (вода)	134±12	100±31	19	8
ПФН	111±9*	24±5*	28	12
ПФН + ЛГ 0,2 г/л	102±12*	19±4*	31	16
ПФН +ЛГ 0,5 г/л	104±6*	15±1*	29	21
ПФН + ЛГ 1 г/л	110±9*	17±3*	29	16

Примечание: *различия достоверны при $p < 0,05$.

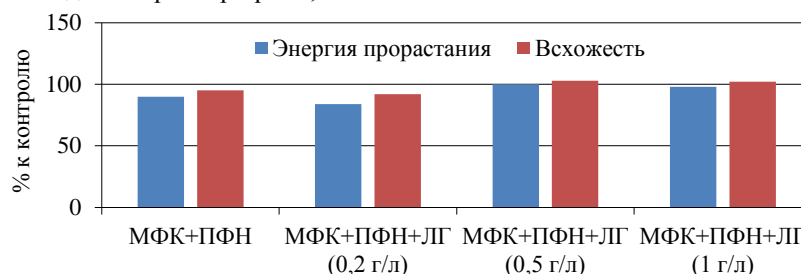


Рис. 4. Влияние Лигногумата и смеси метилфосфоновой кислоты (0,01 моль/л) и пирофосфата натрия (0,01 моль/л) на энергию прорастания и всхожесть семян ячменя

Выращивание ячменя в присутствии ПФН и МФК приводило к угнетению роста проростков (табл. 4). При этом корневая система оказалась более чувствительной к действию смеси поллютантов, отмечали увеличение отношения побег/корень по сравнению с контролем. В присутствии ЛГ ростигибирующий эффект на корни смеси фосфорсодержащих веществ снижался. Наиболее эффективна при этом была самая высокая концентрация ЛГ (1 г/л). Положительного действия ЛГ на рост побегов в присутствии фосфорсодержащих поллютантов не выявлено (табл. 4).

Таблица 4

Действие смеси метилфосфоновой кислоты (0,01 моль/л), пирофосфата натрия (0,01 моль/л) и Лигногумата на рост и накопление биомассы проростками ячменя

Вариант	Контроль (вода)	МФК + ПФН	МФК + ПФН + ЛГ 0,2 г/л	МФК + ПФН + ЛГ 0,5 г/л	МФК + ПФН + ЛГ 1 г/л
Длина, см					
Побег	8,88 ± 0,91	7,99 ± 0,82*	8,28 ± 0,86*	7,84 ± 0,81*	8,17 ± 0,82*
Корень	8,86 ± 0,93	6,30 ± 0,64*	6,90 ± 0,69*	7,07 ± 0,69*	7,35 ± 0,77*
Побег/корень	1,0	1,27	1,20	1,11	1,11
Сырая биомасса проростка, мг					
Побег	75,7 ± 6,5	80,8 ± 7,6	86,5 ± 9,4*	85,8 ± 8,7*	83,0 ± 8,1
Корень	149,0 ± 9,7	130,2 ± 10,3*	139,6 ± 11,3	138,6 ± 12,4	134,4 ± 14,0*
Содержание сухого вещества, %					
Побег	9	10	10	10	10
Корень	13	17	16	17	17

Примечание: *различия достоверны при $p < 0,05$.

Фосфорсодержащие вещества вызывали снижение накопления биомассы корнями (табл. 4). Добавление ЛГ в среду выращивания ослабляло действие смеси МФК и ПФН, но полностью не снимало. Надземная биомасса опытных растений была выше, чем в контроле, что свидетельствует о большей устойчивости надземных органов к действию фосфорсодержащих соединений по сравнению с корня-

ми. Негативного влияния смеси ПФН и МФК на водный режим растений не выявлено, содержание сухого вещества в тканях опытных растений было близко к контролю.

Эффект торможения. Для оценки фитотоксичности фосфорсодержащих препаратов и протекторного действия Лигногумата был рассчитан эффект торможения (рис. 5). Все тестируемые фосфорсодержащие соединения в большей степени вызвали торможение роста корней, чем побегов ячменя. Токсическое действие МФК (рН = 2,5) более выражено по сравнению с действием МФК с добавлением буфера (рН=5), эффект торможения равен 68,5. Добавка ЛГ в среду выращивания не снижала фитотоксического эффекта МФК (рН = 2,5). Протекторное действие проявлял ЛГ в опытах с МФК с добавлением буфера (рН = 5), эффект торможения снижался с 54 до 44. Значительное токсическое действие оказывал ПФН, эффект торможения – 58, ЛГ не снижал ростингибирующего действия поллютанта.

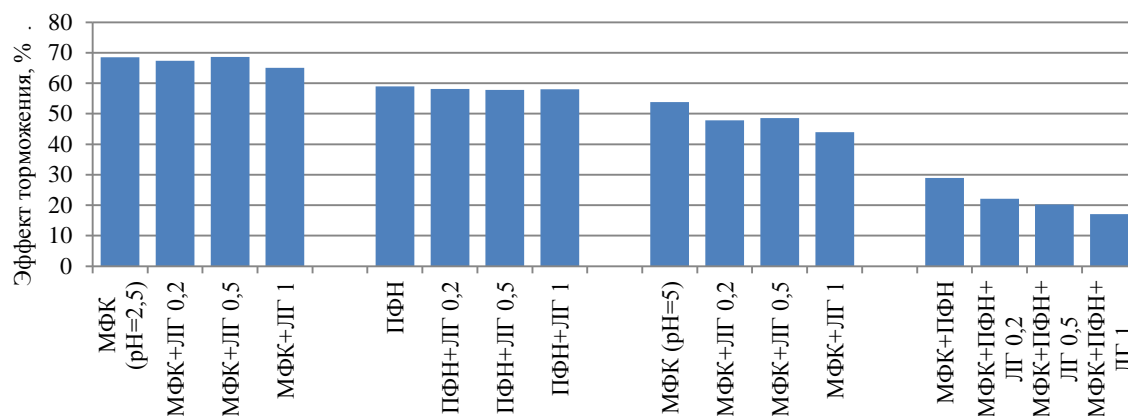


Рис. 5. Значения эффекта торможения при действии фосфорсодержащих соединений (МФК 0,01 моль/л и ПФН 0,01 моль/л) и Лигногумата (г/л) на растения ячменя

По сравнению с действием индивидуальных веществ, сочетанное действие фосфорсодержащих соединений в меньшей степени вызывало торможение роста. Эффект торможения в варианте с действием МФК+ПФН составлял 29, в присутствии ЛГ токсический эффект смеси фосфорсодержащих токсикантов значительно снижался до уровня недоказанного эффекта (эффект торможения менее 20).

На основании расчета эффекта торможения в ряду МФК (рН = 2,5) – ПФН – МФК (рН = 5) – МФК+ПФК фитотоксичность фосфорсодержащих соединений снижается. Добавка ЛГ в среду выращивания была наиболее эффективна в опытах с веществами с низкой токсичностью: МФК (рН = 5) и смесь МФК+ПФН.

Выводы

1. Лигногумат в изученных концентрациях (0,2, 0,5 и 1 г/л) не оказывал влияния на прорастание и всхожесть семян ячменя. Благоприятное действие гуминового препарата проявилось на этапе роста и развития проростка. В большей степени ростстимулирующий эффект на проростки оказывал ЛГ в концентрации 0,5 г/л.

2. Добавка ЛГ в среду выращивания, содержащую МФК (0,01 моль/л), приводила к снижению фитотоксического действия МФК на показатели линейного роста проростков ячменя. В большей степени протекторное действие оказывал ЛГ в самой высокой концентрации 1 г/л. По показателю накопления биомассы проростками ячменя в условиях сильно кислой среды (МФК без буфера) ЛГ в меньшей степени проявлял протекторные свойства по сравнению с оптимальной для растений средой (МФК с добавлением буфера).

3. Присутствие ЛГ в среде выращивания оказывало положительное влияние на показатели прорастания и всхожести семян ячменя, но не уменьшало ростингибирующего действия ПФН (0,01 моль/л).

4. Совместное действие фосфорсодержащих веществ (МФК+ПФН) на проростки ячменя отличалось от влияния индивидуальных веществ. В присутствии смеси фосфорсодержащих веществ снижалась энергия прорастания и всхожесть семян ячменя. Лигногумат в концентрации 0,5 и 1 г/л нивелировал токсический эффект смеси фосфорсодержащих поллютантов на энергию прорастания и всхожесть семян. Присутствие смеси фосфорсодержащих веществ в среде выращивания негативно сказывалось на росте и накоплении биомассы корнями ячменя, добавка Лигногумата ослабляла действие поллютантов, но полностью не снимала.

5. Испытуемые растворы фосфорсодержащих поллютантов с одинаковой концентрацией действующих веществ (0,01 моль/л) отличаются по токсическому действию на всхожесть семян и рост проростков. В ряду МФК (рН = 2,5) – ПФН – МФК (рН = 5) – МФК+ПФК фитотоксичность фосфорсодержащих веществ снижается. Добавка ЛГ в среду выращивания была наиболее эффективна в опытах с веществами с низкой токсичностью. Выявленные фитопротекторные эффекты Лигногумата могут быть использованы при разработке мероприятий по реабилитации сред, загрязненных фосфорсодержащими поллютантами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аюшинова Л. С. Ответные реакции растений на действие специфических поллютантов (на примере метилфосфоновой кислоты, пирозфосфата натрия и фторида натрия): Автореф. ... канд. биол. наук. Сыктывкар. 2015.
2. Безуглова О. С. Удобрения, биодобавки и стимуляторы роста вашего урожая. Ростов н/Д, 2007.
3. Ионенко И. Ф., Головки Т. К., Анисимов А. В. Влияние метилфосфоновой кислоты на диффузионный транспорт воды в корнях кукурузы. Исследование методом СПИН-ЭХО ЯМР // Проблемы сельского хозяйства: межвузовский сборник научных трудов. Калининград, 2005. С. 165–172.
4. Кондакова Л. В., Огородникова С. Ю., Ашихмина Т. Я., Домрачева Л. И. Влияние метилфосфоновой кислоты на развитие водорослей в почве // Ботанический журнал. 2009. № 1(94). С. 42–48.
5. Кондакова Л. В., Домрачева Л. И., Огородникова С. Ю., Олькова А. С., Кудряшов Н. А., Ашихмина Т. Я. Биоиндикационные и биотестовые реакции организмов на действие метилфосфонатов и пирозфосфата натрия // Теоретическая и прикладная экология. 2014. № 4. С. 63–69.
6. Коновалов А. С. Оценка детоксикации гуматами растворов соли мышьяка методами биотестирования // Бюллетень ВСНЦ СО РАН. 2013. № 2(90). С. 115–119.
7. Лигногумат. Общая информация. Методика и эффективность применения. Рекомендации для агрономов. СПб., 2011. С. 20.
8. Огородникова С. Ю., Головки Т. К., Ашихмина Т. Я. Реакция растений на фосфорорганический ксенобиотик – метилфосфоновую кислоту: доклад на заседании президиума Коми научного центра УрО Российской академии наук. Сыктывкар, 2004.
9. Огородникова С. Ю., Головки Т. К. Реакции растений ячменя на действие ксенобиотика – метилфосфоновой кислоты в низких концентрациях // Сибирский экологический журнал. 2006. № 3(13). С. 371–375.
10. Огородникова С. Ю., Кантор Г. Я. Кинетика экзосмоса электролитов у проростков ячменя под действием стресс-факторов // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: матер. междунар. конф. Сыктывкар, 2007. С. 299–301.
11. Пукальчик М. А., Терехова В. А., Якименко О. С., Акулова М. И. Сравнение ремедиационных эффектов Биочара и Лигногумата на почвы при полиметаллическом загрязнении // Теоретическая и прикладная экология. 2016. № 2. С. 79–85.
12. Свинолупова Л. С., Огородникова С. Ю. Влияние пирозфосфата натрия на антиоксидантную систему защиты растений ячменя // Агрохимия. 2012. № 6. С. 84–88.
13. Терехова В. А., Воронина Л. П., Гершкович Д. В., Ипатов В. И., Исакова Е. Ф., Котелевцев С. В., Попутникова Т. О., Рахлеева А. А., Самойлова Т. А., Филленко О. Ф. Биотест-системы для задач экологического контроля: методические рекомендации по практическому использованию стандартизованных тест-культур. М., 2014.
14. Товстик Е. В., Огородникова С. Ю., Ашихмина Т. Я., Широких И. Г. Влияние метилфосфоновой кислоты на реакцию почвенных актиномицетов // Агрохимия. 2016. № 5. С. 47–54.

REFERENCES

1. Ayushinova, L. S. (2015). *Otvetnyye reaktsii rasteniy na deystviye spetsificheskikh pollyutantov (na primere metilfosfonovoy kisloty, pirofosfata natriya i florida natriya) "Plant responses to the action of specific pollutants (for example, methylphosphonic acid, sodium pyrophosphate and sodium fluoride)": Abstract. ... Cand. biol. sciences. Syktyvkar. (In Russian)*
2. Bezuglova, O. S. (2007). *Udobreniya, biodobavki i stimulyatory rosta vashego urozhaya "Fertilizers, supplements and stimulants for the growth of your crop". Rostov-on-Don. (In Russian)*
3. Ionenko, I. F., Golovko, T. K., & Anisimov, A. V. (2005). *Vliyanie metilfosfonovoy kisloty na diffuzionny transport vody v kornyakh kukuruzy. Issledovaniye metodom SPIN-EKHO YAMR "Effect of methylphosphonic acid on diffusive transport of water in maize roots. Study by SPIN-ECHO NMR". In Problems of agriculture. Interuniversity collection of scientific papers. Kaliningrad, 165-172. (In Russian)*
4. Kondakova, L. V., Ogorodnikova, S. Yu., Ashikhmina, T. Ya., & Domracheva, L. I. (2009). *Vliyanie metilfosfonovoi kisloty na razvitie vodoroslei v pochve. Botanicheskiy zhurnal "Botanical Journal", 1(94). 42-48. (In Russian)*
5. Kondakova, L. V., Domracheva, L. I., Ogorodnikova, S. Yu., Olkova, A. S., Kudryashov, N. A., & Ashikhmina, T. Ya. (2014). *Bioindikatsionnye i biotestovye reaktsii organizmov na deistvie metilfosfonatov i pirofosfata natriya. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya "Theoretical and Applied Ecology", 4. 63-69.*
6. Konovalov A. S. (2013). *Otsenka detoksikatsii gumatami rastvorov soli mysh'yaka metodami biotestirovaniya. Byulleten' VSNTS SO RAN "Bulletin of the WCSC of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", 2(90), 115–119. (In Russian)*
7. Lignogumat. *Obshchaya informatsiya. Metodika i effektivnost' primeneniya. Rekomendatsii dlya agronomov "Lignohumate General information. Methodology and effectiveness of application. Recommendations for agronomists". (2011). St. Petersburg. (In Russian)*

8. Ogorodnikova, S. Yu., Golovko, T. K., & Ashikhmina, T. Ya. (2004). Reaktsii rasteniy na fosfororganicheskiy ksenobiotik – metilfosfonovuyu kislotu “Plant Reactions to Organophosphate Xenobiotic – Methylphosphonic Acid”. *In Scientific Reports. Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar*. (In Russian)
9. Ogorodnikova, S. Yu., & Golovko, T. K. (2006). Reaktsii rastenii yachmenya na deistvie ksenobiotika – metilfosfonovoi kisloty v nizkikh kontsentratsiyakh. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal “Siberian Journal of Ecology”, 3(13)*. 371–375. (In Russian)
10. Ogorodnikova S. Yu., & Kantor G. Ya. (2007). Kinetika ekzosmosa elektrolitov u prorostkov yachmenya pod deystviyem stress-faktorov “Kinetics of exosmos of electrolytes in barley seedlings under the influence of stress factors”. *In Modern Plant Physiology: from molecules to ecosystems: mater. international conf. Syktyvkar*, 299–301. (In Russian)
11. Pukalchik, M. A., Terekhova, V. A., Yakimenko, O. S., & Akulova, M. I. (2016). Evaluation of biochar and lignogumate remediation effect in heavy metal-contaminated soil. *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya “Theoretical and Applied Ecology”, 2*, 79–85. (In Russian)
12. Svinolupova, L. S., & Ogorodnikova, S. Yu. (2012). Effect of Sodium Pyrophosphate on the Antioxidant Protection of Barley Plants. *Agrokimiya “Agrochemistry”, 6*, 84–88. (In Russian)
13. Terekhova, V. A., Voronina, L. P., Gershkovich, D. V., Ipatova V. I., Isakova E. F., Kotelevtsev S. V., Poputnikova T. O., Rakhleeva A. A., Samoilo, T. A., & Filenko, O. F. (2014). Biotest-sistemy dlya zadach ekologicheskogo kontrolya. *In Metodicheskiye rekomendatsii po prakticheskomu ispol'zovaniyu standartizovannykh test-kul'tur “Biotest systems for environmental monitoring tasks: Guidelines for the practical use of standardized test cultures”*. Moscow, 48. (In Russian)
14. Tovstik, E. V., Ogorodnikova, S. Yu., Ashikhmina, T. Ya., & Shirokikh, I. G. (2016). The Effect of methylphosphonous acid on the reaction of soil actinomycetes. *Agrokimiya “Agrochemistry”, 5*, 47–54. (In Russian)

Огородникова С. Ю. Эффекты лигногумата на фитотоксичность фосфорсодержащих соединений (модельные опыты) // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 60–68. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/10>

Ogorodnikova, S. Yu. (2020). Effects of lignohumate on the phytotoxicity of phosphorus-containing compounds (model experiments). *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 60–68. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/10>

дата поступления: 02 июля 2019 г

дата принятия: 22 октября 2019 г.

© Огородникова С. Ю.

УДК 630 * 581.5 + 582.632.1

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/11>

Ю. А. Курило, Е. В. Донец, А. И. Григорьев

**ОПЫТ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ
ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ВЛИЯНИЯ НЕФТЯНОГО
ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКУ
БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ (BETULA PENDULA ROTH.)**

Yu. A. Kurilo, E. V. Donets, A. I. Grigoriev

**EXPERIENCE IN THE STUDY OF THE DURATION
OF THE INFLUENCE OF OIL POLLUTION
ON THE CHARACTERISTIC OF BIOELECTRIC
RESISTANCE OF BIRCH (BETULA PENDULA ROTH)**

Аннотация. Исследование электрометрическим методом биоэлектрического сопротивления (ЭС) древесных растений при действии неблагоприятных факторов, в том числе при загрязнении нефтешламом, служит одним из адекватных методических подходов к оценке состояния лесных биогеоценозов. *Цель исследования* – изучить особенности влияния нефтешламового загрязнения почвогрунтов на продолжительность изменения биоэлектрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей (ПКТ) стволов березы повислой. Объект исследования – деревья березы повислой (*Betula pendula* Roth.), произрастающие в бассейне буферных прудов АО «Газпромнефть – ОНПЗ» (г. Омск). Район исследо-

Abstract. the study of bioelectric resistance (impedance) of woody plants by electrometric method under the influence of adverse factors, including oil sludge, is one of the adequate methodological approaches to assessing the state of forest biogeocenoses. The aim of the study is to study the peculiarities of the influence of oil sludge pollution of soils on the duration of changes in the bioelectric resistance of the pre-cambial tissue complex of birch trunks. The object of the study is the trees of the hanging birch (*Betula pendula* Roth.) growing in the basin of buffer ponds of JSC «Gazpromneft – ONPZ» (Omsk). The research area is the Central forest-steppe of the South

вания – центральная лесостепь юга Западной Сибири. Результаты исследований были обработаны стандартными методами вариационной статистики, корреляционного, регрессионного и дисперсионного однофакторного анализов с использованием пакета Statistica 10. Сравнения вариантов опыта проводились по критериям Стьюдента и Фишера. Изучена зависимость электросопротивления ПКТ ствола березы от уровня нефтешламowego загрязнения почвогрунтов. Разработана рекомендация по экспресс-оценке состояния деревьев березы повислой в условиях нефтешламowego загрязнения электрометрическим методом. По результатам наших многолетних исследований можно отметить, что продолжительность существенного отрицательного влияния нефтешлама на ЭС ПКТ деревьев березы в условиях лесостепной зоны Западной Сибири проявляется в течение шести лет, на седьмой год эти различия являются недостоверными, а на девятый год эти различия стираются, исчезают ($\tau_{\text{факт}} > \tau_{0,5}$). Полученные результаты могут быть использованы в скрининговых исследованиях состояния лесных биогеоценозов и при планировании и организации работ по биорекультивации на территории санитарно-защитных зон нефтеперерабатывающих предприятий, в районах нефтедобычи и транспортировки нефти.

Ключевые слова: береза повислая; прикамбиальный комплекс тканей; электрическое сопротивление; электрометрический метод; нефтяное загрязнение.

of Western Siberia. The results of the studies were processed by standard methods of variational statistics, correlation, regression and variance one-factor analysis using the package Statistica 10. Comparisons of experience variants were carried out according to student and Fisher criteria. The dependence of electrical resistance of birch trunk PCT (precompiling complex tissues) on the level of oil sludge pollution of soils was studied. A recommendation for rapid assessment of the condition of birch trees in the conditions of oil sludge pollution by electrometric method was developed. According to the results of our long-term studies, it can be noted that the duration of a significant negative impact of oil sludge on the electrical resistance precompiling complex tissues of birch trees in the forest-steppe zone of Western Siberia is manifested within six years, and in the seventh year these differences are not reliable and already in the ninth year-these differences disappear ($\tau_{\text{факт}} > \tau_{0,5}$). The results obtained can be used in screening studies of forest biogeocenoses and in the planning and organization of bioreculture activities on the territory of sanitary protection zones of oil refineries and in areas of oil production and oil transportation.

Key words: silver birch; primarily complex tissues; electrical resistance; electrometric method; oil sludge pollution.

Сведения об авторах: Курило Юлия Анатольевна, ORCID: 0000-0001-6350-8053, SPIN-код: 3779-9211, канд. биол. наук, Омский государственный педагогический университет, г. Омск, Россия, curilo.yu@yandex.ru; Донец Евгения Владимировна, SPIN-код: 5118-2719, канд. биол. наук, Омский государственный педагогический университет, г. Омск, Россия; Григорьев Аркадий Иванович, ORCID: 0000-0002-2373-7123, SPIN-код: 8412-9938, д-р биол. наук, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, г. Омск, Россия, aigrigoryew@mail.ru.

Information about the authors: Kurilo Yulia Anatolevna, ORCID: 0000-0001-6350-8053, SPIN-code: 3779-9211, Ph.D., Omsk State Pedagogical University, Omsk, Russia, curilo.yu@yandex.ru; Donets Evgenia Vladimirovna, SPIN-code: 5118-2719, Ph.D., Omsk state pedagogical University, Omsk, Russia; Grigoriev Arkady Ivanovich, ORCID: 0000-0002-2373-7123, SPIN-code: 8412-9938, Dr. habil., Omsk State Agrarian University. P. A. Stolypin, Omsk, Russia, aigrigoryew@mail.ru.

Введение

Изучение электрического сопротивления (ЭС) (импеданса) древесных растений при действии неблагоприятных факторов, в том числе при нефтешламowego загрязнении, служит одним из адекватных методических подходов к оценке состояния лесных экосистем [2; 3]. Анализ работ, посвященных диагностике заболеваний древесных растений, показал, что наиболее удобным в экспериментальном отношении и объективно отражающим особенности роста и развития древесных растений является прикамбиальный комплекс тканей ствола, анатомо-морфологические свойства которых могут быть оценены косвенно через их электрическое сопротивление [9]. У растений ведущую роль в восприятии многих биотических и абиотических факторов, а также в формировании клеточного ответа – сопротивления – на их воздействие играют плазматические мембраны, в которых возникает комплекс взаимосвязанных структурно-функциональных изменений, в число которых входит реакция мембранного потенциала. Электрический заряд на клеточной мембране является существенным фактором, влияющим на распределение заряженных частиц ионов, регулирующих обменные процессы. Известно, что электрические параметры клеток тесно связаны с функциональными особенностями тканей. Наличие поляризационной емкости является характерным показателем жизнеспособности живых клеток. Способность поляризовать ток и обусловленные этим зависимость электропроводности от частоты, сдвиг фаз, электрическое сопротивление являются характерной особенностью живых нормально функционирующих клеток. Б. Н. Тарусов (1938) предположил, что по электрическим параметрам клеток возможно определять жизнеспособность тканей, поскольку всякое воздействие, приводящее к повреждению или заболеванию, вызывает уменьшение абсолютной величины электрического сопротивления. Этот метод определения жизнеспособности тканей основан на способности живых клеток поляризовать электриче-

ский ток. Возникающий под действием тока заряд клеток и тканей изменяет поляризационную емкость, величина которой падает при снижении их жизнеспособности или отмирании. Интенсивность и характер обмена веществ в ткани выражаются в величине сопротивления, так как они обуславливают концентрацию и распределение ионов в тканях [22]. Позднее Ю. П. Каширо с сотрудниками (1988) отмечали, что электрическую модель клетки можно представить, как последовательное соединение активных сопротивлений.

Вообще, изучение физиологического состояния древесных растений в техногенных условиях весьма актуально с использованием современных экспресс-методов. Среди них наиболее перспективными представляются электрофизиологические методы, поскольку они непосредственно регистрируют характеристики клеточных мембран, тесно связанные с общей устойчивостью растений к стрессам [5; 6; 8; 15; 24–29]. К электрофизиологическим инструментальным методам относятся: диагностика по электрическому сопротивлению прикамбиального комплекса тканей [19], диагностика по электрическим потенциалам [11], экспресс-метод [1], термоэкспресс-метод [7]. А. А. Маторкиным (2007) предложен метод экспресс-оценки состояния деревьев по импедансу ПКТ и температуре стволов. Нами изучен, модифицирован и экспериментально применен электрометрический метод по изучению биоэлектрических реакций древесных растений на различные стресс-факторы, в частности, изучение электрического сопротивления в прикамбиальном комплексе тканей березы повислой [12–14].

В настоящее время особое внимание уделяется изучению воздействия нефти на экологическую обстановку в Западной Сибири. Этой проблеме посвящены работы Т. О. Перемитиной, И. Г. Яценко, М. Н. Алексеевой (2014), Д. В. Московченко, А. Г. Бабушкина (2014), И. Е. Скобелевой, Р. Ш. Валеева (2018), А. В. Соромотина, Л. В. Бордт (2018) и ряда других авторов.

В данной работе представлены результаты десятилетней экспериментальной работы по изучению изменения уровня электрического сопротивления в прикамбиальном комплексе тканей (ПКТ) березы повислой, произрастающей в условиях нефтешламowego загрязнения.

Цель исследования – изучить особенности влияния нефтешламowego загрязнения почвогрунтов на продолжительность изменения биоэлектрического сопротивления ПКТ стволов березы повислой.

Материалы и методы

Объект исследования – деревья березы повислой (*Betula pendula* Roth), произрастающие в бассейне буферных прудов АО «Газпромнефть – ОНПЗ» (г. Омск). Район исследования – центральная лесостепь юга Западной Сибири.

В 2010 г. в начале первой декады мая (1 мая) был заложен опыт на участке размером 10×35 м с внесением нефтешлама в приствольные круги (с дозой 3,70 кг/м²) диаметром 2,0 м в пределах проекции кроны одиночно стоящих модельных деревьев березы экспериментальной группы и группы контроля, произрастающей в естественных условиях (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальная площадка на территории бассейна буферных прудов АО «Газпромнефть – ОНПЗ» (г. Омск)

Измерения проводили мультиметром МУ–6, ориентировались на методику Р.Г. Шеверножука (1968). При регистрации электрического сопротивления оценивали распространения сигнала с двух противоположных сторон ствола деревьев березы. Для сравнения по годам использовались данные замеров ЭС ПКТ у деревьев березы в августе, в период начала пожелтения листьев и массового рассеивания семян.

За период исследования проведено 2 050 измерений березы повислой.

Результаты исследований были обработаны стандартными методами вариационной статистики, корреляционного, регрессионного и дисперсионного однофакторного анализов с использованием пакета Statistica 10. Сравнения вариантов опыта проводились по критериям Стьюдента и Фишера.

Результаты и обсуждение

На протяжении всего исследования рассмотрена зависимость между морфологическими признаками (диаметром, высотой ствола) [12] и электрическим сопротивлением (ЭС) в условиях нефтешламowego загрязнения [14], сезонное изменение уровня ЭС березы повислой [13], произрастающей в условиях нефтешламowego загрязнения.

Полученные экспериментальные данные по исследованию электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей березы повислой за исследуемый период (2010–2019 гг.) показали, что продукты нефтешлама, попадая в почву, в экспериментальных условиях (деревья группы «В») приводят во все годы к изменению электрического сопротивления прикамбиального комплекса тканей (ПКТ) у модельных деревьев березы. Вместе с тем в контрольной группе деревьев березы динамика ЭС ПКТ являлась относительно стабильной и была достоверно существенно ниже по 2016 год, чем у модельных деревьев группы «В» ($\tau_{\text{факт}} > \tau_{0,5}$) (рис. 2).

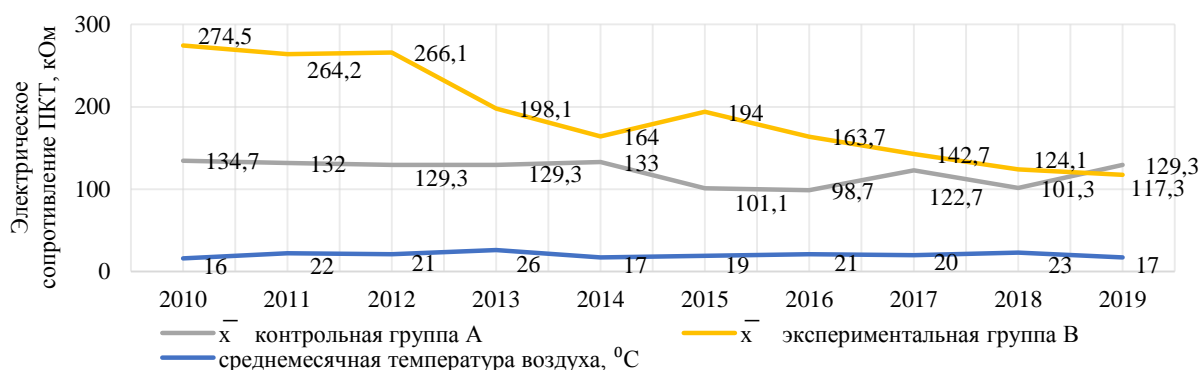


Рис. 2. Динамика электрического сопротивления в период с 2010 по 2019 гг.

Данное явление мы рассматриваем, как результат подавления уровня обменных процессов, связанных с водообменом и в целом с состоянием корне-лиственной связи древесных растений. Можно говорить, что «привнесение на поверхность почвы продуктов техногенеза ведет к накоплению в ней техногенных элементов, изменению рН среды и разрушению почвенно-поглощающего комплекса. Негативное влияние нефтяных поллютантов проявляется не только на почвенных экосистемах месторождения, но и на других элементах окружающей среды» [10].

Следует особо отметить, что в течение трех лет после внесения нефтешлама величина ЭС устойчиво удерживалась на высоком уровне, что позволяет судить о продолжении проявления сильного влияния нефтешламowego загрязнения на состояние ПКТ у модельных деревьев березы. Лишь на 4-й год наблюдалось резкое снижение (на 25,55%) величины электрического сопротивления в ПКТ у модельных деревьев березы, в 5-й, 6-й, 7-й годы – на 36,6; 32,97; 40,38% соответственно. На 8-й год после внесения нефтешлама также наблюдаем заметное различие ЭС (на 16,3%) у модельных деревьев экспериментальной группы по сравнению с контрольной группой. На 9-й год тенденция снижения в динамике ЭС ПКТ у модельных деревьев березы в экспериментальной группе сохранилась. Различия между ЭС ПКТ моделей деревьев березы в экспериментальной группе по сравнению с контролем сохраняется на прежнем уровне. В 2019 г. наблюдаем снижение ЭС в экспериментальной группе, в то время как в контрольной оно относительно стабильно. На основании этих данных можно признать, что существенно отрицательное влияние нефтешлама на жизнедеятельность березы повислой проявляется в течение семи лет. Это свидетельствует, что за этот период произошли процессы восстановления плодородия почвы и детоксикация отрицательно действующих ингредиентов разложения нефтешламов в почве.

Связь ЭС ПКТ у модельных деревьев как контрольной, так и экспериментальной групп с термическим режимом воздушной среды оказалась положительной и слабой ($r_{x,y} = 0,36$).

При проведении полевых электрометрических исследований древесных растений необходимо учитывать физиологические особенности растений и техногенные условия их произрастания, а также наличие изменчивости величины импеданса древесных пород [4; 23]. Поскольку биоэлектрическое сопротивление отражает важную роль в жизнедеятельности растительных клеток древесных растений, то

его эффективно использовать в качестве биофизического показателя для оценки состояния древесных растений и биоиндикации нефтяного загрязнения почвенного покрова.

Таким образом, по результатам многолетних исследований можно отметить, что продолжительность существенного отрицательного влияния нефтешлама на ЭС ПКТ деревьев березы в условиях лесостепной зоны Западной Сибири проявляется в течение шести лет, на седьмой год эти различия являются недостоверными, и уже на девятый год эти различия исчезают, стираются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голодрига П. Я., Осипов А. В. Экспресс-метод и приборы для диагностики морозоустойчивости растений // Физиология и биохимия культурных растений. 1972. Т. 4. Вып. 6. С. 650–655.
2. Григорьев А. И. Эколого-физиологические основы адаптации древесных растений в лесостепи Западной Сибири. Омск, 2008.
3. Григорьев А. И. Электропроводность желудей у деревьев дуба, различающихся по срокам пожелтения и сбрасывания листьев // Материалы II межвузов. конф. молодых ученых Волго-Вятского региона. Йошкар-Ола, 1973. С. 11–13.
4. Грязькин А. В., Герасюта С. М., Бернацкий Д. П., Трубачева Т. А., Ковалев Н. В. Изменчивость величины импеданса древесных пород // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. Вып. 198. С. 12–19.
5. Ивакин А. П. Оценка жароустойчивости овощных культур по электрическому сопротивлению тканей // Методы оценки устойчивости растений неблагоприятным условиям среды. 1976. С. 83–86.
6. Зубкова Т. А., Мартынова Н. А., Белоусов В. М. Электрическое сопротивление структурных элементов биогеоценозов // Известия Иркутского государственного университета. 2011. Т. 4. № 2. С. 82–89.
7. Карасев В. Н., Карасева М. А., Романов Е. М., Мухортов Д. И. Термоэкспресс – метод ранней диагностики физиологического состояния сосны обыкновенной // Экология. 2017. № 2. С. 20–27.
8. Катичева Л. А., Сурова Л. М., Шерстнева О. Н., Бушуева А. Н., Глинская Е. В., Воденев В. А. Изменение электрического сопротивления плазмалеммы клеток высшего растения при генерации переменного потенциала // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2013. № 3(1). С. 151–154.
9. Каширо Ю. П., Хасанов Н. Х., Дорожкин Е. М. Электрическое сопротивление тканей прикамбиального комплекса ствола у сосны обыкновенной и его диагностические возможности // Леса Урала и хозяйства в них. 1988. Вып. 14. С. 183–188.
10. Кенжегаев Г. Ж., Койбакова С. Е., Сырлыбеккызы Самал. Оценка негативного воздействия нефти на почвенный покров // Spint Time. 2019. № 5(1)17. С. 22–24.
11. Коловский Р. А. Биоэлектрическая реакция корней сеянцев кедра на ионный состав среды // Физиолого-биохимические механизмы роста хвойных. Новосибирск, 1978. С. 89–95.
12. Курило Ю. А., Григорьев А. И. Электрическое сопротивление как показатель устойчивости древесных растений в условиях нефтяного загрязнения // Проблемы региональной экологии. 2010. № 5. С. 111–116.
13. Курило Ю. А., Григорьев А. И. Изучение электрического сопротивления древесных растений в условиях нефтяного загрязнения почвы (на примере березы повислой) // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3. С. 546.
14. Курило Ю. А., Григорьев А. И. Изучение влияния нефтешлама на жизнедеятельность древесных растений (на примере исследования электрического сопротивления *Betula pendula* Roth.) // Лесоведение. 2019. № 4. С. 304–310.
15. Кушнеренко М. Д., Курчатова Г. П., Штефьрица А. А., Печерская О. Н., Киевцова Е. В., Баштовая С. И. Комплексный метод определения жаро- и засухоустойчивости растений прибором «ТУРГОРОМЕР-1» (Т-1) // Экспресс-методы диагностики жаро-засухоустойчивости и сроков налива растений. 1986.
16. Маторкин А. А., Карасева М. А. Информативность импеданса прикамбиального комплекса тканей деревьев хвойных пород при диагностике их жизнеспособности // Современная физиология растений: от молекул до экосистем: материалы докладов Международной конференции. Ч. 2. Сыктывкар, 2007. С. 265–266.
17. Московченко Д. В., Бабушкин А. Г. Нефтяное загрязнение поверхностных вод на территории ХМАО – Югры // Экология и промышленность России. 2014. № 4. С. 34–38.
18. Перемитина Т. О., Ященко И. Г., Алексеева М. Н. Комплексная оценка экологических рисков аварийных разливов нефти // Экология и промышленность России. 2014. № 11. С. 22–25.
19. Положенцев П. А., Золотов Л. А. Динамика электрического сопротивления тканей луба сосны как индикатор изменения их физиологического состояния // Физиология растений. 1970. Т. 17. Вып. 4. С. 830–835.
20. Скобелева И. Е., Валеев Р. Ш. Антропогенное воздействие разливов нефти на экологическую обстановку Западной Сибири // Сборник материалов международной научно-практической конференции. 2018. С. 247–250.
21. Соромотин А. В., Бордт Л. В. Мониторинг растительного покрова при освоении нефтегазовых месторождений по данным многоканальной съемки LANDSAT // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2018. Т. 4. № 1. С. 37–49.
22. Тарусов Б. Н. Электропроводность как метод определения жизнеспособности ткани // Архив ботанических наук. 1938. Т. 52. Вып. 2. С. 5–16.
23. Шеверножук Р. Г. Биоэлектрическая активность ели в насаждениях, методика ее измерения // Лесной журнал. 1968. № 4. С. 36–40.
24. Фисенко С. М., Фисенко М. И. Вегетационные вариации электрического сопротивления деревьев // International scientific review. 2016. № 18(28). Р. 39–43.
25. Ksenzhek O., Petrova S., Kolodyazhny M. Electrical properties of plant tissues: resistance of a maize leaf // Bulgarian Journal of Plant Physiology. 2004. Vol. 30. № 3-4. Р. 61–67.

26. Choudhury F. K., Devireddy A. R., Azad R. K., Shulaev V., Mittler R. Local and systemic metabolic responses during light-induced rapid systemic signaling // *Plant physiology*. 2018. Vol. 178. № 4. P. 1461–1472. <https://doi.org/10.1104/pp.18.01031>
27. Fromm J., Lautner S. Electrical signals and their physiological significance in plants // *Plant, cell & environment*. 2007. Vol. 30. № 3. P. 249–257. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01614.x>
28. Gilroy S., Bialasek M., Suzuki N., Górecka M., Devireddy A. R., Karpiński S., Mittler R. ROS, calcium, and electric signals: key mediators of rapid systemic signaling in plants // *Plant physiology*. 2016. Vol. 171. № 3. P. 1606–1615. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00434>
29. Lew R. R. Pressure regulation of the electrical properties of growing *Arabidopsis thaliana* L. root hairs // *Plant Physiology*. 1996. Vol. 112. № 3. P. 1089–1100. <https://doi.org/10.1104/pp.112.3.1089>

REFERENCES

1. Golodryga, P. Y., & Osipov, V. A. (1972). Ekspress-metod i pribory dlya diagnostiki morozoustoichivosti rastenii. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rastenii*, 4(6). 650-655.
2. Grigoriev, A. I. (2008). Ekologo-fiziologicheskie osnovy adaptatsii drevesnykh rastenii v lesostepi Zapadnoi Sibiri. Omsk.
3. Grigoriev, A. I. (1973). Elektroprovodnost' zheludei u derev'ev duba, razlichayushchikhsya po srokam pozhelteniya i sbrasyvaniya list'ev. In *Materialy II mezhvuzov. konf. molodykh uchenykh Volgo-Vyatskogo regiona, Yoshkar-Ola*. 11-13.
4. Gryazkin, A. V., Gerasyuta, S. M., Bernatsky, D. P., Trubacheva, T. A., & Kovalev, N. (2012). Izmenchivost' velichiny impedansa drevesnykh porod. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*, (198). 12-19.
5. Ivakin, A. P. (1976). Otsenka zharoustoichivosti ovoshchnykh kul'tur po elektricheskomu soprotivleniyu tkanei. In *Metody otsenki ustoichivosti rastenii neblagopriyatnym usloviyam sredy*, 83-86.
6. Zubkova, T. A., Martynova, N. A. & Belousov, V. M. (2011). Elektricheskoe soprotivlenie strukturnykh elementov biogeotsenozov. *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta*, 4(2). 82-89.
7. Karasev, V. N., Karaseva, M. A., Romanov, E. M., & Mukhortov, D. I. (2017). Termoeckspress – metod rannei diagnostiki fiziologicheskogo sostoyaniya sosny obyknovnoy. *Ekologiya*, (2). 20-27.
8. Katycheva, L. A., Surova, L. M., Sherstneva, O. N., Bushueva, A. N., Glinskaya, E. V., & Vodenev, V. A. (2013). Izmenenie elektricheskogo soprotivleniya plazmalemy kletok vysshego rasteniya pri generatsii variabel'nogo potentsiala. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo*, 3(1). 151-154.
9. Kashiroy, Yu. P. Khasanov, N. H., & Dorozhkin, E. M. (1988). Elektricheskoe soprotivlenie tkanei prikambial'nogo kompleksa stvola u sosny obyknovnoy i ego diagnosticheskie vozmozhnosti. *Lesy Urala i khozyaistva v nikh*, 14. 183-188.
10. Kenzhetayev, G. Z., Koibakov, S. E., & Syllabicity, Samal. (2019). Otsenka negativnogo vozdeistviya nefiti na pochvennyi pokrov [Assessment of the negative impact of oil on soil cover]. *Spint Time*, 5(1)17. 22 – 24.
11. Kolovsky, R. A. (1978). Bioelektricheskaya reaktsiya kornei seyantsev kedra na ionnyi sostav sredy. In *Fiziologo-biokhimicheskie mekhanizmy rosta khvoynykh*, 89-95.
12. Kurilo, Yu. A., & Grigoriev, A. I. (2010). Elektricheskoe soprotivlenie kak pokazatel' ustoichivosti drevesnykh rastenii v usloviyakh neftyanogo zagryazneniya. *Problemy regional'noi ekologii*, (5). 111-116.
13. Kurilo, Yu. A., & Grigoriev, A. I. (2015). Izuchenie elektricheskogo soprotivleniya drevesnykh rastenii v usloviyakh neftyanogo zagryazneniya pochvy (na primere berezy povisloi). *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, (3). 546.
14. Kurilo, Yu. A., & Grigoriev, A. I. (2019). Izuchenie vliyaniya nefteshlama na zhiznedeyatel'nost' drevesnykh rastenii (na primere issledovaniya elektricheskogo soprotivleniya *Betula pendula* Roth.). *Lesovedenie*, (4). 304-310.
15. Kushnerenko, M. D., Kurchatova, G. P., Shtefyrtsa, A. A., Pecherskaya, O. N., Kyivtsova, E. V., & Bashtova, S. I. (1986). Kompleksnyi metod opredeleniya zharo- i zasukhoustoichivosti rastenii priborom "TURGOROMER-1" (T-1). *Ekspress-metody diagnostiki zharo-zasukhoustoichivosti i srokov naliva rastenii*, 33.
16. Matorkin, A. A., & Karaseva, M. A. (2007). Informativnost' impedansa prikambial'nogo kompleksa tkanei derev'ev khvoynykh porod pri diagnostike ikh zhiznesposobnosti. In *Sovremennaya fiziologiya rastenii: ot molekul do ekosistem: materialy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsii*, (2). Syktyvkar, 265-266.
17. Moskovchenko, D. V., & Babushkin, A. G. (2014). Neftyanoe zagryaznenie poverkhnostnykh vod na territorii KhMAO – Yugry. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, (4) 34-38.
18. Peremitina, T. O., Yashchenko, I. G., & Alekseeva, M. N. 2014. Kompleksnaya otsenka ekologicheskikh riskov avariinykh razlivov nefiti. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, (11). 22-25.
19. Polozhentsev, P. A., & Zolotov, L. A. (1970). Dinamika elektricheskogo soprotivleniya tkanei luba sosny kak indikator izmeneniya ikh fiziologicheskogo sostoyaniya. *Fiziologiya rastenii*, 17(4). 830-835.
20. Skobeleva, I. E., Valeev, R. Sh. (2018). Antropogennoe vozdeistvie razlivov nefiti na ekologicheskuyu obstanovku Zapadnoi Sibiri. In *Sbornik materialov mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, 247-250.
21. Soromotin, A. V., & Bordt, L. V. (2018). Monitoring rastitel'nogo pokrova pri osvoenii neftegazovykh mestorozhdenii po dannym mnogokanal'noi s'emki LANDSAT. *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya i prirodopol'zovanie*, 4(1). 37-49.
22. Tarusov, B. N. (1938). Elektroprovodnost' kak metod opredeleniya zhiznesposobnosti tkani. *Arkhiv botanicheskikh nauk*, 52(2). 5-16.
23. Severnjuk, R. G. (1968). Bioelektricheskaya aktivnost' eli v nasazhdeniyakh, metodika ee izmereniya. *Lesnoi zhurnal*, (4). 36-40.
24. Fissenko S., Fissenko M. 2016. Vegetation variations of electric resistance of trees. *International scientific review*, 18(28). 39-43.
25. Ksenzhek, O., Petrova, S., & Kolodyazhny, M. (2004). Electrical properties of plant tissues: resistance of a maize leaf. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 30(3-4), 61-67.

26. Choudhury, F. K., Devireddy, A. R., Azad, R. K., Shulaev, V., & Mittler, R. (2018). Local and systemic metabolic responses during light-induced rapid systemic signaling. *Plant physiology*, 178(4), 1461-1472. <https://doi.org/10.1104/pp.18.01031>
27. Fromm, J., & Lautner, S. (2007). Electrical signals and their physiological significance in plants. *Plant, cell & environment*, 30(3), 249-257. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2006.01614.x>
28. Gilroy, S., Bialasek, M., Suzuki, N., Górecka, M., Devireddy, A. R., Karpiński, S., & Mittler, R. (2016). ROS, calcium, and electric signals: key mediators of rapid systemic signaling in plants. *Plant physiology*, 171(3), 1606-1615. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00434>
29. Lew, R. R. (1996). Pressure regulation of the electrical properties of growing *Arabidopsis thaliana* L. root hairs. *Plant Physiology*, 112(3), 1089-1100. <https://doi.org/10.1104/pp.112.3.1089>

Курило Ю. А., Донец Е. В., Григорьев А. И. Опыт по исследованию продолжительности влияния нефтяного загрязнения на характеристику биоэлектрического сопротивления березы повислой (*Betula pendula* Roth.) // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 68–74. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/11>

Kurilo, Yu. A., Donets, E. V., & Grigoriev, A. I. (2020). Experience in the study of the duration of the influence of oil pollution on the characteristic of bioelectric resistance of birch (*Betula pendula* Roth). *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1), 68–74. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/11>

дата поступления: 08 ноября 2019 г

дата принятия: 06 декабря 2019 г.

© Курило Ю.А., Донец Е.В., Григорьев А.И.

УДК 582.32

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/12>

Е. Д. Лапшина, Н. Н. Коротких, Т. Л. Беспалова

РЕДКИЕ ВИДЫ МХОВ ПРИРОДНОГО ПАРКА «КОНДИНСКИЕ ОЗЕРА» ИМ. Л. Ф. СТАШКЕВИЧА

Ye. D. Lapshina, N. N. Korotkikh, T.L. Bepalova

RARE MOSSES OF THE KONDINSKIE LAKES NATURAL PARK NAMED AFTER L. F. STASHKEVICH

Аннотация. Флора мхов природного парка «Кондинские озера» им. Л.Ф. Сташкевича (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Западная Сибирь) к настоящему времени насчитывает 114 видов, из которых 54 вида (47,4%) являются редкими для территории природного парка. Из них 11 видов являются редкими на всей территории Ханты-Мансийского автономного округа и Западной Сибири в целом, в том числе *Dichelymacapillaceum*, *Dicranum septentrionale*, *Sphagnum annulatum*, *S.mirum*, *S. subfulvum*, *S. tenellum*. На основании анализа фитоценотической приуроченности видов и частоты их встречаемости обсуждаются причины высокой доли редких видов в составе бриофлоры и особенности их распределения по территории природного парка.

Ключевые слова: бриофлора; мхи; редкие виды; частота встречаемости; Ханты-Мансийский автономный округ – Югра; Западная Сибирь.

Abstract. The moss flora of the Kondinskies Lakes Natural Park named after L.F. Stashkevich (Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russia) currently includes 114 species. Fifty-four species (47.4%) are rare for the natural park, of which eleven species, such as *Dichelyma capillaceum*, *Dicranum septentrionale*, *Sphagnum annulatum*, *S. mirum*, *S. subfulvum*, *S. tenellum*, are rare for the Khanty-Mansi Autonomous Okrug and Western Siberia. The phytocenotic association and the frequency of occurrence of the studied species was analyzed. The paper discusses the reasons for the high proportion of rare mosses in the park's brioflora and the features of their distribution over the territory of the park.

Key words: brioflora; moss; rare species; frequency of occurrence, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra; Western Siberia.

Сведения об авторах: Лапшина Елена Дмитриевна, SPIN-код: 7111-3280, д-р биол. наук, Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия, e_lapshina@ugrasu.ru; Коротких Наталья Николаевна, ORCID: 0000-0003-4782-2979, SPIN-код: 2977-9183, Природный парк «Кондинские озера» им. Л.Ф. Сташкевича, г. Советский, Россия, korotkich@mail.ru; Беспалова Татьяна Леонидовна, ORCID: 0000-0003-1893-4728, SPIN-код: 7854-4936, канд. биол. наук, Природный парк «Кондинские озера» им. Л. Ф. Сташкевича, г. Советский, Россия, bespalovatl@inbox.ru.

About the authors: Lapshina Elena Dmitrievna, SPIN-code: 7111-3280, Dr. habil., Ugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, e_lapshina@ugrasu.ru; Korotkikh Natalya Nikolaevna, ORCID: 0000-0003-4782-2979, SPIN code: 2977-9183, Kondinsky Lakes Nature Park named after L.F. Stashkevich, Sovetsky, Russia, korotkich@mail.ru; Bepalova Tatyana Leonidovna, ORCID: 0000-0003-1893-4728, SPIN code: 7854-4936, Ph.D., Kondinsky Lakes Nature Park named after L.F. Stashkevich, Sovetskiy, Russia, bespalovatl@inbox.ru.

Авторы выражают большую благодарность всем сотрудникам природного парка, оказавшим помощь и поддержку в организации полевых исследований. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ и Правительства ХМАО – Югры (проект № 18-44-860017).

Природный парк «Кондинские озера» им. Л.Ф. Сташкевича (далее – природный парк) находится в Советском районе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (далее ХМАО – Югра) (60–61° с.ш., 63–63,5° в.д.). Территория природного парка располагается в подзоне средней тайги, занимая левобережную часть бассейна р. Конды (левого притока р. Обь) в ее верхнем течении, на площади 43 900 га.

Климат континентальный, среднегодовая температура воздуха равна –0,8°C. Разница между средней температурой самого холодного (январь) и самого теплого (июль) месяцев составляет около 40°C. Продолжительность безморозного периода – 97–110 дней. Абсолютный минимум температуры воздуха –51°C. Среднегодовое количество осадков составляет 533 мм, из которых основное количество (82%) выпадает с апреля по октябрь [8].

Согласно геоботаническому районированию Тюменской области территория природного парка входит в состав Сосьвинского округа сосновых зеленомошных, лишайниковых и елово-кедровых зеленомошных лесов подзоны средней тайги лесной зоны Западной Сибири [1]. Растительный покров представлен преимущественно сосновыми бруснично-лишайниковыми и бруснично-лишайниково-зеленомошными лесами на песчаных почвах, верховыми и переходными сфагновыми болотами, болотными березовыми мелколесьями и долгопоемными лугами в зонах периодического подтопления и затопления вокруг озер и приустьевых частях малых рек, гидрологически связанных с верховьями р. Конда. Темнохвойные и смешанные мелкотравно-зеленомошные и зеленомошно-травяные леса на суглинках занимают ничтожно малые площади. В долинах малых рек и ручьев узкими полосами развиваются своеобразные темнохвойные или смешанного состава из кедра, ели, березы и сосны вейниково-осоково-болотнотравно-сфагновые болота лесного облика – согры.

Первые сборы мхов в этом районе выполнены сотрудниками природного парка в 2001–2003 гг. и определены в Уральском государственном педагогическом университете (г. Екатеринбург) А. П. Дьяченко. Позднее исследования по изучению флоры мхов продолжены учеными НИИ биологии и биофизики Томского государственного университета и Югорского государственного университета (г. Ханты-Мансийск). Первые результаты изучения бриофлоры природного парка, полученные за период с 2001 по 2007 гг., обобщены в статье Е. Д. Лапшиной и О. Ю. Писаренко [5], в которой для территории природного парка приводится 96 видов мхов.

В дальнейшем сборы мхов были продолжены в 2009, 2011, 2014–2017 гг. в рамках проведения различного рода научно-исследовательских работ, связанных с изучением флоры и растительности природного парка. Исследованиями были охвачены все основные типы местообитаний и растительных сообществ (суходольные и заболоченные сосновые, темнохвойные и смешанные леса, остепненные сосново-лишайниковые редколесья, березовые болотные мелколесья, темнохвойные вейниково-болотнотравные согры, переходные и верховые болота). Особое внимание уделялось нарушенным местообитаниям и естественным внеценотическим биотопам (придорожные каналы, обнажения, лесные дороги, тропы, берега рек и озер). Подобный подход обеспечил достаточно полное выявление флористического состава всех основных типов местообитаний и растительных сообществ, представленных на территории природного парка.

Всего в ходе геоботанических и маршрутных флористических исследований и последующей обработки материала было выполнено 520 геоботанических описаний с полным выявлением видового состава мхов, собрано около 3 тыс. образцов мхов и проведено более 10 тыс. определений.

К настоящему времени бриофлора природного парка, по нашим данным, насчитывает 114 видов мхов [17], что составляет 48,3% от бриофлоры равнинной части ХМАО – Югры [5; 12].

Ведущими семействами данной бриофлоры являются: *Sphagnaceae*, *Dicranaceae*, *Polytrichaceae*, *Mniaceae*, *Amblystegiaceae*. Наиболее крупными родами являются: *Sphagnum*, *Dicranum*, *Polytrichum*, *Bryum*, *Pohlia*. Основу бриофлоры природного парка составляют типичные бореальные лесные и болотные виды с широкими циркумполярными ареалами *Aulacomnium palustre*, *Calliargon cordifolium*, *Dicranum fuscescens*, *Dicranum polysetum*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*, *Pohlia nutans*, *Polytrichum commune*, *Polytrichum strictum*, *Sanionia uncinata*. Особенностью бриофлоры природного парка является высокое видовое разнообразие, в том числе редких видов сфагновых мхов (30 видов) [17].

Целью данного исследования является анализ фитоценотической приуроченности и особенностей распространения редких видов мхов на территории природного парка, а также демонстрация на их

примере неравномерности распределения видов, что является первоосновой для организации мониторинга состояния популяций редких видов и наиболее ценных экосистем.

Одним из важных критериев для отнесения видов мхов к категории редких является частота их встречаемости в регионе [4]. Редкими мы считали виды, встреченные на территории природного парка лишь в 1–3 точках из 520, в которых проводились сборы мхов. При этом повторные встречи видов в близко расположенных геоботанических описаниях, выполненных в пределах одного природного выдела гомогенного или комплексного строения, в масштабе всей территории природного парка, рассматривали как одну точку сбора. Номенклатура мхов следует «Списку мхов Восточной Европы и Северной Азии» [15].

Результаты и обсуждение

Анализ частоты встречаемости видов мхов показал, что из 114 выявленных видов мхов около половины – 52 вида (45,6%) на территории природного парка являются редкими.

Высокая доля редких видов во флоре мхов природного парка обусловлена природными особенностями этой территории, а именно – ограниченным распространением или полным отсутствием подходящих для них местообитаний, связанных с глинистыми и каменистыми субстратами, долинами рек, выходами грунтовых вод, богатых элементами минерального питания.

Широкое распространение бедных песчаных почв и лишайниковых сосняков резко сокращает возможность развития темнохвойных и смешанных лесов, с которыми ассоциируется целый комплекс южнотаежных и бореально-неморальных видов, ценотический оптимум которых располагается значительно южнее, в пределах южной тайги и подтайги. Это такие виды как *Mnium spinulosum*, *Plagiothecium latebricola*, *Rhytidiadelphus subpinnatus*, *Sciuro-hypnum curtum*, *S. reflexum*, *Stereodon pallescens*. С отсутствием осиновых лесов и крайне ограниченной площадью лесных насаждений с участием старовозрастных осин на территории природного парка связана редкость *Amblystegium serpens*, *Pyloisia polyantha*, *Orthotrichum obtusifolium*.

Однако надо признать, что многие редкие в природном парке виды мхов являются весьма обычными в лесных и болотных биотопах лесной зоны Западной Сибири. Только из 1–3 точек на территории парка известны *Brachythecium mildeanum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Campylium stellatum*, *Climacium dendroides*, *Dicranum bonjeanii*, *Drepanocladus aduncus*, *Helodium blandowii*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Sphagnum wulfianum*. Их редкость в природном парке объясняется ограниченным распространением подходящих для них местообитаний, связанных с долинными и зональными темнохвойными лесами и низинными болотами богатого грунтового питания.

В то же время часть видов, выявленных в природном парке, действительно являются редкими на всей территории ХМАО – Югры. Как правило, это виды, находящиеся на границе ареала, или стено-топные виды, строго ограниченные в своем распространении особыми специфическими типами местообитаний или субстратов, которые не характерны или в типичном виде отсутствуют в равнинной части территории ХМАО.

Так, редкими являются немногие гипоарктические виды – *Bryum cyclophyllum*, *Polytrichum jensenii*, *Sphagnum aongstroemii*, которые находятся на южной границе своего распространения, а также преимущественно горные виды – *Bryum elegans*, *Mnium thomsonii*, *Pogonatum urnigerum*, *Pohlia cruda*, *Stereodon plicatulus*, известные на большей части равнинной территории автономного округа лишь по единичным находкам.

Сравнительно редкими для равнинной части автономного округа, расположенного в основном в пределах среднетаежной зоны, являются следующие виды, найденные в природном парке: *Atrichum tenellum*, *Eurhynchiastrum pulchellum*, *Leskea polycarpa*, *Myrinia pulvinata*, *Schistostega pennata*, *Serpoleskea subtilis*.

Редкими в таежной зоне Западной Сибири являются многие мелкие геофильные виды – *Dicranella humilis*, *Dicranella subulata*, *Pogonatum urnigerum*, *Pohlia andalusica*, предпочитающие обнаженную почву. В природном парке они собраны по кромке оврага на обочине дороги.

Особый интерес представляют виды, которые являются редкими не только на территории автономного округа, но и России в целом. Сравнительно недавно они были выявлены в Западной Сибири, но везде известны по единичным находкам. Это такие виды как *Dichelyma capillaceum* [10; 11; 16], *Sphagnum annulatum* [12, с. 187], *S. mirum* [6; 13; 14; 19, с. 218], *S. subfulvum* [9], *S. tenellum* [18]. Из них 3 вида – *Dichelyma capillaceum*, *Sphagnum subfulvum*, *S. tenellum*, а также *Schistostega pennata* – внесены в Красную книгу ХМАО – Югры [3].

Еще 4 вида *Sphagnum annulatum*, *S. mirum*, *Dicranum septentrionale*, *Plagiothecium latebricola*, найденные в природном парке, заслуживают включения в ее новое издание (2023). Оба вида сфагновых мхов выявлены в растительных сообществах переходных болот в районе озера Рангетур: *Sphagnum*

annulatum – в мезоолиготрофной топи на восточном берегу, *S. mirum* – в топи выклинивания грунтовых вод к северо-востоку от озера. Зеленые мхи собраны в болотнотравно-сфагновых лесах (сограх) в долинах малых рек: *Dicranum septentrionale* собран в долине р. Лемья, *Plagiothecium latebricola* – в долине р. Еныя.

Два вида мхов – гипоарктический вид *Dicranum septentrionale*, более характерный для лесотундры и южной тундры Западной Сибири [7], и *Sphagnum tenellum* – вид с отчетливо выраженным океаническим распространением [18] – в природном парке «Кондинские озера» представлены пока единственной находкой на территории ХМАО – Югры.

Анализ особенностей распределения редких видов по территории природного парка показал, что большинство из них сконцентрированы в ограниченном числе биотопов, которые можно объединить в семь территориальных выделов. Места наибольшей концентрации редких видов на территории природного парка представлены на рисунке 1.

Зоны весеннего подтопления вокруг оз. Понтур, проточных озер Круглое и Лопуховое, пойма р. Ах, включая приустьевую часть рр. Анисья и Еныя (рис. 1: 1, 2 а-г) – 12 видов (*Atrichum tenellum*, *Bryum cyclophyllum*, *B. pallens*, *B. elegans*, *Climacium dendroides*, *Dichelyma capillaceum*, *Dicranum spadicum*, *Leptodictyum riparium*, *Leskea polycarpa*, *Myrinia pulvinata*, *Rhytidiadelphus subpinnatus*, *Serpoleskea subtilis*, *Sphagnum platyphyllum*). Ряд видов отмечен на голом грунте по берегам озер.

Выходы на поверхность суглинистых отложений: Муравьиная горка (рис. 1: 3) – 10 видов (*Amblystegium serpens* var. *juratzkanum*, *Dicranella humilis*, *D. subulata*, *Dicranum bonjeanii*, *Ditrichum heteromallum*, *Pogonatum urnigerum*, *Pohlia andalusica*, *Pylaisia polyantha*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Sciuro-hypnum reflexum*). Появление здесь мелких геофитов связано с наличием старого оврага.

Еловый мыс на южном берегу оз. Понтур (рис. 1: 6) – 6 видов (*Amblystegium serpens* var. *juratzkanum*, *Herzogiella turfacea*, *Mnium thomsonii*, *M. spinulosum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Sciuro-hypnum reflexum*);

Пихтовый остров в верховьях р. Окунева (рис. 1: 9) – 4 вида (*Dicranum bonjeanii*, *Mnium thomsonii*, *Stereodon pallescens*, *S. plicatulus*).

Долины малых рек и ручьев: Долины рек Окунева и Еныя (рис. 1: 8) – 9 видов (*Amblystegium serpens*, *Climacium dendroides*, *Eurhynchiastrum pulchellum*, *Herzogiella turfacea*, *Leskea polycarpa*, *Orthotrichum obtusifolium*, *Plagiothecium latebricola*, *Pylaisia polyantha*, *Schistostega pennata*).

Долина р. Лемья (рис. 1: 7) – 5 видов (*Dicranum septentrionale*, *Pohlia cruda*, *P. proligera*, *Sciuro-hypnum curtum*, *Sphagnum aongstroemii*).

Топи выклинивания грунтовых вод в центральной части болота Южного и к северо-западу от оз. Рангетур – 8 видов (*Brachythecium mildeanum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *B. creberrimum*, *Campylium stellatum*, *Drepanocladus aduncus*, *Helodium blandowii*, *Polytrichum jensenii*, *Sphagnum mirum*, *S. teres*).

Кроме того, редкие виды встречены на болоте Полосатом (*Sphagnum subfulvum*), болоте Базовом (*Sphagnum tenellum*), в мезо-олиготрофной топи комплексного строения на восточном берегу оз. Рангетур (*Sphagnum annulatum*), по краю обсыхающего котловинного болота Алас (*Sphagnum cuspidatum*), в долине ручья Кедровый (*Sciuro-hypnum curtum*, *Sphagnum aongstroemii*) (рис. 1: 10–14).

Часть видов являются редкими в силу особенностей своей биологии и встречаются в различных частях природного парка независимо от типа биотопа, не проявляя определенной фитоценотической приуроченности. Это, прежде всего, капрофильные виды мхов *Splachnum luteum*, *S. rubrum*, *Tetraplodon angustatus*, *T. mnioides*.

Для выявления фитоценотической приуроченности редких видов мхов выполнен флороценотический анализ основных типов природных экосистем природного парка. В пределах каждого типа экосистем по совокупности геоботанических описаний и гербарных образцов были составлены сводные списки видов. В результате выделено 6 парциальных бриоценофлор в соответствии с типами экосистем (табл.): 1 – Сосняки лишайниковые и лишайниково-зеленомошные; 2 – Темнохвойные и смешанные травяные и мелкотравно-зеленомошные леса; 3 – Заболоченные и болотные вейниково-болотнотравно-сфагновые леса (согры) в долинах малых рек и ручьев; 4 – Березовые болотные осоково-сфагновые мелколесья; 5 – Переходные осоково-моховые болота; 6 – Верховые сфагновые болота. Особую группу составили типы местообитаний, заселяемые преимущественно геофильными видами, предпочитающими слабо задернованную и обнаженную почву (обочины дорог, кромки оврага, берега озер) [2].

Из таблицы видно, что максимальное число видов мхов (63), в том числе редких (19), выявлено в заболоченных вейниково-болотнотравно-сфагновых лесах и лесных болотах (сограх), связанных в своем распространении исключительно с долинами малых рек и ручьев. Высокое видовое разнообразие здесь объясняет кратковременный проточный режим и хорошо выраженный микрорельеф, обеспечи-

вающий широкий диапазон экологических условий и разнообразие экологических ниш для произрастания мхов. Примерно равное число редких видов (10–13) отмечено в темнохвойных и смешанных травяных лесах, затопляемых осоково-сфагновых березовых мелколесьях и на переходных болотах с выходами грунтовых вод, хотя общее число видов в этих типах экосистем изменяется в более широких пределах от 30 в лесах до 48 на переходных болотах. В сумме все эти типы экосистем занимают не более 4% площади природного парка, при этом в них сосредоточено 97% всего видового разнообразия мхов этой территории (табл.).

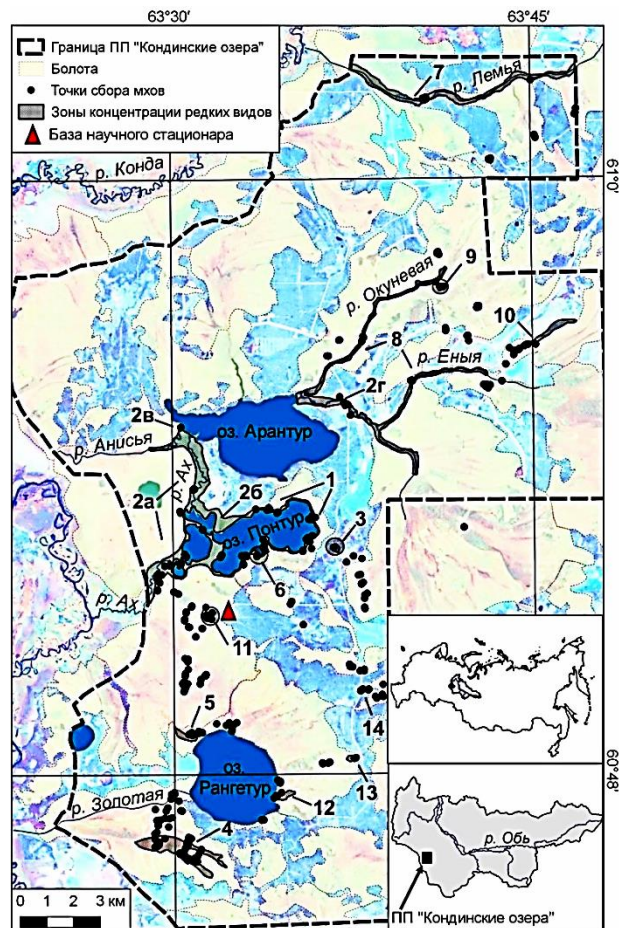


Рис. 1. Места наибольшей концентрации редких видов мхов на территории природного парка «Кондинские озера» им. Л.Ф. Сташкевича:

- 1 – Зона подтопления вокруг оз. Понтур: 60°52' – 60°53'N, 63°32' – 63°35'E;
- 2 – Пойма р. Ах и зона подтопления проточных озер Круглое и Лопуховое: 2а-б – 60°51'–60°54'N, 63°29' – 63°31'E, включая приустьевую часть долины р. Анисья: 2в – 60°55'N, 63°30'E, включая приустьевую часть долины р. Енья: 2г – 60°55'N, 63°37'E;
- 3 – Муравьиная горка: 60°52'N, 63°36'E;
- 4 – Центральная часть топи выклинивания грунтовых вод на болоте Южном: 60°46'N, 63°30'E;
- 5 – Северо-западная топь выклинивания водосборного бассейна оз. Рангетур: 60°48'N, 63°30'E;
- 6 – Еловый мыс на южном берегу оз. Понтур: 60°52'N, 63°33'E;
- 7 – Долина р. Лемья в ее среднем течении: 61°1'N, 63°40'E;
- 8 – Долина р. Окуневая в ее среднем течении: 8а – 60°56'N, 63°37'E и р. Енья: 8б – 60°55'N, 63°39'E;
- 9 – Пихтовый остров в верховьях р. Окуневая: 60°57'N, 63°41'E;
- 10 – Болото Полосатое: 60°56'N, 63°44'E;
- 11 – Болото Базовое в основании моренного холма у стационара: 60°51'N, 63°31'E;
- 12 – Мезоолиготрофная топь на восточном берегу оз. Рангетур: 60°47'N, 63°34'E;
- 13 – Долина руч. Кедровый: 60°48'N, 63°37'E;
- 14 – Болото Алас: 60°49'N, 63°37'E.

Таблица

Распределение редких видов мхов по основным типам экосистем природного парка

Типы экосистем	Площадь, %	Всего видов	Редкие виды		Краснокнижные виды*
			Количество	%	
Сосняки	29,70	14	2	1,7	0
Т/хвойные и смешанные леса	0,70	30	10	8,8	0
Согры	7,49	63	19	16,6	1+(2)
Березовые мелколесья	1,23	44	13	11,4	1
Переходные болота	4,03	48	12	10,5	1+(2)
Верховые болота	47,95	26	1	0,9	1
Прочие виды биотопов	–	12	6	5,3	0
Водные объекты	6,41
Объекты инфраструктуры	2,49

*Число краснокнижных видов. В круглых скобках приведено число видов, заслуживающих внесения в новое издание Красной книги

Несмотря на то, что по площади в природном парке абсолютно преобладают сосновые леса и верховые сфагновые болота, они характеризуются невысоким видовым разнообразием мхов, среди которых выявлено всего три редких вида. В сосняках к ним отнесены встреченные только здесь капро-

фильные мхи *Tetraplodon mnioides* и *T. angustatus*. Единственным редким и краснокнижным видом, отмеченным на верховых сфагновых болотах, является *Sphagnum tenellum*.

Полученные результаты могут быть использованы для оптимизации и развития сети экологического мониторинга, в рамках которого особое внимание необходимо уделить охране мест произрастания редких видов, в частности, при согласовании проектов расширения и реконструкции объектов инфраструктуры нефтедобывающего комплекса с целью недопущения разрушения и деградации наиболее ценных типов лесных и болотных экосистем.

Большое число редких видов мхов, на фоне общего невысокого видового разнообразия, говорит о том, что бриофлора природного парка выявлена еще далеко не полностью и, несомненно, нуждается в дальнейшем планомерном исследовании.

Выводы

1. В природном парке доля редких видов мхов существенно выше (47,4%), чем в среднем для территории Ханты-Мансийского автономного округа (34,7%).

2. Высокая доля редких видов объясняется природными особенностями территории, для которой характерно абсолютное доминирование лишайниковых и лишайниково-зеленомошных сосняков на бедных песчаных почвах и верховых болот.

3. Наибольшим флористическим разнообразием характеризуются заболоченные леса и лесные болота (согры) в долинах малых рек, березовые болотные мелколесья, переходные болота и фрагменты темнохвойных и смешанных лесов на минеральных суглинистых почвах. В сумме они занимают не более 4% площади природного парка, но в них сосредоточено до 97% всего видового разнообразия мохообразных.

4. В природном парке выявлено 4 вида мхов, включенных в Красную книгу ХМАО – Югры (2013), еще 4 вида – *Dicranum septentrionale*, *Plagiothecium latebricola*, *Sphagnum annulatum*, *S. mirum* заслуживают внесения в ее новое издание (2023).

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов А. Г., Михайлова Г. А. Современная растительность // Атлас Тюменской области. Вып. I. М.-Тюмень, 1971.
2. Кадастровые сведения ООПТ Природный парк «Кондинские озера» им. Л. Ф. Сташкевича. Советский, 2016. 105 с.
3. Васин А. М., Васина А. Л. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: животные, растения, грибы. Екатеринбург, 2013.
4. Лапшина Е. Д., Кузьмина Е. Ю., Филиппов И. В., Кукуричкин Г. М. Новые данные о распространении и экологии редких в Ханты-Мансийском автономном округе (Западная Сибирь) видов мхов (Bryophyta) // Новости систематики низших растений. 2018. Т. 52(2). С. 469–482. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2018.52.2.469>
5. Лапшина Е. Д., Писаренко О. Ю. Флора мхов Ханты-Мансийского автономного округа (Западная Сибирь) // Turczaninowia. 2013. Т. 16(2). С. 62–80.
6. Лапшина Е. Д., Филиппов И. В., Вережкина Е. Л. Дополнение к флоре мохообразных природного парка «Нумто» (Ханты-Мансийский автономный округ, Западная Сибирь) // Динамика окружающей среды и глобальные изменения климата. 2018. Т. 9. № 1. С. 3–21.
7. Писаренко О.Ю., Лапшина Е.Д., Безгодов А.Г. К бриофлоре Ямало-Ненецкого автономного округа // Turczaninowia, 2017. 20(1). С. 35–51. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.20.1.3>
8. Природный парк «Кондинские озера» / Ред. В.М. Калинин. Екатеринбург, 2012.
9. Юрковская Т. К., Максимов А. И. *Sphagnum subfulvum* (Sphagnaceae, Bryophyta) в центре Западной Сибири // Бот. журн. 2009. Т. 94(2). С. 292–296.
10. Czernyadjeva I. V. *Dichelyma capillaceum* (Dicks.) Myr. (Musci) in Russia // Arctoa, 2002. Vol. 11. P. 87–89. <https://doi.org/10.15298/arctoa.11.10>
11. Czernyadjeva I. V., Ignatova E. A. *Dichelyma* (Fontinalaceae, Bryophyta) in Russia // Arctoa. 2013. Vol. 22. P. 109–118.
12. Czernyadjeva I. V. et al. New cryptogamic records. 3 // Novosti sistematiki nizshikh rastenii. 2019. Vol. 53. № 1. P. 181–197. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2019.53.1.181>
13. Ellis L. T. et al. New national and regional bryophyte records, 57 // Journal of Bryology. 2018. Vol. 40. № 4. P. 399–419. <https://doi.org/10.1080/03736687.2018.1523601>
14. Flatberg K., Afonina O. M., Mamontov Yu. S., Fedosov V. E., Ignatova E. A. On *Sphagnum mirum* (Subgen. Squarrosa) and *S. Olafii* (Subgen. Acutifolia) (Sphagnaceae, Bryophyta) in Russia // Arctoa. 2016. Vol. 25. P. 96–101. <https://doi.org/10.15298/arctoa.25.06>
15. Ignatov M. S. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // Arctoa. 2007. Vol. 15. P. 1–130. <https://doi.org/10.15298/arctoa.15.01>
16. Lapshina E. D. The ecological and phytocenosis preferences of *Dichelyma capillaceum* (Fontinalaceae, Bryophyta) in West Siberia // Arctoa, 2015. Vol. 23. P. 34–39. <https://doi.org/10.15298/arctoa.24.21>
17. Lapshina E. D., Korotkikh N. N., Bespalova T. L., Ganasevich G. N. The moss flora of the Nature Park “Kondinskie oze- ra” (Khanty-Mansi Autonomous District, West Siberia) // Arctoa, 2019. Vol. 28. P. 46–57. <https://doi.org/10.15298/arctoa.28.6>
18. Lapshina E. D., Maximov A. I. *Sphagnum tenellum* (Sphagnaceae, Bryophyta) in West Siberia // Arctoa, 2014. Vol. 23. P. 70–79. <https://doi.org/10.15298/arctoa.23.08>

19. Sofronova E. V. et al. New bryophyte records // *Arctoa*. 2018. Vol. 27. P. 208–225. <http://dx.doi.org/10.15298/arctoa.27.19>

REFERENCES

1. Voronov, A. G., & Mikhailova, G. A. (1971). *Sovremennaya rastitel'nost'*. Atlas Tyumenskoi oblasti. I. Moscow, Tyumen.
2. Kadastrkiye svedeniya OOPT Prirodnyi park "Kondinskie ozera" im. L. F. Stashkevicha (2016). Sovetskii.
3. Vasin, A. M., & Vasina, A. L. (2013). *Krasnaya kniga Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga – Yugry: zhivotnye, rasteniya, griby*. Ekaterinburg.
4. Lapshina, E. D., Kuzmina, E. Yu., Filippov, I. V., & Kukurichkin, G. M. (2018). New data on distribution and ecology of rare in the Khanty-Mansi Autonomous District (Western Siberia) moss species (Bryophyta). *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*, 52(2). 469–482. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2018.52.2.469>
5. Lapshina, E. D., & Pisarenko, O. Yu. (2013). Moss Flora of the Khanty-Mansiysk autonomous District (West Siberia). *Turczaninowia*, 16(2). 62–80.
6. Lapshina, E. D., Filippov, I. V., & Verevkin, E. L. (2018). A contribution to the moss and hepatic flora of Nature Park "Numto" (Khanty-Mansi Autonomous District, Western Siberia). *Environmental Dynamics and Global Climate Change*, 9(1). 3–21.
7. Pisarenko, O. Y., Lapshina, E., & Bezgodov, A. (2017). On the bryoflora of Yamal-Nenets Autonomous District. *Turczaninowia*, 20(1), 35-51. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.20.1.3>
8. Prirodnyi park "Kondinskie ozera". red. V. M. Kalinin. (2012). Ekaterinburg.
9. Yurkovskaya, T. K., & Maksimov, A. I. (2009). Sphagnum subfulvum (Sphagnaceae, Bryophyta) in the Centre of West Siberia. *Botanicheskii Zhurnal*, 94(2). 292–296.
10. Czernyadjeva, I. V. (2002). Dichelyma capillaceum (Dicks.) Myr.(Musci) in Russia. *Arctoa*, 11, 87-90. <https://doi.org/10.15298/arctoa.11.10>
11. Czernyadjeva, I. V., & Ignatova, E. A. (2013). Dichelyma (Fontinalaceae, Bryophyta) in Russia. *Arctoa*, 22, 111-120.
12. Czernyadjeva, I. V., Afonina, O. M., Boldyrev, V. A., Doroshina, G. Y., Fedosov, V. E., Ganasevich, G. N., ... & Kuzmina, E. Y. (2019). New cryptogamic records. 3. *Novosti sistematiki nizshikh rastenii*, 53(1), 181-197. <https://doi.org/10.31111/nsnr/2019.53.1.181>
13. Ellis, L. T., Aleffi, M., Asthana, G., Bhagat, C., Bakalin, V. A., Baráth, K., ... & Pimentel, C. (2018). New national and regional bryophyte records, 57. *Journal of Bryology*, 40(4), 399-419. <https://doi.org/10.1080/03736687.2018.1523601>
14. Flatberg, K., Afonina, O. M., Mamontov, Yu. S., Fedosov, V. E., & Ignatova, E. A. (2016). On Sphagnum mirum (subgen. Squarrosa) and S. olafii (subgen. Acutifolia)(Sphagnaceae, Bryophyta) in Russia. *Arctoa*, 25(1), 96-101. <https://doi.org/10.15298/arctoa.25.06>
15. Ignatov, M. S. (2007). Check-list of mosses of East Europe and North Asia. *Arctoa*, 15, 1-130. <https://doi.org/10.15298/arctoa.15.01>
16. Lapshina, E. D. (2015). The ecological and phytocenosis preferences of Dichelyma capillaceum (Fontinalaceae, Bryophyta) in West Siberia. *Arctoa*, 23. 34–39. <https://doi.org/10.15298/arctoa.24.21>
17. Lapsina, E. D., Korotkikh, N. N., Bespalova, T. L., & Ganasevich, G.N. (2019). The moss flora of the Nature Park «Kondinskie ozera» (Khanty - Mansi Autonomous District, West Siberia). *Arctoa*, 28. 46–57. <https://doi.org/10.15298/arctoa.28.6>
18. Lapshina, E. D., & Maksimov, A. I. (2014). *Sphagnum tenellum* (Sphagnaceae, Bryophyta) in West Siberia. *Arctoa*, 23. 70–79. <https://doi.org/10.15298/arctoa.23.08>
19. Sofronova, E. V., Andreeva, E. N., Antipin, V. K., .. & Voronkova, T. V. (2018). New bryophyte records. *Arctoa*, 27. 208–225. <https://doi.org/10.15298/arctoa.27.19>

Лапшина Е. Д., Коротких Н. Н., Беспалова Т. Л. Редкие виды мхов природного парка «Кондинские озера» им. Л. Ф. Сташкевича // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2020. № 1. С. 74–80. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/12>

Lapshina, E. D., Korotkikh, N. N., & Bespalova, T. L. (2020). Rare mosses of the Kondinskie Lakes Natural Park named after L. F. Stashkevich. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 74–80. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/12>

дата поступления: 11 сентября 2019 г.

дата принятия: 22 декабря 2019 г.
© Лапшина Е.Д., Коротких Н.Н., Беспалова Т.Л.

Д. В. Московченко, С. П. Арефьев, В. А. Глазунов, И. В. Филиппов

ОЦЕНКА НАРУШЕННОСТИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПРИРОДНОГО ПАРКА «НУМТО» (ХАНТЫ-МАНСИЙСКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ – ЮГРА)

D. V. Moskovchenko, S. P. Aref'ev, V. A. Glazunov, I. V. Filippov

AN ASSESSMENT OF DISTURBANCE EFFECTS ON PLANT COVER OF NUMTO NATURAL PARK (KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG – UGRA)

Аннотация. Природный парк «Нумто» (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра) в недавнее время привлек внимание природоохранных организаций из-за добычи нефти на его территории. В статье приводятся результаты работ по изучению динамики растительного покрова и оценке природных и антропогенных нарушений экосистем. Освоение месторождений привело к появлению более 60 заносных адвентивных видов растений, индекс синантропизации достиг 26,4%. Древесно-кольцевые хронологии показали преобладающее влияние климатической и пирогенной составляющей на прирост деревьев. Техногенное влияние в 1990-х гг. привело к скачкообразному увеличению прироста кедра на нарушенных участках в виде аномальной креновой древесины, в дальнейшем влияние техногенных факторов на прирост снизилось. С использованием космоснимков были определены изменения растительного покрова. Отмечено, что за период 2011–2018 гг. площадь нарушенных участков выросла в два раза, а протяженность внутрипромысловых дорог и трубопроводов – в 5,7 раз, однако пожары возникли на значительном удалении от осваиваемых участков и имели природное происхождение. В настоящее время нарушенные экосистемы, включая гари и горельники, занимают 2,1% площади месторождений, причем площадь пирогенных нарушений больше площади техногенных. По сравнению с нефтяными и газовыми месторождениями на сопредельных участках, в парке Нумто уровень нарушенности низок. Поскольку оленьи пастбища не были нарушены в ходе промышленного освоения, возможности традиционного природопользования сохраняются. Дальнейшая разработка месторождений требует постоянного контроля за состоянием экосистем.

Ключевые слова: Западная Сибирь; парк «Нумто»; нефтедобыча; экосистемы; нарушения; синантропная флора.

Abstract. The Numto Natural Park, Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra, Russia, has recently attracted the attention of environmental organizations due to oil extraction operations in its territory. This paper presents the study of the vegetation cover dynamics and the assessment of natural and anthropogenic disturbances of Numto's ecosystems. Due to the development of oil deposits, more than 60 adventitious plant species arrived to the park, and the synanthropization index reached 26.4%. Tree rings showed the predominant influence of the climatic and pyrogenic components on the growth of trees. The technogenic impact that had occurred in the 1990s gave a spasmodic increase in cedar growth in the disturbed areas in the form of abnormal hard streaks. Later on, the impact of technogenic factors on the wood growth waned. Satellite imagery helped to determine changes in the vegetation cover. From 2011 to 2018, the area of disturbed sites doubled while the length of infield roads and pipelines increased by 5.7 times. The area of burnt fire sites increased manifold; however, fires occurred at a considerable distance from the oil extraction sites and were of natural origin. Currently, the disturbed ecosystems, including burnt fire sites and fire-damaged ecosystems, occupy 2.1% of the oil deposits area, and the area of pyrogenic disturbances is larger than the area of technogenic ones. Compared to the oil and gas fields in the adjacent areas, the level of disturbance in the Numto Natural Park can be considered low. Since deer pastures were not disturbed by the oil extraction operations, the traditional nature management remains possible. Further oil field development requires ongoing monitoring of the ecosystem condition.

Key words: Western Siberia; Numto Natural Park; oil production; ecosystem; disturbance; synanthropic flora.

Сведения об авторах: Московченко Дмитрий Валерьевич, ORCID: 0000-0001-6338-7669, SPIN-код 1737-1501, д-р геогр. наук, Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень, Россия, moskovchenko1965@gmail.com; Арефьев Станислав Павлович, ORCID: 0000-0002-8621-9884, SPIN-код: 6081-1053, д-р биол. наук, Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень, Россия, sp_arefyev@mail.ru; Глазунов Валерий Александрович, ORCID: 0000-0003-0344-024X, SPIN-код: 9207-5780, Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия, va@ipdn.ru; Филиппов Илья Владимирович, ORCID: 0000-0002-3639-553X, SPIN-код: 3924-5282, Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск, Россия, filip83pov@yandex.ru.

Information about authors: Moskovchenko Dmitriy Valerievich, ORCID: 0000-0001-6338-7669, SPIN-code 1737-1501, Dr. habil., Tyumen Scientific Center of the SB RAS, Tyumen, Russia, moskovchenko1965@gmail.com; Arefiev Stanislav Pavlovich, ORCID: 0000-0002-8621-9884, SPIN-code: 6081-1053, Dr. habil., Tyumen Scientific Center of the SB RAS, Tyumen, Russia, sp_arefyev@mail.ru; Glazunov Valery Alexandrovich, ORCID: 0000-0003-0344-024X, SPIN-code: 9207-5780, Tyumen Scientific Center of the SB RAS, Tyumen, Russia, va@ipdn.ru; Filippov Ilya Vladimirovich, ORCID: 0000-0002-3639-553X, SPIN code: 3924-5282, Ugra State University, Khanty-Mansiysk, Russia, filip83pov@yandex.ru.

Работа выполнена в рамках госконтракта ХМАО – Югры № Ф.2018.83744 от 12.03.2018 г. и по программе исследований СО РАН АААА-А17-117050-400146-5.

Введение

Природный парк «Нумто», расположенный в Ханты-Мансийском автономном округе, был создан в 1997 г. с целью сохранения уникальных природных комплексов Сибирских Увалов, имеющих экологическое, историческое и этнографическое значение, а также для защиты мест проживания и хозяйственной деятельности малочисленных народов Севера. Удаленность от основных транспортных путей во многом способствовала хорошей сохранности традиционных форм хозяйственной деятельности, языка и культуры проживающих здесь представителей малочисленных народов Севера (ненцев и ханты). В 1999 г. ПАО «Сургутнефтегаз» получило лицензию на геологическое изучение и оценку запасов, а в 2004 г. оценочная лицензия была заменена лицензией на добычу нефти. Осуществление недропользования потребовало изменения зонирования парка, что привлекло внимание широких слоев общественности, обеспокоенной возможными негативными последствиями. Развернутая «Greenpeace» кампания в средствах массовой информации собрала 35 000 подписей против изменения зонирования парка «Нумто» и продолжения нефтедобычи [26]. Обсуждение природопользования проводилось на публичных слушаниях, в результате чего был принят компромиссный вариант, допускающий добычу нефти, но сохраняющий в неприкосновенности участки, наиболее важные для традиционного природопользования. Этот вариант зонирования был одобрен федеральным Министерством природных ресурсов в 2016 г.

Ситуация, при которой на особо охраняемой природной территории проводится добыча нефти, требует постоянного контроля за состоянием экосистем. Целью представленной работы является оценка состояния растительного покрова парка, проведенная авторами в 2018–2019 гг.

Район исследований

Парк «Нумто» расположен на севере ХМАО – Югры, практически в самом центре Западно-Сибирской равнины. Его площадь составляет 5,6 тыс. км². Участки распределенного фонда недр занимают 87% территории парка (рис. 1), однако добыча нефти в настоящее время проводится только в его южной части.

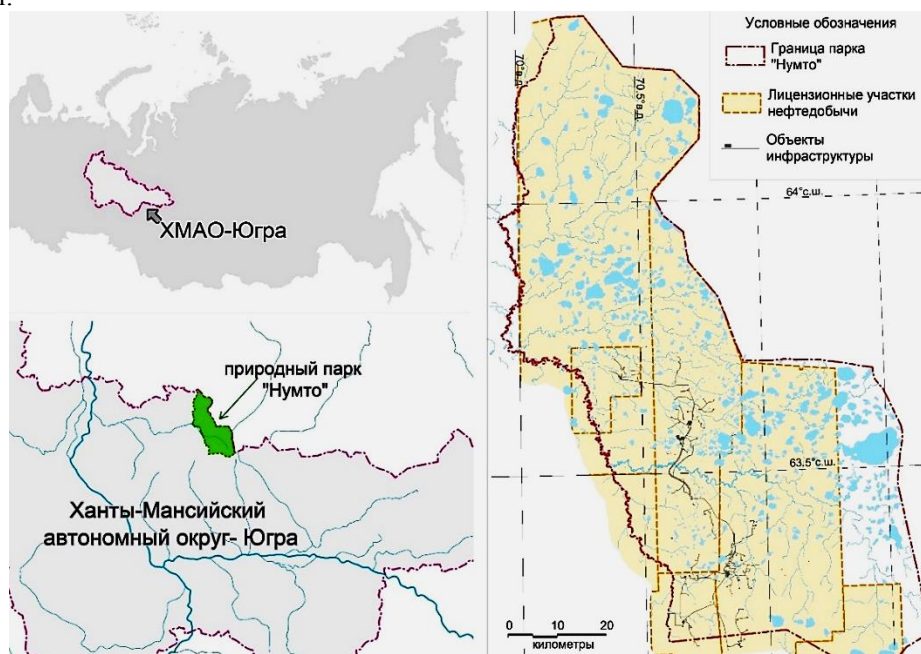


Рис. 1. Расположение природного парка «Нумто»

По схеме геоботанического районирования [16] территория парка располагается в центральной части северотаежной подзоны. Из-за слабого дренирования лесные экосистемы не имеют здесь широкого распространения и занимают 23% площади. Доминирующим типом экосистем являются болота. Территория Парка лежит на разделе двух крупных болотных зон – бугристых болот (мерзлых) и олиготрофных сфагновых болот (немерзлых) [2]. Леса, среди которых преобладают сосняки лишайниковые, приурочены к дренированным участкам: возвышениям Сибирских Увалов, приречным террасам р. Казым и ее притоков. Многолетнемерзлые породы с температурой, близкой к 0°C, встречаются отдельными участками под бугристыми торфяниками. Широкое распространение многолетнемерзлых пород делает ландшафты парка уязвимыми к современным процессам потепления климата. Более подробное описание природных условий парка «Нумто» приведено в монографиях [3; 15].

В ходе полевых работ были уточнены типы техногенных нарушений, проведены учеты флористического разнообразия. На площадках разведочного бурения осуществлено описание восстановительных смен растительности. В результате исследований флоры подсчитан индекс синантропизации (доля синантропных видов по отношению к общему числу видов флоры). В типичных биотопах Парка на водоразделе р. Казым и оз. Нумто отобран керновый материал для длительных древесно-кольцевых хронологий (ДКХ), по которому проведена оценка изменения экологических условий и частоты возникновения природных пожаров [24; 18; 19]. Использована стандартизация рядов ширины годовых колец методом двойного экспоненциального сплайна (по ходу роста и обратно) [5] с последующим проявлением природных циклов, управляющих состоянием экосистем парка, методом линейных фильтров [20]. Оценка параметров проявленных циклов проведена методами автокорреляции и спектрального анализа Фурье [24].

Материалы и методы

Изучение нарушений экосистем на территории парка «Нумто» проведено с применением данных дистанционного зондирования (ДДЗ) – космоснимков высокого и сверхвысокого разрешения. Для оценки динамики нарушенности проведено дешифрирование снимков 2011 г. (начальный этап освоения) и 2018 г. (современный этап). В 2018 г. использованы спутниковые изображения Sentinel-2 с разрешением 20 м в мультиспектральном диапазоне, находящиеся в открытом доступе на сайте геологической службы США. На снимках выделяли промышленные объекты: разведочные скважины, кустовые площадки, дожимные насосные станции, гидрокарьеры и прилегающие к ним водоемы, автодороги, коридоры ЛЭП и трубопроводов. Для площадных объектов была подсчитана занимаемая площадь, для линейных – протяженность, подсчитан процент занимаемой площади от общей площади лицензионного участка, проведено сопоставление результатов 2011 и 2018 гг.

Результаты и обсуждение

Динамика флоры и растительности. К настоящему времени флористические исследования на территории парка «Нумто» выявили 265 видов высших сосудистых растений из 58 семейств [3; 4]. Промышленное освоение нефтяных месторождений в южной части Парка и активное развитие транспортной инфраструктуры привели к появлению здесь более 60 новых для Парка адвентивных видов растений, распространяющихся по нарушенным местообитаниям – насыпям и канавам вдоль автодорог, территории вахтовых поселков, отсыпкам буровых площадок и т. п. В ходе исследований 2011–2018 гг. отмечены новые местонахождения для ряда заносных видов – тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.), ячменя гривастого (*Hordeum jubatum* L.), щавеля курчавого (*Rumex crispus* L.), донника белого (*Melilotus albus* Medik), костреца безостого (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), лисохвоста лугового (*Alopecurus pratensis* L.), тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) и целого ряда других видов. В 2018 г. на зарастающих площадках разведочного бурения отмечено 2 новых для Парка вида, не отмечавшиеся ранее – ива пятитычинковая (*Salix pentandra* L.) и горец шероховатый (*Persicaria scabra* (Moench.) Mold.), а также второе для территории Парка местонахождение редкого вида – гроздовника многораздельного (*Botrychium multiphidum* (S.G. Gmel.) Rupr.), занесенного в приложение к Красной книге Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (2013). Таким образом, индекс синантропизации флоры парка «Нумто» за последние 15 лет возрос с 7,4 до 26,4%, что напрямую связано с созданием транспортной инфраструктуры, увеличением степени доступности территории и сопоставимо с показателями других особо охраняемых природных территорий Уральского региона: Висимский заповедник – 19,7%, национальный парк «Таганай» – 24,1%, Ильменский заповедник – 24,3% [4; 11; 14].

Важным фактором природной динамики являются лесные пожары. Происходили они преимущественно в западной части Парка, в устье р. Ай-Курьех при впадении ее в р. Казым, на значительном удалении от промышленных объектов и поселений коренных жителей, что позволяет сделать вывод о

природном происхождении. Анализ космоснимков позволил установить, что пожары возникли и продолжались почти весь летний период 2013 г. Наиболее пострадали от пожаров лишайниковые сосняки.

Одним из проявлений устойчивости экосистем является восстановление растительного покрова на участках нарушений. Нами было проведено обследование 6 площадок разведочных скважин, пробуренных в различные периоды – от конца 1980-х гг. до середины 2010-х гг., на 4 из которых проводилась биологическая рекультивация. Наблюдения показали, что скорость и характер восстановления растительного покрова определяются степенью увлажнения субстрата, гранулометрическим составом почв и типом прилегающей к площадке растительности.

На площадках разведочного бурения 1980-х гг., расположенных в сосновом лесу, к настоящему времени сформировался сомкнутый покров из подроста сосны высотой до 3 м, степень проективного покрытия травяно-кустарничкового и мохового ярусов достигает 70–90%.

На площадке бурения 1990-х гг. восстановление выражено слабее. Здесь на песчаном субстрате сформировались разреженные группировки из иван-чая, подроста березы и сосны высотой до 1 м (рис. 2).

На современных площадках бурения проводится биологическая рекультивация путем внесения измельченного торфа и высадки черенков ивы и саженцев сосны. При относительно близком уровне грунтовых вод степень приживаемости саженцев до 50% и более. Травяно-моховый ярус формируется, преимущественно, в понижениях микрорельефа с более высоким уровнем увлажнения. На высоких песчаных насыпях и расчистках, где уровень грунтовых вод находится глубоко от поверхности, эффективность биологической рекультивации практически нулевая, саженцы приживаются только у основания насыпей, относительно хорошо увлажненных.



а)



б)

Рис. 2. Восстановление растительности на площадках разведочного бурения:
 а) Площадка разведочного бурения 1990-х гг. (20 лет после прекращения воздействия);
 б) Площадка разведочного бурения 2010-х гг. с саженцами ивы

Таким образом, скорость восстановления растительного покрова замедленная, что связано с малой гумусностью песчаных почв, слабым увлажнением и низким запасом элементов минерального питания растений.

Дендрохронологическая индикация природных условий. Исследование ДКХ показало, что пожары регулярно возникают на территории Парка. К примеру, ширина годичных колец сосны возрастом 386 лет, произрастающей на берегу р. Казым, испытывала значительные колебания в силу как природно-климатических факторов, так и низовых пожаров. Частота пожаров была в целом невелика (1670, 1727, 1826, 1863, 1888, 1914 гг.), после них в течение ряда лет прирост выживших деревьев сосны существенно увеличивался. Увеличение прироста в начале XX столетия также, очевидно, связано с последствиями низовых пожаров. С 1930-х гг. по настоящее время отмечается выраженный тренд уменьшения прироста на фоне его мелких флуктуаций, зримого увеличения прироста, обычно фиксируемого в этот период в силу известного потепления климата, не наблюдается. Большинство аномально узких колец связано с неблагоприятными условиями вегетационного периода (1818, 1882 и другие годы). В настоящее время ДКХ свидетельствуют о естественном спаде прироста сосны на территории Парка, что определяет в целом низкую биопродуктивность сосновых древостоев и усыхание старых деревьев [8; 9; 13].

Анализ ДКХ сосны с тест-полигона коренного берега р. Казым показал наличие в ней целого ряда статистически достоверных циклов разной протяженности (4; 7; 11; 19; 34; 47; 55; 77 лет, а также

цикл около 200 лет). Циклы эти широко распространены в колебаниях природной среды разных регионов [18]. Они имеют разную природу: солнечную (например, 11-летний цикл Вольфа), планетарную приливно-отливную (18,4–19-летний лунный деклинационный цикл), геофизическую и др. В конечном итоге они определяют колебания климата, подземных и поверхностных вод, периодичность пожаров (рис. 3).

В ДКХ кедр на торфянике вблизи объектов нефтедобычи четко прослеживается длительная депрессия роста, начавшаяся с прогрессирующим заболачиванием в начале XIX столетия. Судя по ДКХ, до этого биоценоз (очевидно, послепожарного происхождения) изначально не был заболоченным. С наступлением XX столетия отмечается увеличение прироста, связанное с потеплением климата, которое прерывается в кратковременный период похолодания 1970-х гг. Однако с 1980-х гг. потепление вновь проявляется в приросте кедр (как и сосны на болотах), а в 1990-х гг. исследованный участок оказывается затронут геологоразведочными работами (прокладка зимника, частичное нарушение мохового покрова), что привело к скачкообразному увеличению прироста в виде аномальной креновой древесины. К настоящему времени аномальная составляющая прироста уменьшилась, но климатический сигнал, свидетельствующий о потеплении, остался на высоком уровне.

Оценка нарушенности природных комплексов по материалам ДДЗ. По классификации антропогенных ландшафтов [12], нарушенные природные комплексы парка «Нумто» отнесены к трем классам: промышленному, линейно-дорожному и лесному. К промышленному классу относятся объекты инфраструктуры нефтедобывающего комплекса: площадки разведочных и эксплуатационных скважин, дожимные насосные станции, электроподстанции, площадки факелов сжигания попутного газа, гидрокарьеры. Линейно-дорожные ландшафты – это постоянные и временные автодороги, коридоры трубопроводов и ЛЭП. К лесному классу отнесены гари (участки лесных пожаров с полностью уничтоженным древостоем) и горельники (древостой частично сохранился).

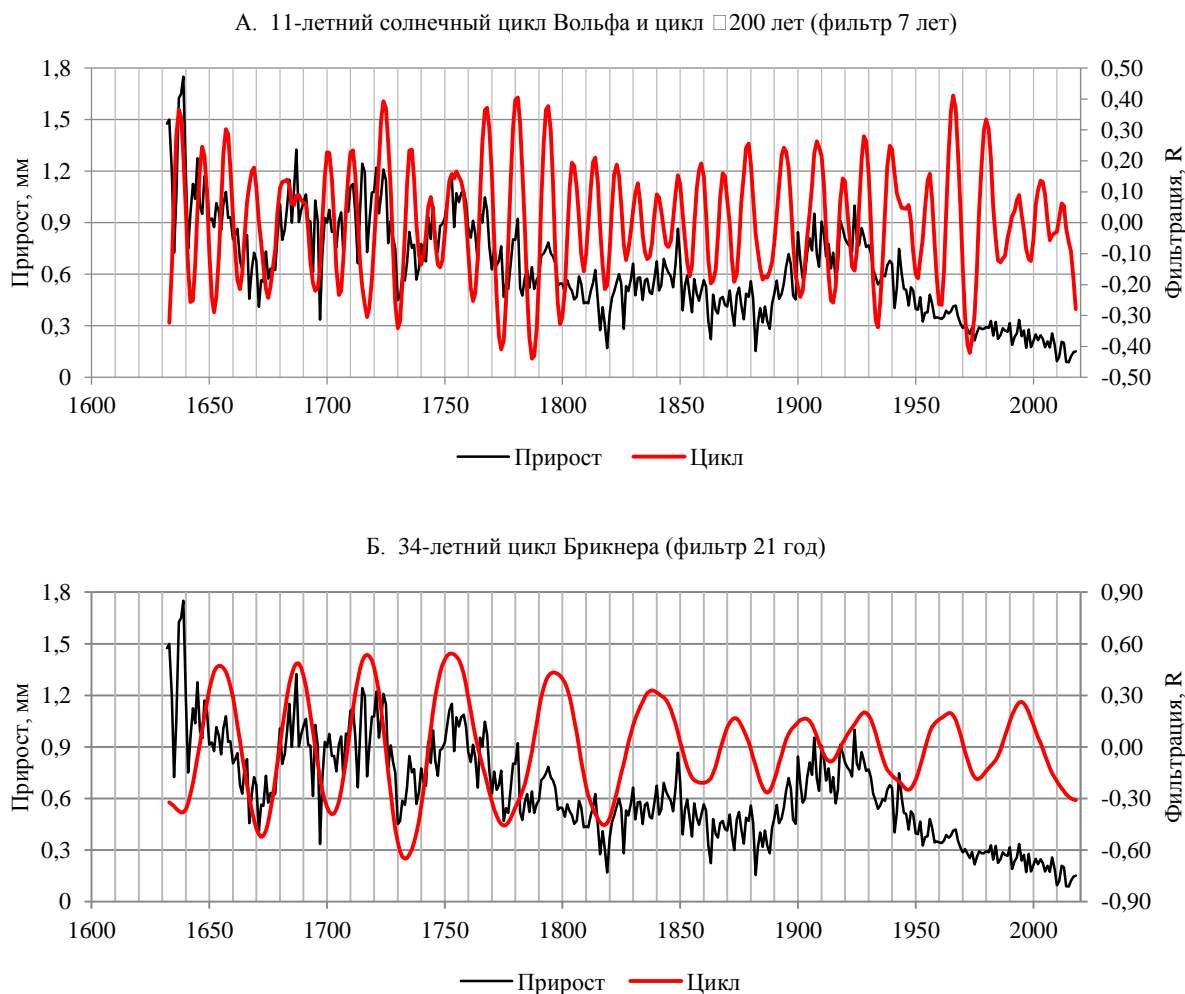


Рис. 3. Радиальный прирост сосны с коренного берега р. Казым и его цикличность

В настоящее время промышленные ландшафты с полностью нарушенным растительным покровом занимают 0,4% площади разрабатываемых месторождений, гари и горельники – 1,3%. Площадь нарушений под линейными объектами (транспортными коридорами) оценена в 4,7 км² (0,4%). Таким образом, нарушенные в ходе освоения месторождений экосистемы занимают 0,8% территории, площадь пирогенных нарушений превышает площадь техногенных.

Площадь ландшафтов промышленного класса, составлявшая в 2011 г. 436 га, в 2018 г. увеличилась более чем вдвое, протяженность автодорог и трубопроводов выросла в 5,7 раз, достигнув 235,6 км. Наибольшие площади среди нарушенных участков в 2018 г. занимали гидрокарьеры с прилегающими водоемами и эксплуатационные кусты скважин (рис. 4). Неблагоприятные процессы, приводящие к деградации ландшафтов (эрозия, подтопление, дефляция) на прилегающих участках, прослеживаются редко и сводятся к подтоплению придорожных полос и приплощадочных понижений из-за нарушения стока. Однако случаи эти, как показал анализ космоснимков, весьма редки. Площадь подтоплений составила 16 га (3,6% от площади всех нарушений) в 2011 г. и 5 га (0,6%) в 2018 г. Минеральное загрязнение прилегающей территории вследствие смыва и воздушного переноса грунта от кустовых оснований проявляется слабо.

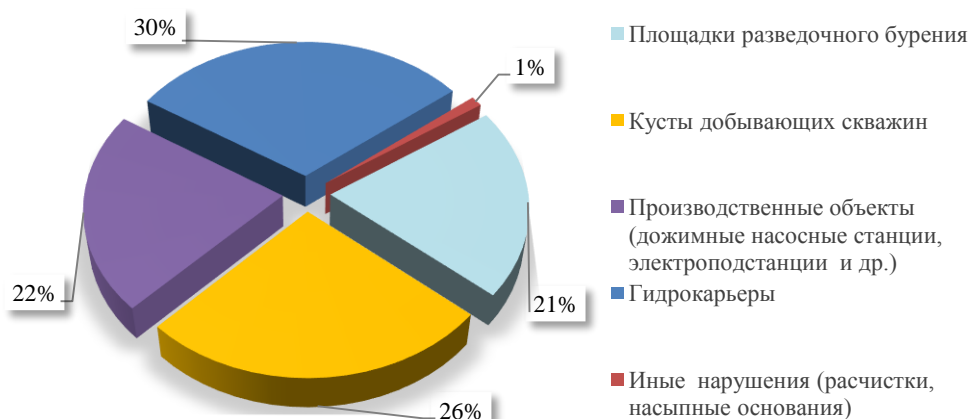


Рис. 4. Структура техногенных нарушений

В последнее десятилетие с использованием ДДЗ выполнено большое количество оценок нарушенности на месторождениях нефти и газа в Западной Сибири [8; 9; 21–23]. Сопоставление с результатами, полученными на сопредельных территориях, показывает, что на обследованном участке уровень техногенного воздействия низкий. Так, на Уренгойском месторождении подверглось преобразованию не менее 31,6% площади, из них порядка 7,6% за счет строительства объектов и 24,0% – из-за сопутствующих пожаров [9]. На месторождениях Среднего Приобья, разрабатываемых ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз», объекты инфраструктуры нефтедобычи (без гарей) занимают 3,7% территории [13].

Существуют несколько шкал, нормирующих степень деградации природных комплексов в зависимости от нарушенности. Согласно Б. Н. Кочурову (2003), если трансформированные ландшафты охватывают менее 10% территории (что в настоящий момент наблюдается в парке «Нумто»), степень деградации природных комплексов и уровень экологической опасности следует оценить, как низкий. На основании анализа нарушенных нефтедобычей участков в Нижневартовском районе ХМАО – Югры, проведенного И. С. Аитовым (2006), для самовосстановления северотаежной растительности до зонального типа необходима сохранность не менее 75% растительного покрова. В настоящее время степень нарушения коренной растительности в Парке существенно меньше, что дает основания для положительного прогноза восстановительной динамики. Более сложные методики определения степени нарушенности, основанные на анализе уровней нарушений и соотношения площади разных типов экосистем, в частности, вычисление интегрального индекса антропогенной преобразованности [6] или комплексного индекса антропогенной нарушенности экосистем [25; 27], также показали, что территория парка «Нумто» относится к слабонарушенным ландшафтам. Участки промышленного освоения Парка относятся по классификации антропогенной преобразованности [7; 8] к зоне «косвенных» нарушений и имеет низкий комплексный индекс антропогенной нарушенности (< 0,20).

При оценке допустимой антропогенной (рекреационной) нагрузки в природных парках высказывалось мнение, что запрет на воздействие должен охватывать 1/3 площади, хотя при таком зонировании существует угроза, что 2/3 эксплуатируемых площадей «съедят» оставшуюся относительно «ди-

кую» треть [17]. Существующий режим природопользования на территории парка «Нумто», запрещающий какие-либо виды работ и передвижение персонала вне промышленных и жилых объектов, обеспечивает сохранность территории; показатели нагрузки далеки от критического уровня. Действующее зонирование парка «Нумто» сохраняет в неприкосновенности участки в восточной части парка, традиционно используемые в качестве оленьих пастбищ. Участки промышленного воздействия используются коренным населением значительно меньше, а при существующей площади нарушенных земель, составляющей немногим более 2%, потенциал традиционного природопользования не претерпевает существенного влияния.

Заключение

За период 2011–2018 гг. техногенная нагрузка и степень нарушенности увеличились, хотя не достигли критических отметок. Техногенное воздействие в настоящий период локализовано в южной части Парка, относительно слабо используемой коренным населением для традиционных форм природопользования. Существенно выросла протяженность линейных объектов (дорог и трубопроводов). Воздействие промышленных объектов сводится к изъятию части территории, иногда – к нарушению гидрологического режима, однако масштабного изменения биотопов не наблюдается. Наиболее выраженным процессом изменения биоразнообразия является внедрение адвентивных видов флоры на ограниченных участках техногенных нарушений и в их ближайшем окружении, однако адвентивные виды будут распространяться только на ограниченных участках вдоль дорог и буровых площадок.

Трансформация биотопов происходит преимущественно вследствие природных пожаров, затрагивающих в основном сосновые лишайниковые боры на приречных террасах. Скорость восстановления растительного покрова на нарушенных участках как техногенных, так и пирогенных нарушений низкая, что связано с преобладанием почв песчаного механического состава, обеднённых элементами минерального питания растений, малой теплообеспеченностью и зачастую неблагоприятным водным режимом.

Несмотря на рост площади нарушенных экосистем, уровень техногенного воздействия остается низким и экосистемы Парка имеют «запас прочности», а возможности традиционного природопользования сохраняются.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аитов И. С. Геоэкологический анализ для регионального планирования и системной экспертизы территории (на примере Нижневартовского региона): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Барнаул, 2006.
2. Болота Западной Сибири: их строение и гидрологический режим. 1976. Л.: Гидрометеоздат.
3. Валеева Э. И., Московченко Д. В., Арефьев С. П. Природный комплекс парка «Нумто». Новосибирск: Наука, 2008.
4. Горчаковский П. Л., Демченко А. А. Сравнительная оценка флористического разнообразия особо охраняемых природных территорий // Экология. 2002. № 6. С. 403–411.
5. Грешилов А. А., Стакун В. А., Стакун А. А. Математические методы построения прогнозов. М., 1997.
6. Евдокимова Т. В. Оценка современной экологической ситуации в Республике Коми и ее изменения при создании трассы газопровода // Проблемы и приемы восстановления природной среды в связи со строительством газопровода Ямал-Центр. Тр. Коми НЦ УрО РАН; 1993. № 131. С. 5–16.
7. Евдокимова Т. В. Оценка степени изменения нарушенности структуры территории с помощью количественных критериев // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. 2000. Вып. 32. <https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/00-32/index.html>
8. Корниенко С. Г. Оценка влияния разработки Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения на состояние территории лесотундры по данным ИСЗ LANDSAT // Исследование Земли из космоса. 2009. № 4. С. 78–87.
9. Корниенко С. Г. Оценка трансформаций природных ландшафтов Тазовского полуострова по данным космической съемки // География и природные ресурсы. 2011. № 1. С. 67–73.
10. Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. Москва-Смоленск, 2003.
11. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: животные, растения, грибы / Отв. ред. А. М. Васин, А. Л. Васина. Екатеринбург: Баско, 2013.
12. Мильков Ф. Н. Общее землеведение. М.: Высшая школа, 1990.
13. Московченко Д. В. Оценка нарушенности ландшафтов Среднего Приобья по данным дистанционного зондирования // Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов: материалы XIII Международной ландшафтной конференции, посвященной столетию со дня рождения Ф. Н. Милькова. 2018. С. 396–398.
14. Назаренко М. Н. Синантропизация флоры и растительности национальных парков «Зюраткуль» и «Таганай» // Вестник Тамбовского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки. 2009. Т. 14. Вып. 2. С. 436–440.
15. Парк «Нумто»: природа и историко-культурное наследие / Д. В. Московченко (ред). Сургут, 2017.
16. Ильина И. С., Лапшина Е. И., Лавренко Н. Н. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985.
17. Реймерс Н. Ф., Штильмарк Ф. Р. Особо охраняемые природные территории. М.: Мысль, 1978.

18. Шиятов С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. М.: Наука, 1986.
19. Шиятов С. Г., Ваганов Е. А., Кирдянов А. В., Круглов В. Б., Мазепа В. С., Наурзбаев М. М., Хантемиров Р. М. Методы дендрохронологии // Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Красноярск: КрасГУ, 2000.
20. Box G. E. P., Jenkins G. M. Time series analysis: Forecasting and control Holden-Day // San Francisco. 1970. P. 498.
21. Forbes B. C. et al. High resilience in the Yamal-Nenets social–ecological system, west Siberian Arctic, Russia // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2009. Vol. 106. № 52. P. 22041–22048. <https://doi.org/10.1073/pnas.0908286106>
22. Hese S., Schmullius C. High spatial resolution image object classification for terrestrial oil spill contamination mapping in West Siberia // International journal of applied earth observation and geoinformation. 2009. Vol. 11. № 2. P. 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2008.12.002>
23. Kumpula T., Forbes B.C., Stammer F. Remote Sensing and Local Knowledge of Hydrocarbon Exploitation: The Case of Bovanenkovo, Yamal Peninsula, West Siberia, Russia // Arctic. 2010. Vol. 63(2), P. 165–178. <https://www.jstor.org/stable/27821961>
24. Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences // Ed. by E.R. Cook, L.A. Kairiukstis. Dordrecht; Boston; London, Kluwer Acad. Publ. 1990.
25. Ning J., Liu J., Zhao G. 2015. Spatio-temporal characteristics of disturbance of land use change on major ecosystem function zones in China // Chin. Geogr. Sci. Vol. 25 (5), 523–536. doi: 10.1007/s11769-015-0776-8
26. Pristupa A. O. et al. Can zoning resolve nature use conflicts? The case of the Numto Nature Park in the Russian Arctic // Journal of Environmental Planning and Management. 2018. Vol. 61. № 10. P. 1674–1700. <https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1370365>
27. Zhao G. et al. Disturbance impacts of land use change on biodiversity conservation priority areas across China: 1990–2010 // Journal of Geographical Sciences. 2015. Vol. 25. № 5. P. 515–529. <https://doi.org/10.1007/s11442-015-1184-9>

REFERENCES

1. Aitov, I. S. (2006). Geoekologicheskii analiz dlya regional'nogo planirovaniya i sistemnoi ekspertizy territorii (na primere Nizhnevartovskogo regiona). Avtoref. diss. kand. geogr. nauk. Barnaul.
2. Bolota Zapadnoi Sibiri: ikh stroenie i gidrologicheskii rezhim (1976). Leningrad.
3. Valeeva, E. I., Moskovchenko, D. V., & Arefev, S. P. (2008). Prirodnyi kompleks parka “Numto”. Novosibirsk.
4. Gorchakovskii, P. L., & Demchenko, A. A. (2002). Sravnitel'naya otsenka floristicheskogo raznoobraziya osobo okhranyaemykh prirodnykh territorii. *Ekologiya*, (6). 403–411.
5. Greshilov, A. A., Stakun, V. A., & Stakun, A. A. (1997). Matematicheskie metody postroeniya prognozov. Moscow.
6. Evdokimova, T. V. (1993). Otsenka sovremennoi ekologicheskoi situatsii v Respublike Komi i ee izmeneniya pri sozdaniy trassy gazoprovoda. In *Problemy i priemy vosstanovleniya prirodnoi sredy v svyazi so stroitel'stvom gazoprovoda Yamal-Tsentr. Tr. Komi NTs UrO RAN*, 131, 5–16.
7. Evdokimova, T. V. (2000). Otsenka stepeni izmeneniya narushennosti struktury territorii s pomoshch'yu kolichestvennykh kriteriev. *Vestnik Instituta biologii Komi NTs UrO RAN*, 32. <https://ib.komisc.ru/add/old/t/ru/ir/vt/00-32/index.html>
8. Kornienko, S. G. (2009). Otsenka vliyaniya razrabotki Urengoi'skogo neftegazokondensatnogo mestorozhdeniya na sostoyanie territorii lesotundry po dannym ISZ LANDSAT. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, (4). 78–87.
9. Kornienko, S. G. (2011). Otsenka transformatsii prirodnykh landshaftov Tazovskogo poluostrava po dannym kosmicheskoi s"emki. *Geografiya i prirodnye resursy*, (1). 67–73.
10. Kochurov, B. I. (2003). Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitie. Moscow.-Smolensk.
11. Krasnaya kniga Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga – Yugry: zhivotnye, rasteniya, griby. (2013). Otv. red. A. M. Vasin, A. L. Vasina. Ekaterinburg.
12. Mil'kov, F. N. (1990). Obschchee zemlevedenie. Moscow.
13. Moskovchenko D. V. (2018). Otsenka narushennosti landshaftov Srednego Priob'ya po dannym distantsionnogo zondirovaniya. In *Sovremennoe landshaftno-ekologicheskoe sostoyanie i problemy optimizatsii prirodnoi sredy regionov: materialy XIII Mezhdunarodnoi landshaftnoi konferentsii, posvyashchennoi stoletiyu so dnya rozhdeniya F. N. Mil'kova*, 396–398.
14. Nazarenko, M. N. (2009). Sinantropizatsiya Flory i rastitel'nosti natsional'nykh parkov “Zyuratkul” i “Taganai”. *Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 14(2). 436–440.
15. Park “Numto” priroda i istoriko-kul'turnoe nasledie. (2017). D. V. Moskovchenko (red). Surgut.
16. Il'ina, I. S., Lapshina, E. I., & Lavrenko, N. N. (1985). Rastitel'nyi pokrov Zapadno-Sibirskoi ravniny. Novosibirsk: Nauka.
17. Reimers, N. F., & Shtil'mark, F. R. (1978). Osobo okhranyaemye prirodnye territorii. Moscow.
18. Shiyatov, S. G. (1986). Dendrokronologiya verkhnei granitsy lesa na Urale. Moscow.
19. Shiyatov, S. G., Vaganov, E. A., Kirдянов, A. V., Kруглов, V. B., Мазепа, V. S., Наурзбаев, M. M., & Хантемиров, R. M. (2000). Metody dendrokronologii. Osnovy dendrokronologii. In *Sbor i poluchenie drevesno-kol'tsevoi informatsii*. Krasnoyarsk.
20. Box, G. E., & Jenkins, G. M. (1970). Time series analysis: Forecasting and control Holden-Day. San Francisco, 498.
21. Forbes, B. C., Stammer, F., Kumpula, T., Meschtyb, N., Pajunen, A., & Kaarlejärvi, E. (2009). High resilience in the Yamal-Nenets social–ecological system, west Siberian Arctic, Russia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(52), 22041–22048. <https://doi.org/10.1073/pnas.0908286106>
22. Hese, S., & Schmullius, C. (2009). High spatial resolution image object classification for terrestrial oil spill contamination mapping in West Siberia. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 11(2), 130–141. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2008.12.002>
23. Kumpula, T., Forbes, B. C., & Stammer, F. (2010). Remote sensing and local knowledge of hydrocarbon exploitation: the case of Bovanenkovo, Yamal Peninsula, West Siberia, Russia. *Arctic*, 165–178. <https://www.jstor.org/stable/27821961>

24. Methods of dendrochronology: Applications in the environmental sciences (1990). Ed. by E. R. Cook, L. A. Kairiukstis. Dordrecht; Boston; London, Kluwer Acad. Publ.

25. Ning, J., Liu, J., & Zhao, G. (2015). Spatio-temporal characteristics of disturbance of land use change on major ecosystem function zones in China. *Chinese geographical science*, 25(5), 523-536. <https://doi.org/10.1007/s11769-015-0776-8>

26. Pristupa, A. O., Tysiachniouk, M., Mol, A. P., Leemans, R., Minayeva, T., & Markina, A. (2018). Can zoning resolve nature use conflicts? The case of the Numto Nature Park in the Russian Arctic. *Journal of Environmental Planning and Management*, 61(10), 1674-1700. <https://doi.org/10.1080/09640568.2017.1370365>

27. Zhao, G., Liu, J., Kuang, W., Ouyang, Z., & Xie, Z. (2015). Disturbance impacts of land use change on biodiversity conservation priority areas across China: 1990–2010. *Journal of Geographical Sciences*, 25(5), 515-529. <https://doi.org/10.1007/s11442-015-1184-9>

Московченко Д. В., Арефьев С. П., Глазунов В. А., Филиппов И. В. Оценка нарушенности растительного покрова природного парка Нумто (Ханты-Мансийский автономный округ – Югра) // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2020. № 1. С. 81–89. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/13>

Moskovchenko, D. V., Aref'ev, S. P., Glazunov, V. A., & Filippov, I. V. (2020). An assessment of disturbance effects on plant cover of Numto natural park (Khanty-Mansiysk autonomous okrug – Ugra). *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1), 81–89. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/13>

дата поступления: 16 августа 2019 г.

дата принятия: 25 декабря 2019 г.

© Московченко Д.В., Арефьев С.П., Глазунов В.А., Филиппов И.В.

В. О. Козьминых

**ЖЕСТКОКРЫЛЫЕ СЕМЕЙСТВА HISTERIDAE
(INSECTA: COLEOPTERA) ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ
И ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО
ОКРУГА – ЮГРЫ**

V. O. Kozminykh

**BETLES OF THE FAMILY HISTERIDAE (INSECTA:
COLEOPTERA) OF TYUMEN PROVINCE AND KHANTY-
MANSIYSK AUTONOMOUS AREA - YUGRA**

Аннотация. Представлен обзор современного состояния изученности и обсуждается состав фауны жесткокрылых семейства Histeridae (Insecta: Coleoptera) Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Подведены итоги изучения фауны жуков-карапузиков за весь период исследований. Приведены литературные (16 источников) и оригинальные сведения о распространении гистерид на этих территориях, представлен фактический материал. В Тюменской области и Ханты-Мансийском автономном округе – Югре зарегистрированы 29 видов из 3 подсемейств Histeridae: Abraeinae – 2 вида, Histerinae – 18 видов, Sapriniinae – 9 видов. В том числе для Тюменской области приведено 28 видов, а для Югры – 8 видов карапузиков. Впервые в Западной Сибири (Тюменская область, г. Тобольск) отмечен *Hypocaccusrufipes* (Kugelann, 1792). Приведены первые указания 4 видов Histeridae для Тюмени: *Hister bissexstriatus* Fabricius, 1801; *Margarinotus purascens* (Herbst, 1791); *M. ventralis* (Marseul, 1854); *Saprinusaeneus* (Fabricius, 1775).

Ключевые слова: жесткокрылые; Histeridae; фауна; видовой состав; Тюменская область; Ханты-Мансийский автономный округ – Югра.

Abstract. The paper below provides an overview of current studies with discussion on the composition of beetles, which relate to the family Histeridae (Insecta: Coleoptera) originating from Tyumen Province and Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra. The author summarizes studies of clown beetles, carried out over the whole period of research, presents reference base (16 references), original data and actual evidence on the distribution of beetles over the foregoing territories. The family Histeridae, inhabiting Tyumen Province and Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra, consists of 29 species from 3 subfamilies (2 species of Abraeinae, 18 species of Histerinae, 9 species of Sapriniinae), including 28 species registered in Tyumen Province and 8 species registered in Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra. The paper records *Hypocaccusrufipes* (Kugelann, 1792) in West Siberia, particularly in Tyumen Region (Tobolsk), and indicates 4 Histeridae species in the city of Tyumen: *Hister bissexstriatus* (Fabricius, 1801); *Margarinotus purascens* (Herbst, 1791); *M. ventralis* (Marseul, 1854); and *Saprinus aeneus* (Fabricius, 1775).

Key words: beetles; Histeridae; fauna; species composition; Tyumen Province; Khanty-Mansiysk Autonomous Area – Yugra.

Сведения об авторе: Козьминых Владислав Олегович, ORCID: 0000-0002-7068-4183, SPIN-код: 3337-6810, С-8456-2018, д-р хим. наук, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия, kvoncstu@mail.ru.

About the author: Kozminykh Vladislav Olegovich, ORCID: 0000-0002-7068-4183, SPIN-code: 3337-6810, С-8456-2018, Dr. habil., Perm State National Research University, Perm, Russia, kvoncstu@mail.ru.

Введение

Работа посвящена оценке современного состояния исследований фауны жесткокрылых насекомых (отряд Coleoptera) семейства Histeridae Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Приведен подробный аннотированный список и представлены заметки о жуках-карапузиках, зарегистрированных на территориях этих субъектов федерации. К настоящему времени в Тюменской области и Ханты-Мансийском автономном округе – Югре зарегистрированы 29 видов Histeridae из 3 подсемейств (Abraeinae, Histerinae, Sapriniinae) и 12 родов (*Acritus*, *Atholus*, *Chaetabraeus*, *Chalcionellus*, *Eurosomides*, *Gnathoncus*, *Hister*, *Hololepta*, *Hypocaccus*, *Margarinotus*, *Platysoma*, *Saprinus*). В список для Тюменской области входят 28 видов, а для Югры – 8 видов карапузиков. Впервые в Западной Сибири и, в частности, в Тюменской области (г. Тобольск) обнаружен *Hypocaccusrufipes* (Kugelann, 1792). По материалам коллекций приведены первые указания 4 видов карапузиков

для г. Тюмени: *Hister bissexstriatus* Fabricius, 1801; *Margarinotus purpurascens* (Herbst, 1791); *M. ventralis* (Marseul, 1854); *Saprinus aeneus* (Fabricius, 1775).

Информация о Histeridae фауны Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа – Югры содержится в следующих основных литературных источниках, которые перечислены в хронологическом порядке (12 ссылок за 1928–2017 гг.): Колосов 1928 (Тюменская обл.: окр. Ялуторовска); Самко 1929, 1930 (Тюменская обл.: Тобольск и окр., Ялуторовск); Колосов 1930 (Тюменская обл.: Тобольск, окр. Ялуторовска); Фридолин 1935 (ХМАО – Югра: Берёзово, Октябрьское/Кондинское/); Рейхардт 1941 (Тюменская обл.: Тобольск); Крыжановский, Рейхардт 1976 (Тюменская обл.: Ишим, Тобольск; ХМАО – Югра: Берёзово); Збанацкий 1998, 1999 (Тюменская обл.); Тюмасева, Духин 2005 (ХМАО – Югра: Сургутский р-н, Лянтор); Беспалова 2017 (ХМАО – Югра: природный парк «Кондинские озера»); Зиновьев, Наконечный 2017 (Тюменская обл.: окр. Тобольска). Данные по Тюменской области представлены в 9 источниках, по ХМАО – Югре – в 4 работах. Остальные менее значимые и вторичные источники использованы при необходимости в тексте, но в выделенный список базовых ссылок не включены. Среди них следует отметить, например, работы [6; 7; 9; 10], в которых приведены единичные данные или имеются только общие сведения и даны ссылки на литературу. Таким образом, всего учтено 16 литературных источников по Histeridae Северного Зауралья (Тюменской области и ХМАО – Югры).

Материалы и методы

Изученный материал находится в коллекционных фондах Зоологического института в Санкт-Петербурге (ЗИН) [7]. В работе использованы основополагающие труды А. Н. Рейхардта и О. Л. Крыжановского [13; 14]. Расположение таксонов в списке Histeridae представлено в систематическом порядке, принятом по «Каталогу палеарктических жесткокрылых» (Т. 2, исправленное и дополненное издание) [19].

Аннотированный список Histeridae Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа – Югры построен традиционным образом с выделением отдельных подсемейств и триб. Представлены данные о нахождении карапузиков в Северном Зауралье с указанием основных литературных источников. Отмечена биология всех обсуждаемых видов, выборочно перечислен материал по 12 видам, при необходимости даны комментарии.

Результаты и обсуждение

АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК ВИДОВ

Отряд Coleoptera Linnaeus, 1758

Подотряд Polyphaga Emery, 1886

Надсемейство Histeroidea Gyllenhal, 1808

Семейство Histeridae Gyllenhal, 1808

Подсемейство Abraeinae W.S. Macleay, 1819

Триба Abraeini W.S. Macleay, 1819

***Chaetabraeus globulus* (Creutzer, 1799)**

В работе [13, с. 95]. этот вид приведен как *Abraeus (Chaetabraeus) globulus* (Creutzer, 1799).

Распространение. Транспалеарктический вид. Указан для Тюменской обл.: окр. Тобольска [6; 11].

Биология. Обитает в сухом коровьем, конском и овечьем помете, найден в разлагающихся растительных остатках, реже встречается на падали и в грибах [13; 14].

Триба Acritini Wenzel, 1944

***Acritus* (s. str.) *minutus* (Herbst, 1792)**

Распространение. Западно-центральнопалеарктический вид. Известен из Тюменской обл.: Тобольск [6; 13; 14].

Биология. Дендрофильный вид. Встречается под корой и в трухе лиственных деревьев: березы, осины, тополя, липы, вяза, дуба; в Удмуртии единично обнаружен под корой пихты [2]. На Урале отмечен с апреля до ноября.

Материал. Тюменская обл., Тобольск, кладбище, 30.05.1933, 5 экз., окр. Тобольска, Широкий лог, 12.06.1937, 1 экз., К.П. Самко (ЗИН; определил А. Н. Рейхардт).

Подсемейство Histerinae Gyllenhal, 1808

Триба Histerini Gyllenhal, 1808

***Atholus bimaculatus* (Linnaeus, 1758)**

Распространение. Космополит. На севере Западной Сибири доходит до Тюмени [13].

Биология. Встречается в навозе, реже в гниющих растительных остатках и на падали, уничтожает личинок синантропных мух [13].

Комментарии. От близкого *Atholus nemkovi* Kozminykh, 2003 [8], который встречается на Южном Урале и может быть также найден в Тюменской обл., *A. bimaculatus* отличается следующими признаками: 1) крупным косо-треугольным нерезко ограниченным светлым оранжево-красным пятном, полностью закрывающим бока надкрылий, доходящим до плечевых бугров и вершины, почти прямолинейным или слегка вогнутым изнутри, 2) укороченной пришовной бороздкой, доходящей до передней трети или (максимально) до половины длины надкрылий, 3) довольно глубокими слабо точечными на дне резкими округленными заглазничными вдавлениями (ямками) переднеспинки, 4) укороченными к основанию боковыми бороздками переднеспинки, 5) очень мелкой, едва заметной, рассеянной пунктировкой пигидия по бокам [«пигидий почти гладкий» [13, с. 385]. Следует отметить, что на Южном Урале и прилегающих территориях *A. bimaculatus* встречается реже, чем *A. nemkovi*.

***Atholus corvinus* (Germar, 1817)**

Распространение. Западно-центральнопалеарктический вид. Зарегистрирован в Тюменской обл.: окр. Тобольска (Колосов 1930 – указан как *Hister corvinus*).

Биология. Встречается в навозе, разлагающихся растительных остатках, редко на падали; отмечен в гнездах ласточек, норах лисиц [13].

***Atholus duodecimstriatus quatuordecimstriatus* (Gyllenhal, 1808)**

Распространение. Трансевразийский полизональный подвид. Номинативный подвид *A. duodecimstriatus duodecimstriatus* (Schrank, 1781) на востоке европейской территории России не обнаружен. *A. duodecimstriatus quatuordecimstriatus* – «... хорошо обособленный подвид, который населяет север и восток видового ареала» [13, с. 388]. Наиболее обычный представитель рода *Atholus* C.G. Thomson, 1859 на Урале и в Западной Сибири. Найден в Ханты-Мансийском АО – Югре (Беспалова 2017 – *Hister duodecimstriatus*) и Тюменской обл.: Тобольск (Самко 1929, 1930 – *Hister duodecimstriatus*).

Биология. Встречается в помете, навозе, реже в гниющих растительных остатках, гнилых грибах, на падали [2; 13]. В Тобольске найден на трупе тетерева [15]. На Урале отмечен с мая до конца августа, в Тобольске и окр. встречается с мая (9.05) до сентября (21.09) [15].

Комментарии. Несмотря на общеизвестные данные [13] в «Каталоге палеарктических жесткокрылых» [19] подвид *A. duodecimstriatus quatuordecimstriatus*, в отличие от номинативного, не указан для территории России.

***Hister bissexstriatus* Fabricius, 1801**

Распространение. Транспалеарктический вид. Отмечен в Ханты-Мансийском АО – Югре [1] и Тюменской обл.: Тобольск [15; 16]; для Тюмени приводится впервые (см. материал).

Биология. Встречается под листьями, в гниющих растительных остатках, навозе, реже на падали [13], попадает в почвенные ловушки. Предпочитает сырые пойменные луга и околотовные биоценозы.

Материал. Тюменская обл., Тобольск, 22.05.1925, 1 экз., 23.05.1935, 1 экз., 1.06.1936, 1 экз., 22.05.1937, 1 экз., 25.06.1937, 2 экз., окр. Тобольска, кладбище, 1.06.1937, 1 экз., ст. Тобол, 22.08.1932, 1 экз., Широкий лог, 6.08.1935, 1 экз., К.П. Самко (ЗИН; определил А.Н. Рейхардт); Тюмень, 11.05.1925, 1 экз., 12.05.1925, 1 экз., 31.05.1925, 4 экз., В.Ю. Фридолин (ЗИН).

***Hister funestus* Erichson, 1834**

Распространение. Трансевразийский вид. Указан для Тюменской обл.: Тобольск и окр. (Самко 1929, 1930).

Биология. Встречается в сухом навозе, под опавшими листьями, гниющей травой, под камнями, чаще на песчаной почве [13], нередок на выпасных лугах. На Урале активен весной и в начале лета, но попадает с конца апреля до середины сентября. В Тобольске и окр. отмечен с мая (2.05) до сентября (10.09) [15].

Материал. Тюменская обл., Тобольск, Бугор, 2.05.1927, 3 экз., К.П. Самко (ЗИН; определил А.Н. Рейхардт).

***Hister unicolor* Linnaeus, 1758**

Распространение. Транспалеарктический вид. Найден в Тюменской обл.: Тобольск и окр. [11; 13; 15; 16]. Один из наиболее обычных видов карапузиков.

Биология. Преимущественно копрофильный вид. Встречается в помете, навозе, экскрементах, на гниющих растительных остатках, в гниющих грибах, изредка в норах грызунов – хомяков и сусликов, иногда на падали [13].

Margarinotus (Eucalohister) bipustulatus (Schrank, 1781)

Распространение. Трансевразийский вид. Встречается в средней полосе и на юге европейской части России, в Западной Сибири, на восток доходит до Алтая [13]. Отмечен в Сургутском р-не Ханты-Мансийского АО – Югры – *Hister bipustulatus* [17] и Тюменской обл.: Тобольск – *H. bipustulatus* [13; 15].

Биология. Встречается на открытых участках в разлагающихся растительных остатках, в помете, навозе, реже на падали. Обитает на полях, сухих выгонах в лесостепи, предпочитает песчаную почву [13]. Весенний вид, активен с начала апреля до июня, но попадает до сентября.

Комментарии. *M. bipustulatus* не отмечен для азиатской части России и, в частности, Западной Сибири в «Каталоге палеарктических жесткокрылых» [19], хотя был указан ещё четыре десятилетия назад в работе [13].

Margarinotus (Paralister) neglectus (Germar, 1813)

Распространение. Транспалеарктический вид. Распространен в европейской части России, Сибири, доходит до Дальнего Востока. Отмечен в Тюменской обл.: окр. Тобольска – *Hister neglectus* [12], Ишим [13].

Биология. Встречается преимущественно весной под растительными остатками, наносами, гниющими листьями, на грибах, в трухе, под корой старых деревьев, иногда на падали и в помете, попадает одиночными экземплярами [13].

Margarinotus (Paralister) purpurascens (Herbst, 1791)

Распространение. Транспалеарктический вид. Широко распространен в европейской России, на Кавказе, в Сибири [13]. Найден в Ханты-Мансийском АО – Югре: Берёзово – *Hister purpurascens* [13; 18]. Указан для Тюменской обл.: Тюмень (приводится впервые), Тобольск – *H. purpurascens* [15; 16].

Биология. Встречается в открытых биоценозах – на лугах, пастбищах, нередок в населенных пунктах, найден в помете коров и лошадей, на падали, под гниющими растительными остатками, в гнилых грибах [2; 13]. В Тобольске найден на трупе тетерева [15]. Вид с весенне-раннелетним пиком активности (апрель – начало июня), но на Урале попадает до конца августа. В Тюменской обл. отмечен с мая (12.05) до конца июня (26.06) [15] и однократно в сентябре.

Материал. Ханты-Мансийский АО – Югра, окр. Березова, Тобольск, Шухов, 1.06.1913, 2 экз. (ЗИН). Тюменская обл., Тюмень, Тобольск, Фридолин, 14.05.1925, 1 экз. (ЗИН; определил О.Л. Крыжановский); Бачалина, Тюмен. у., Тобол., Чекановск. IX 64, 1 экз. (ЗИН).

Margarinotus (Paralister) ventralis (Marseul, 1854)

Распространение. Евросибирский вид. Распространен в европейской части России и Западной Сибири – до Алтая [13]. Найден в Сургутском р-не Ханты-Мансийского АО – Югры [17] и Тюменской обл.: Тюмень (указывается впервые), Тобольск – *Hister ventralis* [12; 15; 16].

Биология. Встречается в лесной зоне на гниющих грибах, в растительных остатках, на вытекающем соке деревьев, в помете и на падали [13]. На Урале попадает с мая до конца августа. В Тюменской обл. встречается с мая (14.05) до сентября (7.09) [15].

Материал. Тюменская обл., Тобольск, кладбище, 28.05.1926, 1 экз., с. Ершовка, 19.05.1927, 2 экз., К.П. Самко (ЗИН; определил А. Н. Рейхардт); Тюмень, 14.05.1925, 1 экз., В. Ю. Фридолин (ЗИН).

Margarinotus (Ptomister) brunneus (Fabricius, 1775)

Распространение. Трансевразийский вид. Обычен в европейской России, встречается в Сибири, на восток доходит до Байкала [13]. Зарегистрирован в Сургутском р-не Ханты-Мансийского АО – Югры: окр. Лянтора – указан как *Hister impressus* Fabricius, 1798 [17] и Тюменской обл. [3; 4], в т. ч. найден в окр. Тюмени, Тобольске и окр. – *Hister cadaverinus* Hoffmann, 1803 [15; 16]; *H. impressus* [5; 11], а также в окр. Ишима: Беловское [15].

Биология. Сапрофильный вид, обычен на падали, реже попадает в коровьем и конском помете, в гниющих грибах и растительных остатках, известны находки в норах хомяков и в гнездах хищных птиц [13]. В Тюменской обл. отмечен в заметном количестве в ульях медоносных пчел [3; 4]. В Тобольске и окр. обнаружен на трупах крота, утки, чайки, встречается с мая (26.05) до сентября (6.09) [15].

Материал. Тюменская обл., Тобольск, 26.05–5.06.1937, 15 экз., К. П. Самко (ЗИН).

Margarinotus (Ptomister) striola (C.R. Sahlberg, 1819)

Распространение. Трансевразийский вид. Обычен в лесной зоне европейской России и Сибири [13]. Найден в Ханты-Мансийском АО – Югре: Октябрьское (Кондинское) (Фридолин 1935 – *Hister striola*), природный парк «Кондинские озера» – *H. striola* [1] и Тюменской обл.: окр. Тобольска – *H. striola* [11; 15; 16].

Биология. Встречается в гниющих растительных остатках, навозе, на экскрементах и на падали, весной обычен на соке, вытекающем из стволов берез [13]. На Урале активен в течение всего лета – с начала мая до сентября.

Комментарии. В России встречаются два подвида: *M. striola striola* (C.R. Sahlberg, 1819) – на европейской территории к востоку от Московской и Брянской обл. (преимущественно в северных областях) и в азиатской части ареала, а также *M. striola succicola* (Thomson, 1862) – на западе страны; эти таксоны различаются только по гениталиям самцов [13]. На Урале и в Западной Сибири обитает лишь номинативный подвид.

Триба Hololeptini Норе, 1840

***Hololepta plana* (Sulzer, 1776)**

Распространение. Трансевразиатский вид; «... к востоку от Урала найден в немногих местах» [13, с. 405]. Отмечен в Тюменской обл.: Тобольск [16]. Встречается не часто, попадает единичными экземплярами.

Биология. Обитает под корой мертвых и отмирающих лиственных деревьев: чаще тополя, реже осины, ольхи, ивы, дуба, вяза [13], более обычен в поймах рек.

Триба Platysomatini Bickhardt, 1914

***Eurosomides minor* (P. Rossi, 1792)**

Распространение. Транспалеарктический вид. Указан для Тюменской обл.: Тобольск и окр. – *Platysoma frontale* (Paykull, 1798) [15; 16].

Биология. Встречается под корой лиственных деревьев: березы, липы, ольхи, осины, дуба, реже клена [13]. В Тобольске обнаружен под корой березового пня [15].

Комментарии. О. Л. Крыжановский убедительно доказывал, что “*Hister minor* Rossi, 1792”, описание которого «крайне недостаточно, и неясно, какой вид Росси имел перед собой», не подходит для номенклатурной замены *Platysoma frontale*; первое название нужно считать забытым (*nomen oblitum*) как не употреблявшееся полтора столетия, а «название *Platysoma frontale* (Paykull, 1798) сохранить в качестве *nomen conservandum*» [13, с. 420]. К сожалению, эти очевидные доводы в последующем игнорировались, в т. ч. составителями раздела по Histeridae в итоговом «Каталоге палеарктических жесткокрылых» [19].

Материал. Тюменская обл., окр. Тобольска, Широкий лог, 12.06.1937, 1 экз., К.П. Самко (ЗИН).

***Platysoma (Cylister) angustatum* (Hoffmann, 1803)**

Распространение. Трансевразиатский вид. Найден в Тюменской обл.: окр. Тобольска – *Cylistosoma angustatum* [11; 16].

Биология. Встречается в ходах короедов под корой мертвых или усыхающих хвойных деревьев: сосны, ели, кедра, пихты [13].

Материал. Тюменская обл., окр. Тобольска, Архиерейская роща, 24.05.1937, 1 экз., кладбище, 30.05.1927, 1 экз., К.П. Самко (ЗИН).

***Platysoma (Cylister) elongatum* (Thunberg, 1787)**

Распространение. Транспалеарктический вид. Указан для Тюменской обл.: окр. Тобольска – *Platysoma oblongum* (Fabricius, 1792) [11].

Биология. Обитает в ходах короедов под корой хвойных (сосна, ель) или, значительно реже, лиственных деревьев [13].

Комментарии. Сведение *Cylister* к подроду *Platysoma* О. Л. Крыжановский считал недостаточно обоснованным [13]; замена традиционного названия *Cylister oblongus* (Fabricius, 1792) на *Platysoma elongatum*, не употреблявшееся в течение более 200 лет, также мало убедительна.

***Platysoma (Cylister) lineare* Erichson, 1834**

Распространение. Трансевразиатский вид. Указан для Тюменской обл.: Тобольск и окр. — *Cylistosoma lineare* [15].

Биология. Отмечен в ходах короедов под корой хвойных деревьев: сосны, ели, кедра [7]. В Тобольске и окр. найден под корой березы, отмечен с мая (30.05) до июня (25.06) [15].

Материал. Тюменская обл., Тобольск. окр. д. Дурынина, 25.06.1931, 1 экз., 24.06.1933, 3 экз., К.П. Самко (ЗИН; определил А.Н. Рейхардт).

***Platysoma (s. str.) deplanatum* (Gyllenhal, 1808)**

Распространение. Трансевразиатский вид. Широко распространен в лесной зоне европейской части России и Сибири (Крыжановский, Рейхардт 1976). Отмечен в Тюменской обл.: Тобольск (Самко 1929, 1930).

Биология. Обитает под корой лиственных (березы, тополя) и хвойных деревьев (сосны, лиственницы) (Крыжановский, Рейхардт 1976). В Тобольске обнаружен под корой березы, отмечен с мая (2.05) до июля (11.07) (Самко 1929).

Материал. Тюменская обл., Тобольск, кладбище, 17.06.1927, 2 экз., 2.05.1933, 4 экз., К.П. Самко (ЗИН; определил А.Н. Рейхардт).

Подсемейство Sapriniinae С.É. Blanchard, 1845

***Chalcionellus decemstriatus* (P. Rossi, 1792)**

Распространение. Западно-центральнопалеарктический вид. Отмечен в Тюменской обл.: Тобольск и окр. (Самко 1929, 1930; Колосов 1930 – указан как *Hypocacculus conjungens* (Paykull, 1798); Рейхардт 1941; Крыжановский, Рейхардт 1976).

Биология. Обитает в коровьем навозе, на падали, встречается в норах грызунов (Крыжановский, Рейхардт 1976).

***Gnathoncus rotundatus* (Kugelann, 1792)**

Распространение. Космополит. Указан для Тюменской обл.: окр. Тобольска (Колосов 1930).

Биология. Факультативный нидикол. Встречается в птичьих гнездах, курятниках, иногда в муравейниках и жилых домах, на падали, в навозе (Крыжановский, Рейхардт 1976 – приведен как *Gnathoncus nanus* (L.G. Scriba, 1790)).

***Hypocaccus* (s. str.) *rugiceps* (Duftschmid, 1805)**

Распространение. Евросибирский вид. Найден в Ханты-Мансийском АО – Югре: Берёзово (Крыжановский, Рейхардт 1976). Указан для «южного Зауралья» (Рейхардт 1941).

Биология. Встречается на мелкой падали на песчаных берегах рек и озер, найден также в помете, экскрементах, попадает колониями в песок (Рейхардт 1941; Крыжановский, Рейхардт 1976).

***Hypocaccus* (*Nessus*) *rufipes* (Kugelann, 1792)**

Распространение. Западно-центральнопалеарктический вид. Обитает в средней полосе и на юге европейской части России, найден в Поволжье и Казахстане (Крыжановский, Рейхардт 1976 – *Hypocacculus rufipes*). Этот вид впервые приводится для Западной Сибири (в каталоге (Lackner et al. 2015) для территории Сибири не указан), в т. ч. дано первое указание для Тобольска.

Биология. Встречается на падали, в экскрементах, гниющих растительных остатках на песчаной почве (Крыжановский, Рейхардт 1976). На Урале встречается с мая до августа. В Тобольске отмечен в начале мая (3.05).

Материал. Тюменская обл., Тобольск, р. Курдюмка, 3.05.1931, 1 экз., К.П. Самко (ЗИН; определил К.П. Самко).

***Saprinus* (s. str.) *aeneus* (Fabricius, 1775)**

Распространение. Западно-центральнопалеарктический вид. Встречается повсеместно, в т. ч. от Приполярного до Южного Урала, обилие к югу от таежной зоны. Найден в Тюменской обл.: Тюмень (отмечен впервые), Тобольск и окр. (Самко 1929, 1930; Колосов 1930; Рейхардт 1941; Крыжановский, Рейхардт 1976). Один из наиболее обычных и массовых видов карапузиков.

Изменчивый вид. Часто встречаются экземпляры с очень тонкой при основании пришовной бороздкой надкрылий, иногда неясной или прерванной и не соединенной с 4-й дорсальной бороздкой. Нередки экземпляры с явственной, хотя и мелкой, пунктировкой диска переднеспинки и вершины надкрылий. Попадают также особи, близкие к *S. immundus* (Gyllenhal, 1827), имеющие грубую пунктировку надкрылий и сравнительно мелкое «малое зеркальце», но идентичные с *S. aeneus* по строению гениталий самцов.

Биология. Обычен на падали, в навозе, экскрементах, найден в норах хомяков (Рейхардт 1941; Крыжановский, Рейхардт 1976). В Тобольске и окр. обнаружен на трупах тетерева и крота (Самко 1929). Попадает с начала мая до сентября.

Материал. Тюменская обл., Тюмень, 14.05.1925, 1 экз., В.Ю. Фридолин (ЗИН; определил О.Л. Крыжановский, 1964 г.); Тобольск, Казачий Взвоз, 29.05.1926, 3.05.1933, 2 экз. К.П. Самко (ЗИН; определил А.Н. Рейхардт).

***Saprinus* (s. str.) *immundus* (Gyllenhal, 1827)**

Распространение. Западно-центральнопалеарктический вид. Распространен в европейской части России, Сибири (на восток доходит до Читы) и Казахстане (Крыжановский, Рейхардт 1976). В каталоге (Lackner et al. 2015) для азиатской части России не указан, что является ошибочным. Встречается в Тюменской обл.: окр. Ялуторовска (Колосов 1928, 1930; Самко 1930).

Биология. Обитает на падали, в навозе, экскрементах, найден в норах суслика (Крыжановский, Рейхардт 1976). На Урале отмечен на падали, в шампиньонах, норах грызунов, нередко попадает в почвенные ловушки; активен с конца мая до августа.

***Saprinus* (s. str.) *planiusculus* Motschulsky, 1849**

Распространение. Транспалеарктический вид. Обитает в лесостепной зоне, вместе с *S. semistriatus* (L.G. Scriba, 1790) является одним из самых обычных видов в России. Отмечен в Тюменской обл. (Крыжановский, Рейхардт 1976).

Биология. Обычен на падали, встречается в экскрементах. Попадается в почвенные ловушки. На Урале встречается с мая по сентябрь.

***Saprinus* (s. str.) *rugifer* (Paykull, 1809)**

Распространение. Евросибирский вид. Широко распространен, но попадается не часто. Обитает в таежной зоне, реже встречается в зоне широколиственных лесов и лесостепи. Найден в Тюменской обл.: окр. Тобольска (Самко 1929).

Биология. Преимущественно нидикольный вид. Встречается на трупах птиц, в гнездах ласточки (Крыжановский, Рейхардт 1976), реже на падали. Активен в конце апреля – июне. В окр. Тобольска отмечен в июне (Самко 1929).

***Saprinus* (s. str.) *semistriatus* (L.G. Scriba, 1790)**

Распространение. Трансевразийский вид. Зарегистрирован в Тюменской обл.: Тобольск и окр. (Самко 1929, 1930; Рейхардт 1941; Крыжановский, Рейхардт, 1976).

Виды группы *S. semistriatus* (*S. semistriatus*, *S. planiusculus*, *S. subnitescens* Bickhardt, 1909) очень похожи друг на друга, их различение затруднительно (Крыжановский, Рейхардт 1976).

Биология. Обычен на падали, реже встречается в навозе, предпочитает открытые места (Крыжановский, Рейхардт 1976). В Тобольске найден на трупах птиц и собаки (Самко 1929, 1930).

Выводы

Впервые составлен общий список жуков-карапузиков (семейство Histeridae) фауны двух субъектов: Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, который насчитывает 29 видов из 12 родов (*Acritus* – 1 вид, *Atholus* – 3, *Chaetabraeus* – 1, *Chalcionellus* – 1, *Eurosomides* – 1, *Gnathonus* – 1, *Hister* – 3, *Hololepta* – 1, *Hypocaccus* – 2, *Margarinotus* – 6, *Platysoma* – 4, *Saprinus* – 5 видов) и 3 подсемейств. Большая часть – 18 видов (62%) относится к подсемейству Histerinae, зарегистрированы также 9 видов Saprininae (31%) и 2 вида Abraeinae (7%): *Acritus minutus* и *Chaetabraeus globulus*. Для наглядности следует изобразить последовательность родов в виде таксономического индекса фауны (ФТИ; в скобках видовое обилие, %): Mar(21) – Sap(17) – Pla(14) – Ath, His(10) – Hyp(7) – Acr, Chl, Cht, Eur, Gna, Hol(3). При этом на долю трех наиболее обильных родов (*Margarinotus*, *Saprinus*, *Platysoma*) приходится половина (52%) всего видового состава семейства Histeridae.

Для Тюменской области указаны 28 видов, а для Ханты-Мансийского автономного округа – Югры – 8 видов Histeridae. Для Западной Сибири и, в частности, Тюменской области (Тобольск) впервые отмечен *Hypocaccus rufipes*. Для Тюмени впервые указаны 4 вида карапузиков из 3 родов: *Hister bissexstriatus*, *Margarinotus purpurascens*, *M. ventralis*, *Saprinus aeneus*.

Представлена оценка фаунистического аспекта изучения жуков-карапузиков Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в его историческом развитии по базовым литературным источникам. Тюменская область (9 наименований за 1928–2017 гг.): Колосов 1928 (1 вид – *Saprinus immundus*; Ялуторовск); Самко 1929 (16 видов: первые указания; Тобольск и окр.); Колосов 1930 (13 видов: из них 6 – первые указания; Тобольск, окр. Ялуторовска); Самко 1930 (15 видов: из них 2 – первые указания – *Hololepta plana* и *Platysoma angustatum*; Тобольск и окр.; всего 24 вида); Рейхардт 1941 (4 вида, из них первое указание *Acritus minutus*; Тобольск); Крыжановский, Рейхардт 1976 (8 видов: из них 2 – первые указания – *Atholus bimaculatus* и *Saprinus planiusculus*; Ишим, Тобольск); Збанацкий 1998, 1999 (1 вид – *Margarinotus brunneus*); Зиновьев, Наконечный 2017 (1 вид – *Margarinotus brunneus*; окр. Тобольска). Ханты-Мансийский АО – Югра (4 наименования за 1935–2017 гг.): Фридолин 1935 (2 вида – *Margarinotus purpurascens* и *M. striola*; Берёзово, Октябрьское/Кондинское/); Крыжановский, Рейхардт 1976 (2 вида, из них первое указание *Hypocaccus rugiceps*; Берёзово); Тюмаева, Духин 2005 (3 вида: первые указания; Сургутский р-н, Лянтор); Беспалова 2017 (4 вида: из них 2 – первые указания; природный парк «Кондинские озера»).

Наиболее обычными в Северном Зауралье и б. ч. массовыми, а во многих местах фоновыми, являются следующие 5 видов Histeridae из 2 подсемейств (Histerinae и Saprininae): *Hister unicolor*, *Margarinotus brunneus*, *M. striola*, *Saprinus aeneus* и *S. semistriatus*. Редкими в регионе можно считать по меньшей мере 3 вида карапузиков: *Atholus bimaculatus*, *A. corvinus* и *Hypocaccus rufipes*, известных лишь по немногим или единичным находкам в регионе.

Следует заметить, что в южных районах Тюменской области могут быть найдены еще 4 вида карапузиков, которые пока не обнаружены, но известны из сопредельной Курганской области (Крыжановский, Рейхардт 1976; Козьминых, Есюнин 1991; Козьминых, 2006): *Margarinotus (Paralister)*

silantjevi (Shirjajev, 1903); *M. (Stenister) obscurus* (Kugelann, 1792); *Gnathoncus disjunctus suturifer* Reitter, 1896; *Saprinus* (s. str.) *turcomanicus* Ménériés, 1849.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беспалова Т. Л. Природный парк «Кондинские озера» им. Л. Ф. Сташкевича. Кадастровое дело № 003. Департамент недропользования и природных ресурсов ХМАО – Югры. 2017.
2. Дедюхин С. В. Фауна жесткокрылых надсемейства Histeroidea (Insecta, Coleoptera) Удмуртской Республики // Евразийский энтомологический журнал. 2011. Т. 10. Вып. 1. С. 74–84.
3. Збанацкий О. В. Жесткокрылые (Coleoptera) как члены внутриульевого биоценоза // Экология и охрана пчелиных. II междунар. науч.-практ. конф. (27–29 мая 1998 г.). Саранск, 1998. С. 43–48.
4. Збанацкий О. В. Жесткокрылые (Coleoptera), вредящие медоносным пчёлам в Зауралье, и меры борьбы с ними // Экология и охрана пчелиных. III междунар. науч.-практ. конф. (28–30 сентября 1999 г.). М., 1999. С. 59–62.
5. Зиновьев Е. В., Наконечный Н. В. Жуки норового комплекса обыкновенного крота центральной части лесной зоны Западной Сибири // Фауна Урала и Сибири. Вып. 2. Екатеринбург, 2017. С. 19–35.
6. Козьминых В. О. Биоразнообразии гистероидных жесткокрылых (Coleoptera: Sphaeritidae, Histeridae) Среднего Урала // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Приложение. Биоразнообразие и биоресурсы. 2006. Вып. 4(54). С. 57–59.
7. Козьминых В. О. Дополнение к списку жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) семейства Histeridae Башкортостана // Материалы по флоре и фауне Республики Башкортостан. Вып. XVIII. Уфа: РИЦ БашГУ, 2018. С. 38–52.
8. Козьминых В. О. Материалы к изучению биоразнообразия жуков-карапузиков (Coleoptera, Histeridae) Южного Урала // Проблемы геоэкологии Южного Урала: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. Оренбург, 2003. С. 86–89.
9. Козьминых В. О. Современные данные по фауне жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) семейства Histeridae Башкортостана // Материалы по флоре и фауне Республики Башкортостан. Вып. XVII. Уфа, 2017. С. 13–52.
10. Козьминых В. О., Есюнин С. Л. Фауна жесткокрылых Урала. Карапузики (Coleoptera, Histeridae). Пермь, 1991. 24 с.
11. Колосов Ю. М. К фауне карапузиков Тобольского округа (Coleoptera, Histeridae) // Бюллетень общества изучения края при Музее Тобольского Севера. Вып. 1. 1930. С. 26–27.
12. Колосов Ю. М. Несколько беглых заметок о насекомых Западной Сибири // Известия Западно-Сибирского музея. 1928. Вып. 1. С. 75–76.
13. Крыжановский О. Л., Рейхардт А. Н. Фауна СССР. Жесткокрылые. Жуки надсемейства Histeroidea (семейства Sphaeritidae, Histeridae, Synteliidae). Т. 5. Вып. 4. Ленинград: Наука, 1976.
14. Рейхардт А. Н. Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. Сем. Sphaeritidae и Histeridae. Т. 5. Вып. 3. М.–Л., 1941.
15. Самко К. П. К фауне карапузиков Тобольского округа (Coleoptera, Histeridae) // Русское энтомологическое обозрение. 1929. Т. 23. Вып. 3–4. С. 277–279.
16. Самко К. П. Примечание [к статье Ю. М. Колосова «К фауне карапузиков Тобольского округа (Coleoptera, Histeridae)»] // Бюллетень общества изучения края при Музее Тобольского Севера. Вып. 1. 1930. С. 27–28.
17. Тюмасева З. И., Духин В. В. Эколого-фаунистические сведения о жуках (Coleoptera, Insecta) Среднего Приобья // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. Серия 10. Экология, валеология, педагогическая психология. 2005. Вып. 6. С. 7–37.
18. Фридолин В. Ю. Фауна Северного Урала как зоогеографическая единица и как биоценотическое целое // Урал. Приполярные районы: Труды ледниковых экспедиций. Вып. IV. Л., 1935. С. 245–270.
19. Lackner T., Mazur S., Newton A. F. Family Histeridae // Catalogue of Palaearctic Coleoptera. 2015. Vol. 2. P. 76–130.

REFERENCES

1. Bepalova, T. L. (2017). Prirodnyi park "Kondinskie ozera" im. L. F. Stashkevicha. Kadastrovoe delo № 003. Departament nedropol'zovaniya i prirodnykh resursov KhMAO–Yugry.
2. Dedyukhin, S. V. (2011). Fauna zhestkokrylykh nadsemeistva Histeroidea (Insecta, Coleoptera) Udmurtskoi Respubliki. *Evraziatskii entomol. Zhurnal*, 10(1). 74–84.
3. Zbanatskii, O. V. (1998). Zhestkokrylye (Coleoptera) kak chleny vnutriul'evogo biotsenoza. In *Ekologiya i okhrana pchelinykh. II-ya mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 27-29 maya 1998 g. Saransk*. 43–48.
4. Zbanatskii, O. V. (1999). Zhestkokrylye (Coleoptera), vtedyashchie medonosnym pchelam v Zaural'e, i mery bor'by s nimi. In *Ekologiya i okhrana pchelinykh. III-ya mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 28-30 sentyabrya 1999 g. Moscow*. 59–62.
5. Zinov'ev, E. V., & Nakonechnyi, N. V. (2017). Zhuki norovogo kompleksa obyknovennogo krota tsentral'noi chasti lesnoi zony Zapadnoi Sibiri. In *Fauna Urala i Sibiri. Vyp. 2. Ekaterinburg*. 19–35.
6. Koz'minykh, V. O. (2006). Bioraznoobrazie gisteroidnykh zhestkokrylykh (Coleoptera: Sphaeritidae, Histeridae) Srednego Urala. *Vestnik Orenburgskogo gos. un-ta. Prilozhenie. Bioraznoobrazie i bioresursy*, 4(54). Orenburg. 57–59.
7. Koz'minykh, V. O. (2018). Dopolnenie k spisku zhestkokrylykh (Insecta, Coleoptera) semeistva Histeridae Bashkortostana. In *Materialy po flore i faune Respubliki Bashkortostan. Vyp. XVIII. Ufa: RITs BashGU*, 38–52.
8. Koz'minykh, V. O. (2003). Materialy k izucheniyu bioraznoobraziya zhukov-karapuzikov (Coleoptera, Histeridae) Yuzhnogo Urala. In *Problemy geoekologii Yuzhnogo Urala: materialy Vserossiiskoi nauch.-prakt. konf. Orenburg*. 86–89.
9. Koz'minykh, V. O. (2017). Sovremennye dannye po faune zhestkokrylykh (Insecta, Coleoptera) semeistva Histeridae Bashkortostana. In *Materialy po flore i faune Respubliki Bashkortostan. Vyp. XVII. Ufa*, 13–52.
10. Koz'minykh, V. O., & Esyunin, S. L. (1991). 24 Fauna zhestkokrylykh Urala. Karapuziki (Coleoptera, Histeridae). Perm.
11. Kolosov, Yu. M. (1930). K faune karapuzikov Tobol'skogo okruga (Coleoptera, Histeridae). *Byulleten' obshchestva izucheniya kraya pri Muzee Tobol'skogo Severa*, (1). 26–27.

12. Kolosov, Yu. M. (1928). Neskol'ko beglykh zameatok o nasekomykh Zapadnoi Sibiri. *Izvestiya Zapadno-Sibirskogo muzeya*, (1). 75–76.
13. Kryzhanovskii, O. L., & Reikhardt, A. N. (1976). Fauna SSSR. Zhestkokrylye. Zhuki nadsemeistva Histeroidea (*Sphaeritiidae*, *Histeridae*, *Synteliidae*). 5(4). Leningrad.
14. Reikhardt, A. N. (1941). Fauna SSSR. Nasekomye zhestkokrylye. Sem. Sphaeritidae i Histeridae. 5(3). Moscow, Leningrad.
15. Samko, K. P. (1929). K faune karapuzikov Tobol'skogo okruga (Coleoptera, Histeridae). *Russkoe entomol. Obozrenie*, 23(3–4). 277–279.
16. Samko, K. P. (1930). Primechanie [k stat'e Yu. M. Kolosova "K faune karapuzikov Tobol'skogo okruga (Coleoptera, Histeridae)"]. *Byulleten' obshchestva izucheniya kraya pri Muzee Tobol'skogo Severa*, 1. 27–28.
17. Tyumaseva, Z. I., & Dukhin, V. V. (2005). Ekologo-faunisticheskie svedeniya o zhukakh (Coleoptera, Insecta) Srednego Priob'ya. *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Seriya 10. Ekologiya, valeologiya, pedagogicheskaya psikhologiya*, 6, 7–37.
18. Fridolin V. Yu. (1935). Fauna Severnogo Urala kak zoogeograficheskaya edinita i kak biotsenoticheskoe tseloe. *Ural. Pripolyarnye raiony. Trudy lednikovyykh ekspeditsii*, 4. 245–270.
19. Lackner, T., Mazur, S., & Newton, A. F. (2015). Family Histeridae. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*, 2, 76–130.

Козьминых В. О. Жесткокрылые семейства Histeridae (Insecta: Coleoptera) Тюменской области и Ханты-Мансийского автономного округа - Югры // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2020. № 1. С. 90–98. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/14>

Kozminykh, V. O. (2020). Beetles of the family Histeridae (Insecta: Coleoptera) of Tyumen province and Khanty-Mansiysk autonomous area - Yugra. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 90–98. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/14>

дата поступления: 16 августа 2019 г

дата принятия: 12 ноября 2019 г.

© Козьминых В.О.

УДК 598.413:591.543.43(571.122)+502.743(571.122)

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/15>

А. А. Емцев, А. В. Поргунёв

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ О МИГРАЦИОННЫХ ОСТАНОВКАХ ПИСКУЛЬКИ В СУРГУТСКОМ РАЙОНЕ ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ И ПРОБЛЕМА ОХРАНЫ ВИДА

A. A. Emtsev, A. V. Porgunyov

ADDITIONAL INFORMATION ABOUT THE LESSER WHITE-FRONTED GOOSE MIGRATION STOPS IN THE SURGUT DISTRICT OF THE KHANTY-MANSIYSK AUTONOMOUS OKRUG — UGRA AND THE PROBLEM OF SPECIES CONSERVATION

Аннотация. В результате анализа фотоматериалов охотников с Сытомино Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и их последующего опроса, выявлено место миграционных остановок пискулек в долине Средней Оби. Птицы останавливались у небольшого озера в 3,5 км к востоку от села. Одна раненая особь была найдена 12 сентября 2011 г. у озера на комплексном верховом болоте в 9,5 км к юго-западу от г. Лянтор. С целью сохранения пролетных пискулек и других видов уязвимых животных на территории округа предлагается ввести обязательный экзамен для охотников по определению отдельных представителей региональной фауны, ужесточить штрафные санкции за незаконную добычу, усилить пропаганду бережного отношения к природе и воспитательную работу, в том

Abstract. The analysis of the photographs sent by the hunters from Sytomino village, Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug – Ugra, together with the further survey detected the place of migration stops of Lesser White-fronted Geese in the Middle Ob valley. The birds were staying at the small lake 3.5 km east of the village. On September 12, 2011, one wounded individual was found near the lake at the complex raised bog 9.5 km southwest of the city of Lyantor. Several ways can be suggested by us to save flying Lesser White-fronted Geese and other species of vulnerable animals at the territory of the autonomous okrug. This will include the following measures to take: an obligatory exam for hunters to be able to identify some species of the regional fauna; large penalties for illegal hunting,

числе по привитию охотничьей культуры. Обозначены проблемы экономического и организационного характера.

Ключевые слова: пискулька; миграционные остановки; охота; охрана; центральная часть Западной Сибири.

Сведения об авторах: Емцев Александр Александрович, ORCID: 0000-0002-1496-0171, SPIN-код: 7450-1370, канд. биол. наук, Сургутский государственный университет; г. Сургут, Россия, alemts@mail.ru; Александр Владиславович Поргунёв, Сургутский лесхоз, г. Сургут, Россия, alprg@inbox.ru.

About the authors: Emtsev Alexander Alexandrovich, ORCID: 0000-0002-1496-0171, SPIN-код: 7450-1370, PhD, Leading Research Officer of Scientific and educational center of the Institute of Natural and Technical Sciences of Surgut State University; Alexander Vladislavovich Porgunyov, Chief Specialist of Surgut Forestry.

Работа выполнена в ходе реализации проекта «Управление ресурсами хозяйственно-ценных видов биоты основных типов экосистем Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в условиях их техногенной трансформации» Сургутского государственного университета.

Введение

Пискулька *Anser erythropus* (Linnaeus, 1758) – редкий, сокращающийся в численности вид гусей, охраняемый на большей части своего ареала. Согласно оценке, проведенной 6 августа 2018 г., в Красном списке МСОП она внесена в блок Threatened (ТН) – таксоны, находящиеся под угрозой исчезновения, имеет категорию Vulnerable (VU) – уязвимый и критерии A2bcd+3bcd+4bcd [16]. Возможно, внутри обозначенного блока в скором времени произойдет изменение статуса редкости на Endangered (EN) – вымирающий. В Красную книгу Российской Федерации [6] пискулька включена с категорией редкости 2 – сокращающийся в численности вид и, очевидно, сохранит свой статус в следующем издании [5]. Численность взрослых птиц мировой популяции оценивается в 16 000–27 000 особей [16].

Согласно современным представлениям, гнездовой ареал пискульки сильно фрагментирован и состоит из отдельных очагов гнездования в узкой полосе лесотундры и южной тундры Евразии [10; 15]. В центральной части Западной Сибири, в пределах Ханты-Мансийского автономного округа – Югры (ХМАО – Югры), по данным спутниковой телеметрии, встречаются пролетные птицы, гнездящиеся в Большеземельской тундре [18], на Полярном Урале [9; 19; 20], на юге Ямала [10], в южной части Таймыра [10; 25; 26], плато Путорана [8; 14] и Фенноскандии [17; 27 и др.].

Для обеспечения эффективной охраны пролетных особей очень важно знать места и продолжительность их остановок, особенности распределения и численность пискулек на таких участках на всем протяжении миграционного маршрута. В ХМАО – Югре к настоящему времени они в общих чертах определены [12; 13; 24 и др.]. Однако основная часть работ выполнялась в местах концентрации пискулек на осеннем пролете – Нижнем и Верхнем Двубье, являющихся водно-болотными угодьями международного значения [1], Двубье, относящемуся к Ключевой орнитологической территории международного значения [3], и некоторых других. Следует указать на недостаточность исследований пространственно-биотопического распределения птиц в весеннее время – как при целенаправленных авиаучетах, так и по данным спутникового мечения [8]. Кроме того, в течение последних нескольких десятилетий остаются слабоизученными или вовсе не обследованными отдельные участки в долине Средней Оби и огромные площади заболоченных междуречий.

В этой связи весьма любопытные сведения дали результаты спутникового слежения за парой мигрирующих пискулек, помеченных в южной части полуострова Таймыр (зона лесотундры) в 1998 г. В начале 2-й декады сентября птицы сделали остановку в долине Средней Оби в окрестностях д. Лямина (рис. 1), где провели около недели [26; Т. Аарвак – личное сообщение; К. Е. Литвин – личное сообщение]. С тех пор никакие данные о связях гусей с обозначенным районом не поступали. Тем интересней информация, полученная нами при опросе охотников с. Сытомино, а также предоставленная заведующим зоологическим отделом Эколого-биологического центра г. Сургута А. М. Прокофьевым.

Результаты и их обсуждение

Сделанные жителями с. Сытомино фотографии свидетельствовали о регулярной их охоте на пролетных гусей. На некоторых снимках были запечатлены добытые пискульки. Выяснение обстоятельств добычи позволило установить, что эти пискульки останавливались у озера в 3,5 км к востоку от села (рис. 1). Охота осуществлялась из замаскированной засидки (скрадка) с подсадными чучелами и профилями водоплавающих птиц, в том числе гусей. Одна особь была добыта 14 мая 2011 г., вторая – 17 мая 2011 г. Видовую принадлежность других гусей по имеющимся изображениям достоверно опре-

делить не удалось. Возможно, они являлись белолобыми *Anser albifrons* (Scopoli, 1769). Также не удалось определить птицу, убитую 8 мая 2013 г.

В сентябре 2011 г. в минизоопарк Эколого-биологического центра г. Сургута поступила взрослая пискулька с огнестрельной раной на крыле. По сообщению Александра Михайловича Прокофьева, 12 сентября около оз. Паульгльор примерно в 9,5 км к юго-западу от г. Лянтор (рис. 1) ее подобрал местный житель. Вероятно, гусь был подстрелен во время остановки или выбора места для отдыха. Ему сразу пришлось ампутировать половину крыла. Эта птица прожила в минизоопарке 7 лет (рис. 2).

Таким образом, рассмотренные участки могут использоваться гусями как при осенней, так и при весенней миграции. На основании проведенных в 1977 г. исследований [2] высказано предположение, что болотно-озерные комплексы Сургутского района имеют важное значение для мигрирующих пискулек, особенно весной [21]. Есть этому и более поздние подтверждения [7]. Стоит отметить, что проведенные в центральной части Средней Оби осенние авиаучеты положительных результатов не дали [7; 22; 23]. Очевидно, существует необходимость организации специальных исследований, которые помогут оценить число пролетающих и останавливающихся здесь птиц и в определенных случаях способствуют созданию особых зон с ограниченным режимом охоты [11; 24 и др].

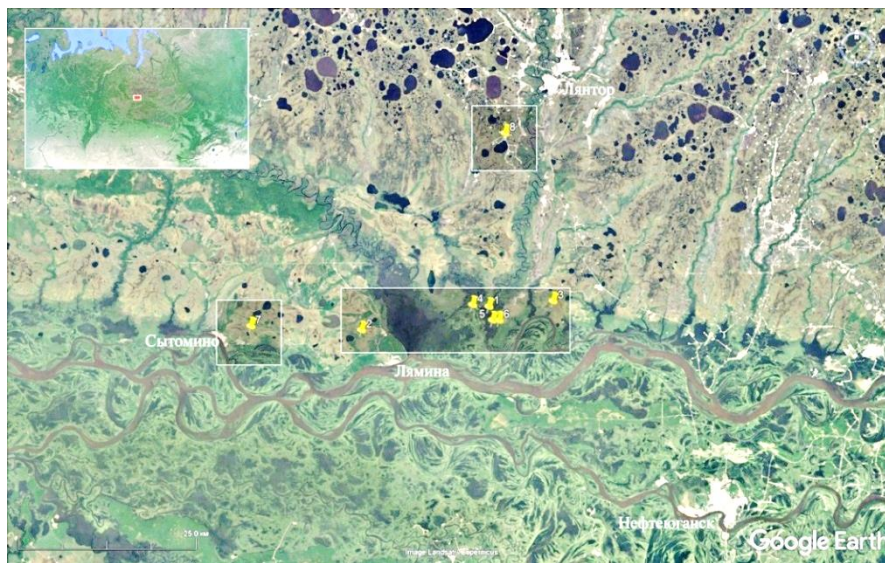


Рис. 1. Места регистраций пискулек в центральной части Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, произведенных за два десятилетия. 1–6 – по данным спутникового мечения в сентябре 1998 г., 7 – добыча охотниками в мае 2011 г., 8 – находка раненой особи в сентябре 2011 г.

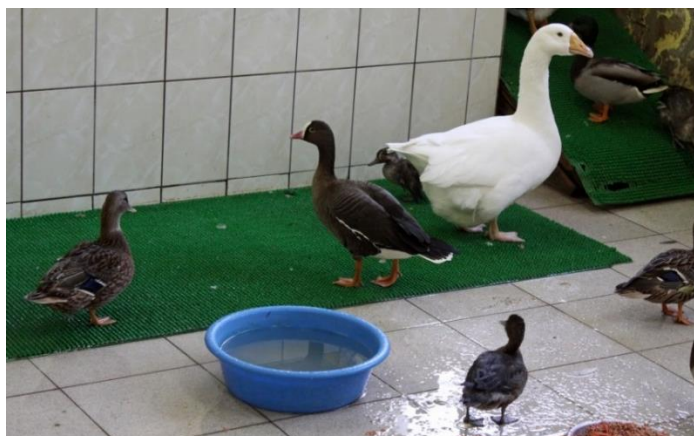


Рис. 2. Пискулька в минизоопарке Эколого-биологического центра г. Сургута, 22 октября 2011 г. (фото А.А. Емцева)

Следующий значимый вопрос, вытекающий из вышеизложенного, касается проблемы охраны вида в охотничьих угодьях и на особо охраняемых природных территориях. Тема незаконной охоты на

пискульку и ее масштаба уже поднималась коллегами неоднократно [22; 23 и др.]. Нам бы хотелось акцентировать внимание на нескольких моментах.

1. Незнание частью граждан видовой принадлежности добываемых птиц и правил охоты. В частности, охотники не отличают пискульку от белолобого гуся, на которого разрешена охота, а добычу часто совершают в сумерках, когда диагностические признаки видов не видны или малозаметны. Главными причинами такого явления оказывается слабая мотивация охотников к приобретению навыков определения видов в природе и изучению их биологии, отсутствие системы контроля этих знаний при получении охотничьего билета.

Одним из вариантов решения обозначенной проблемы может стать введение обязательного экзамена по определению охотничьих животных, животных из списков Красных книг и не подлежащих добыче. Сознательность охотников, сдавших экзамен, должна увеличиться. Вместе с тем сформированная компетенция поможет повысить достоверность данных об охотничьем изъятии птиц, получаемых при ведении системы отчетности охотхозяйствами и охотобществами или посредством анкетирования охотников, для дальнейшей статистической обработки. Следует учесть возможность выбора охотниками способа подготовки к экзамену – самостоятельно, по специально созданным учебным пособиям или пройдя обучение на соответствующих курсах со специалистом. Организационные расходы частично или полностью покрывает новая государственная пошлина.

2. Сознательное нарушение правил охоты конкретными гражданами. Такие нарушения, помимо всего прочего, происходят вследствие формирующегося чувства безнаказанности, обусловленного невозможностью немногочисленным штатом сотрудников контролирующих органов осуществлять проверку охотников на большей части огромной малонаселенной территории, многие участки которой труднодоступны.

Исправить ситуацию можно, ужесточив штрафные санкции за нарушения правил охоты, в особенности за добычу животных, внесенных в Красные книги, искоренив коррупционную составляющую, изменив ментальность жадного или вороватого человека, что само по себе довольно сложно, привив населению охотничью культуру. Последнее возможно только при правильном воспитании, планомерном обучении и активной пропаганде охраны природы со стороны различных учреждений и средств массовой информации. Не самую последнюю роль в этом процессе будет играть и увеличение уровня благосостояния граждан.

3. Недостаток финансирования научных и охранных мероприятий в регионе. В ХМАО – Югре отсутствует специальная долговременная программа по мониторингу редких и уязвимых видов животных, понимание путей решения проблем, с ними связанных. Изучение охраняемых представителей проводится лишь в рамках обеспечения мероприятий по ведению Красной книги Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и на некоторых особо охраняемых природных территориях (ООПТ). При проведении полевых работ по Красной книге часто не берутся в расчет оптимальные сроки орнитологических исследований, специфика учетов отдельных систематических групп, наиболее перспективные территории, где могут быть встречены конкретные виды птиц. А сами работы часто привязаны к ООПТ. Отчасти это происходит в силу ограниченного бюджета, когда комплексное исследование, направленное на изучение животных, растений и грибов, в силу экономии средств на транспорт проводится в одно время одной экспедиционной группой. Неизвестно, что происходит на огромных территориях, куда экспедиции не организуются. Также не следует забывать и о бюрократических издержках.

Согласно Докладу «Об экологической ситуации...» [4] в 2017 г. в ХМАО – Югре под эгидой Года экологии в России проведен ряд эколого-просветительских мероприятий, посвященных сохранению пискульки. Среди них природоохранный проект «Путешествие малого белолобого гуся (пискульки)», эколого-просветительские уроки на тему «Малый белолобый гусь (пискулька)» в школах округа, цикл программ и статей о причинах исчезновения пискульки на муниципальных телеканалах и в печатных изданиях, издание иллюстрированного методического буклета «Отличительные черты малого белолобого гуся (пискульки) (*Anser erythropus*)» для охотников. Тем не менее, остается открытым вопрос об эффективности и масштабности этих разовых мероприятий. Соответствующий анализ никем не производился. Так, например, в Сургутском управлении Службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений ХМАО – Югры методических буклетов нет, ничего не слышали о пискульке опрошенные нами в 2019 г. сургутские школьники и студенты (71 человек). Не дошла информация и до охотников с. Сытомино, с которыми мы общались. Несомненно, следует уделять особое внимание экологическому просвещению и пропаганде в сети Интернет – многие сайты очень популярны среди молодежи и охотников.

Итак, только комплексное решение существующих проблем может способствовать сохранению пролетных пiskuлек на территории ХМАО – Югры. Хочется надеяться, что определенная часть перечисленных нами мер будет принята к рассмотрению в ближайшем будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Водно-болотные угодья России. Т. 1. Водно-болотные угодья международного значения / под общ. ред. В. Г. Кривенко. М.: ИПО «Профиздат». 1998.
2. Гаврин В. Ф., Кривенко В. Г., Иванов Г. К., Азаров В. И., Молочаев А. В., Линьков А. Б., Антипов А. М., Дебело П. В., Стопалов В. С. Особенности весеннего пролета водоплавающих птиц в Среднем регионе СССР // отв. ред. В. А. Забродин. Экология и охрана охотничьих птиц: сб. научных трудов. М. 1980. С. 5–45.
3. Головатин М. Г. Двубье // Ключевые орнитологические территории России. Т. 2. Ключевые орнитологические территории международного значения в Западной Сибири. М. 2006. С. 65–67.
4. Доклад «Об экологической ситуации в Ханты-Мансийском автономном округе — Югре в 2017 году» // Служба по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа — Югры (Природнадзор Югры). Режим доступа: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/upload/iblock/e80/maket-doklada-2017.doc> (дата обращения: 06.05.2019).
5. Ильяшенко В. Ю., Шаталкин А. И., Куваев А. В., и др. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения животные России: материалы к Красной книге Российской Федерации. М. 2018.
6. Красная книга Российской Федерации: (животные). М. 2001.
7. Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа — Югры: животные, растения, грибы / отв. ред. А. М. Васин, А. Л. Васина. Екатеринбург. 2013.
8. Литвин К. Е. Новые данные о миграциях гусей, гнездящихся в России. Обзор результатов дистанционного отслеживания // отв. ред. А. Б. Поповкина. Казарка: бюл. рабочей группы по гусеобразным Сев. Евразии. Т. 17. М. 2014. С. 13–45.
9. Морозов В. В., Аарвак Т. Зимовка пiskuлек, гнездящихся на Полярном Урале // отв. ред. Е. Е. Сыроечковский (мл.). Казарка: бюл. рабочей группы по гусеобразным Сев. Евразии. №10. М. 2004. С. 156–162.
10. Морозов В. В., Сыроечковский Е. Е. Пiskuлька на рубеже тысячелетий // отв. ред. Е. Е. Сыроечковский (мл.). Казарка: бюл. рабочей группы по гусеобразным Сев. Евразии. №8. М. 2002. С. 233–276.
11. Розенфельд С. Как вернуть мониторинг водоплавающей дичи? Инновационные методы регулирования весенней охоты по данным многолетнего мониторинга на примере Ямало-Ненецкого автономного округа // Охота. 2015. № 5(201). С. 76–84.
12. Розенфельд С. Б., Стрельников Е. Г. Инвентаризация и оценка состояния мест миграционных остановок пiskuльки на Нижней Оби. М. 2012. С. 182–185.
13. Розенфельд С. Б., Соловьев М. Ю., Киртаев Г. В., Рогова Н. В., Иванов М. Н. Оценка пространственно-биотопического распределения гусеобразных птиц в Ямало-Ненецком и Ханты-Мансийском округе (опыт использования сверхлегкой авиации) // Зоологический журнал. 2017. Т. 96. № 2. С. 201–221.
14. Романов А. А., Поспелов И. Н. Внутриконтинентальные пространственные связи пiskuлек (*Anser erythropus*) горно-субарктических регионов Центральной Палеарктики // Экология. 2010. № 1. С. 66–69.
15. Рябицев В. К. Птицы Сибири. Т. 2. М. 2010.
16. *Anser erythropus* // The IUCN Red List of Threatened Species. 2018. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22679886A132300164.en>
17. Lorentsen S. H., Øien I. J., Aarvak T. Migration of Fennoscandian lesser white-fronted geese *Anser erythropus* mapped by satellite telemetry // Biological Conservation. 1998. Vol. 84. № 1. P. 47–52. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(97\)00088-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00088-8)
18. Morozov V. V., Øien I. J., Aarvak T. Satellite tracking of Lesser White-fronted Goose from the East-European tundra in Russia // Norsk Ornitologisk Forening-Report. 2014. Vol. 5. P. 1.
19. Morozov V. V., Aarvak T., Øien I. J. Satellite tracking of Lesser White-fronted Geese from the East-European tundra in Russia in 2014 // Norsk Ornitologisk Forening-Report. 2015.
20. Morozov V. V., Øien I. J., Aarvak T. 2016. Monitoring and satellite tracking of Lesser White-fronted Geese from the Russian European tundra in 2015 // Norsk Ornitologisk Forening, BirdLife Norway. Report 2. 1–13.
21. Nankinov D. Lesser White-fronted Goose (*Anser erythropus*) migration routes, wintering sites and conservation in Western Eurasia // Gibier faune sauvage. 1992. Vol. 9. № SEP. P. 257–268.
22. Rozenfeld S., Strelnikov E. 2011. Survey of Lesser White-fronted Goose *Anser erythropus* in lower Ob River, Russia in autumn 2010 // ed. by I. J. Øien. Norwegian Ornithological Society, NOF-BirdLife Norway. Report 3. 1–25.
23. Rozenfeld S. et al. The results of autumn counts of Lesser White-fronted Goose and other geese species in the Ob valley and White-sea-Baltic flyway in September 2015 // Goose Bulletin. 2016. Vol. 21. P. 12–31.
24. Rozenfeld S. B., Kirtaev G. V., Rogova N. V., Soloviev M. Yu. Results of an aerial survey of the western population of *Anser erythropus* (*Anserini*) in autumn migration in Russia 2017 // Nature Conservation Research. 2019. Vol. 4. № 1. P. 1–8.
25. Markkola J. The Finnish Lesser White-fronted Goose EU Life/Nature project 1997–2000. 1998.
26. Tolvanen P., Øien I. J., Ruokolainen K. Lesser White-fronted Goose conservation project Annual report 1999.
27. Øien I. J. et al. Mapping of migration routes of the Fennoscandian Lesser White-fronted Goose breeding population with profound implications for conservation priorities // Conservation of Lesser White-fronted Goose on the European migration route. Final report of the EU LIFE-Nature project. 2005. Vol. 2009. P. 12–18.

REFERENCE

1. Vodno-bolotnye ugod'ya Rossii (1998). Vodno-bolotnye ugod'ya mezhdunarodnogo znacheniya. pod obshch. red. V. G. Krivenko. Moscow. (In Russian).
2. Gavrin, V. F., Krivenko, V. G., Ivanov, G. K., ... & Stopalov, V. S. (1980). Osobennosti vesennego proleta vodoplavayushchikh ptits v Sredinnom regione SSSR. In *Ekologiya i okhrana okhotnich'ikh ptits: sb. nauchnykh trudov*. Moscow. 5–45. (In Russian).
3. Golovatin, M. G. (2006). Dvuob'e. In *Klyuchevye ornitologicheskie territorii Rossii. 2. In Klyuchevye ornitologicheskie territorii mezhdunarodnogo znacheniya v Zapadnoi Sibiri*. Moscow. 65–67. (In Russian).
4. Doklad "Ob ekologicheskoi situatsii v Khanty-Mansiiskom avtonomnom okruge — Yugre v 2017 godu". Sluzhba po kontrolyu i nadzoru v sfere okhrany okruzhayushchei sredy, ob"ektov zhivotnogo mira i lesnykh otnoshenii Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga — Yugry (Prirodnadzor Yugry) (In Russian).
5. Il'yashenko, V. Yu., Shatalkin, A. I., & Kuvayev, A. V. (2018). Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoi ischeznoveniya zhivotnye Rossii: materialy k Krasnoi knige Rossiiskoi Federatsii. Moscow. (In Russian).
6. Krasnaya kniga Rossiiskoi Federatsii: (zhivotnye) (2001). Moscow. (In Russian).
7. Krasnaya kniga Khanty-Mansiiskogo avtonomnogo okruga — Yugry: zhivotnye, rasteniya, griby (2013). Ekaterinburg. (In Russian).
8. Litvin, K. E. (2014). Novye dannye o migratsiyakh gusei, gnezdyashchikhsya v Rossii. Obzor rezul'tatov distantsionnogo proslzhivaniya. Kazarka: byul. rabochei gruppy po guseobraznym Sev. Evrazii, 17. Moscow. 13–45. (In Russian).
9. Morozov, V. V., & Aarvak, T. (2004). Zimovka piskulek, gnezdyashchikhsya na Polyarnom Urale // otv. red. E. E. Syroechkovskii (ml.). *Kazarka: byul. rabochei gruppy po guseobraznym Sev. Evrazii*, (10). Moscow. 156–162. (In Russian).
10. Morozov, V. V., & Syroechkovskii, E. E. (2002). Piskul'ka na rubezhe tsysyacheletii. *Kazarka: byul. rabochei gruppy po guseobraznym Sev. Evrazii*, (8). Moscow. 233–276. (In Russian).
11. Rozenfel'd, S. (2015). Kak vernut' monitoring vodoplavayushchei dichi? Innovatsionnye metody regulirovaniya vesennei okhoty po dannym mnogoletnego monitoringa na primere Yamalo-Nenetskogo avtonomnogo okruga. *Okhota*, 5(201). 76–84. (In Russian).
12. Rozenfel'd, S. B., & Strel'nikov, E. G. (2012). Inventarizatsiya i otsenka sostoyaniya mest migratsionnykh ostanovok piskul'ki na Nizhnei Obi. Moscow. 182–185. (In Russian).
13. Rozenfel'd, S. B., Solov'ev, M. Yu., Kirtaev, G. V., Rogova, N. V., & Ivanov, M. N. (2017). Otsenka prostranstvenno-biotopicheskogo raspredeleniya guseobraznykh ptits v Yamalo-Nenetskom i Khanty-Mansiiskom okruge (opyt ispol'zovaniya sverkhlegkoi aviatsii). *Zoologicheskii zhurnal*, 96(2). 201–221. (In Russian).
14. Romanov, A. A., & Pospelov, I. N. Vnutrikontinental'nye prostranstvennye svyazi piskulek (*Anser erythropus*) gomosubarkticheskikh regionov Tsentral'noi Palearktiki. *Ekologiya*, (1), 66–69.
15. Ryabitsev, V. K. (2014). Ptitsy Sibiri. Moscow. (In Russian).
16. *Anser erythropus*. (2018). In: *The IUCN Red List of Threatened Species*. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T22679886A132300164.en>
17. Lorentsen, S. H., Øien, I. J., & Aarvak, T. (1998). Migration of Fennoscandian lesser white-fronted geese *Anser erythropus* mapped by satellite telemetry. *Biological Conservation*, 84(1), 47–52. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(97\)00088-8](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(97)00088-8)
18. Morozov, V. V., Øien, I. J., & Aarvak, T. (2014). Satellite tracking of Lesser White-fronted Goose from the East-European tundra in Russia. *Norsk Ornitologisk Forening-Report*, 5, 1.
19. Morozov, V. V., Aarvak, T., & Øien, I. J. (2015). Satellite tracking of Lesser White-fronted Geese from the East-European tundra in Russia in 2014. *Norsk Ornitologisk Forening-Report*.
20. Morozov, V. V., Øien, I. J., & Aarvak, T. (2016). In: *Norsk Ornitologisk Forening, BirdLife Norway. Report 2*. 1–13.
21. Nankinov, D. (1992). Lesser White-fronted Goose (*Anser erythropus*) migration routes, wintering sites and conservation in Western Eurasia. *Gibier faune sauvage*, 9(SEP), 257–268.
22. Rozenfeld, S., & Strel'nikov, E. (2011). In: *Norwegian Ornithological Society, NOF-BirdLife Norway*. ed. by I. J. Øien. *Report 3*. 1–25.
23. Rozenfeld, S., Kirtaev, G., Soloviev, M., Rogova, N., & Ivanov, M. (2016). The results of autumn counts of Lesser White-fronted Goose and other geese species in the Ob valley and White-sea-Baltic flyway in September 2015. *Goose Bulletin*, 21, 12–32.
24. Rozenfeld, S. B., Kirtaev, G. V., Rogova, N. V., & Soloviev, M. Yu. (2019): In: *Nature Conservation Research*, 4(1). 1–8.
25. Markkola, J. (1998). The Finnish Lesser White-fronted Goose EU Life/Nature project 1997æ2000.
26. Tolvanen, P., Øien, I. J., & Ruokolainen, K. (1999). Lesser White-fronted Goose conservation project Annual report.
27. Øien, I. J., Aarvak, T., Ekker, M., & Tolvanen, P. (2005). Mapping of migration routes of the Fennoscandian Lesser White-fronted Goose breeding population with profound implications for conservation priorities. Conservation of Lesser White-fronted Goose on the European migration route. *Final report of the EU LIFE-Nature project, 2009*, 12–18.

Емцев А. А., Поргунёв А. В. Дополнительные сведения о миграционных остановках пискульки в Сургутском районе Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и проблема охраны вида // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2020. № 1. С. 98–103. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/15>

Emtsev, A. A., & Porgunov, A. V. (2020). Additional information about the lesser white-fronted goose migration stops in the Surgut district of the Khanty-Mansiysk autonomous okrug — Ugra and the problem of species conservation. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 98–103. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/15>

Е. Ю. Александровская, А. В. Синдирева, В. В. Иеронова

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕЙСТВИЯ СЕЛЕНА
В СИСТЕМЕ ПОЧВА–РАСТЕНИЕ В УСЛОВИЯХ
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

E. Ju. Aleksandrovskaia, A. V. Sindireva, V. V. Ieronova

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE ACTION OF
SELENIUM IN A SOIL-PLANT SYSTEM IN THE
CONDITIONS OF WESTERN SIBERIA

Аннотация. Селен выполняет в живом организме важную роль антиоксиданта. Но при этом часто отмечается дефицит его содержания в объектах окружающей среды. Поэтому важна разработка и оценка методов наиболее эффективного и экологически безопасного поступления необходимого количества данного элемента в организм человека, в том числе, с растительной пищей. В связи с этим перспективными представляются приемы обогащения растений данным микроэлементом, в частности, путем дополнительного внесения его соединений в почву или некорневого поступления. В ходе исследования проводилась экологическая оценка влияния селена на биометрические параметры, урожайность и качество растений яровой пшеницы. Объектами исследования была зерновая культура мягкая яровая пшеница сорта Памяти Азиева, микроэлемент селен, лугово-черноземная почва. Установлено преимущественно стимулирующее влияние Se на показатели роста и развития растений пшеницы и урожайность зерна. Выявлена прямая зависимость между увеличением вносимых доз селена и повышением его содержания в зерне пшеницы. Полученные результаты могут быть использованы в разработке оптимальных способов применения селенсодержащих микроудобрений в конкретных экологических условиях.

Ключевые слова: селен; микроэлементы; пшеница; растительный организм.

Abstract. Selenium plays an important antioxidant role in a living organism. At the same time, we often observe a deficit of selenium in natural environmental locations. Therefore, it is of great importance to elaborate and assess methods for the most efficient and environmentally safe intake of the necessary amount of this element in the human body with the consumption of vegetable food, among others. In this respect, the techniques of enriching plants with this microelement are promising. These techniques include additional introduction of selenium compounds into the soil and non-root intake. Our research consisted of an environmental assessment of the effect of selenium on biometric parameters, crop yield, and quality of spring wheat plants. Aziiiev soft spring wheat, selenium microelement, meadow chernozemic soil were the objects of our study. It was determined that Se has a predominantly stimulating effect on the growth and development of wheat plants and their crop yield. A direct correlation between an increase in the applied doses of selenium and an increase in its content in wheat grain was identified. The results of our study can be applied for the development of appropriate methods for the use of selenium-containing micro fertilizers in certain environmental conditions.

Key words: selenium, microelements, wheat, plant organism.

Сведения об авторах: Александровская Елена Юрьевна, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина, г. Омск, Россия, pleasureville@mail.ru; Синдирева Анна Владимировна, ORCID: 0000-0001-8596-7584, SPIN-код: 2564-7936, д-р биол. наук, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, sindireva72@mail.ru; Иеронова Виктория Викторовна, SPIN-код: 1703-0331, канд. биол. наук, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, vita17.8@mail.ru.

Information about authors: Aleksandrovskaia Elena Iurievna, P. A. Stolypin Omsk State Agrarian University, Omsk, Russia, pleasureville@mail.ru; Sindireva Anna Vladimirovna, ORCID 0000-0001-8596-7584, SPIN-code: 2564-7936, Dr. habil, Tyumen State University, Tyumen, Russia, sindireva72@mail.ru; Ieronova Viktoria Viktorovna, SPIN-code: 1703-0331, Ph.D., Tyumen State University, Tyumen, Russia, vita17.8@mail.ru.

Микроэлементы являются экзогенными химическими факторами, играющими значительную роль в таких жизненно важных процессах, как рост, размножение, крветворение, клеточное дыхание, обмен веществ и др. Микроэлементы образуют с белками организма специфические металлоорганические комплексные соединения, являющиеся регуляторами биохимических реакций. В случае аномаль-

ного содержания или нарушенного соотношения микроэлементов в окружающей среде и в организме человека могут развиваться нарушения с характерными клиническими симптомами, главным образом в связи с нарушением функций ферментов, в состав которых они входят или их активируют. В результате нарушения функционирования одной или нескольких ферментных систем, вызываемого тем или иным этиологическим фактором, блокируется нормальный ход соответствующих процессов обмена [1].

В условиях техногенной эволюции биосферы представляется необходимым всестороннее изучение особо опасных биогеохимических эндемий, вызываемых дефицитом, избытком или дисбалансом микроэлементов в среде, рационах и организме животных и человека. По мнению ряда исследований, наиболее опасны следующие биогеохимические провинции: с избытком – фтора, ртути, кадмия, меди, мышьяка, радионуклидов; с недостатком – селена, иода, кобальта и др. [7]. Одной из острых проблем является селенодефицит многих территорий.

Селен – «микроэлемент долголетия», очень важный для человеческого организма благодаря своим функциям. Необходимость микроэлемента селена для живых организмов на сегодняшний день не вызывает сомнений. В живом организме он выполняет функцию антиоксиданта. У человека и животных селен участвует в процессах детоксикации в печени, питании мышц, образовании кожи, волос, ногтей, роговицы глаз [3].

Дефицит селена в пищевых цепях, а вследствие этого, в организме человека, объясняется низким содержанием элемента в почве. В связи с этим необходима разработка мероприятий по увеличению содержания селена в системе почва–растение. С другой стороны, чрезвычайно высокое содержание селена в пище может вызвать интоксикацию. Поскольку зерновые культуры составляют основной рацион питания животных и человека, то возникает необходимость разработки методов и критериев оценки влияния селена на рост и развитие зерновых культур, урожайность и качество, а также установления оптимальных и токсических доз микроэлементов [3; 12].

В связи с этим была поставлена цель исследования: изучить влияние различных доз и способов применения Se на урожайность и качество мягкой яровой пшеницы сорта Памяти Азиева в условиях южной лесостепи Омской области.

Задачи: определить влияние селена на показатели роста и развития яровой мягкой пшеницы; установить влияние селена на урожайность зерна яровой мягкой пшеницы; определить оптимальный экологически безопасный способ внесения селена для получения высокой продуктивности зерна пшеницы; установить влияние селена на качество зерна пшеницы; оценить накопление селена в зерне яровой мягкой пшеницы.

Объекты, условия и методы проведения исследований

Объектами исследования были зерновая культура мягкая яровая пшеница Памяти Азиева, микроэлемент селен, лугово-черноземная почва.

Полевые опыты по оценке действия селена на урожайность и качество зерна яровой мягкой пшеницы закладывались в 2013–2015 гг. на опытном поле в Кизюринском саду Омского ГАУ.

Почвенный покров опытного участка, на котором заложен полевой опыт, представлен лугово-черноземной маломощной тяжелосуглинистой почвой. Глубина грунтовых вод 3–6 м. Содержание гумуса в пахотном слое 5,2%, pH = 6,8. В среднем перед посевом культурных растений содержание в почве нитратного азота было недостаточно, практически в два раза меньше оптимальной нормы, подвижного фосфора – чуть ниже оптимальных значений, содержание обменного калия превышало оптимальное значение. В связи с этим обогащение селеном проводили на фоне минеральных макроудобрений (Фон N₃₀P₆₀). Содержание селена составляло за годы исследований 0,2– 0,5 мг/кг.

В опыте использовали два способа применения селена: некорневое (опрыскивание зеленой массы перед фазой колошения) и основное внесение в почву перед посевом. Для опрыскивания использовали раствор селенита натрия в концентрациях 0,005; 0,01; 0,02%, для основного внесения дозы селена в составе селенита натрия составляли 9,12,15 кг/га. Расчет доз проводился согласно исследованиям А.В. Синдиревой [8].

В почву до посева вносились минеральные удобрения: азот в виде аммиачной селитры, фосфор – в виде суперфосфата. Посев проводился сеялкой ССФК-7М. Размер делянки 1 м², опыт проводился в шестикратной повторности. Фиксировались следующие фазы роста и развития растений: всходы, кущение, выход в трубку, колошение, цветение, созревание, молочая спелость, восковая спелость, полная спелость. В фазу колошения и полной спелости проводили биометрические измерения. Также растительный материал оставляли сушить для последующего определения Se и других макро- и микроэлементов. Качество зерна определяли по следующим показателям: клейковина, стекловидность, белок,

натура в ФГБНУ «Омский аграрный научный центр». Селен в почве и зерне определяли флюорометрическим методом в ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства».

Полученные экспериментальные данные обрабатывались по методу дисперсионного и корреляционного анализов по методике Б.А. Доспехова (1985).

Результаты исследований

Селен обнаружен практически во всех материалах земной коры. Его содержание в магматических породах редко превышает 0,05 мг/кг. В осадочных породах он связан с глинистой фракцией, и поэтому наименьшие его концентрации отмечаются в песчаниках и известняках.

Селен в почвах представлен селенидами (Se^{2-}), элементарным селеном (Se^0), селенитами (SeO_3^{2-}), селенатами (SeO_4^{2-}) и органическими соединениями, преимущественно в окисленной форме (белки и аминокислоты). За последние 100 лет содержание селена в почве существенно снизилось. Во многих регионах наблюдается дефицит селена в почве и, как следствие, дефицит его в растениях [4; 5; 8; 11]. Исследования показали, что при внесении микроэлемента в почву в исследуемых дозах наблюдается значительное повышение его содержания в почве (табл. 1).

Таблица 1

Содержание селена в лугово-черноземной почве (слой 0–30 см) при его основном внесении

Вариант	Содержание селена, мг/кг
Фон (Ф) ($\text{N}_{30}\text{P}_{60}$)	0,46±0,05
Ф+Se 9 кг/га	5,6±0,9
Ф+Se 12 кг/га	6,9±1,5
Ф+Se 15 кг/га	8,2± 1,9

Таким образом, за счет дополнительного внесения селена в почву меняется её химический состав, что в дальнейшем способствует накоплению микроэлемента в системе почва–растение, изменению качества и продуктивности растений. При этом действие селена может быть как положительным, так и отрицательным в зависимости от дозы его поступления.

В настоящее время остается практически не исследованной и другая очень важная проблема – изучение механизмов действия селена на продуктивность, а также на физиологические и биохимические процессы основных сельскохозяйственных культур, таких как, например, пшеница. Выяснение биологических эффектов селена, особенно его защитного действия, исключительно важно для России, обширные территории которой имеют неблагоприятные условия для производства зерновых культур. Наибольший негативный эффект на растения оказывает засуха, которая охватывает практически всю территорию страны и случается не реже одного раза в 3–4 года [9]. Логично допустить, что в растениях, так же как и в животных, селен обладает защитным эффектом, который может реализоваться через функционирование селенобелков, в частности, защитных селенопероксидаз.

Биометрические показатели дают возможность более детально установить, за счет каких показателей получается суммарный эффект, оцениваемый величиной конечного урожая. Большая роль в этом отношении принадлежит учету некоторых показателей роста и развития растения в течение вегетационного периода. Влияние селенита на изменение биометрических показателей яровой пшеницы сорта Памяти Азиева в фазу колошения в среднем за 2013–2015 гг. представлены в таблице 2.

Таблица 2

Биометрические показатели яровой пшеницы сорта Памяти Азиева, фаза колошения (в среднем за 2013–2015 гг.)

Вариант	Масса растения, г	Масса колоса, г	Длина колоса, см	Высота растения, см
Фон (Ф) $\text{N}_{30}\text{P}_{60}$	5,36	0,96	8,32	54,8
Ф+опр.Se 0,005%	5,94	1,37	8,84	60,2
Ф+опр.Se 0,01%	6,12	1,22	8,54	62,0
Ф+опр.Se 0,02%	6,22	1,21	8,08	62,4
Ф+Se9 кг/га	5,83	0,99	8,34	58,0
Ф+Se12 кг/га	6,12	1,36	8,52	60,0
Ф+Se15 кг/га	6,10	1,13	8,70	62,6
НСР 05	0,3	0,04	0,4	4,5

Согласно данным таблицы, отмечается положительное влияние селена на показатели роста и развития яровой пшеницы на стадии колошения при всех вариантах. Биометрические показатели на вариантах с применением селена, как при внесении в почву, так и при некорневой обработке, досто-

верно превышают уровень фона. В то же время достоверных различий между вариантами не установлено. Таким образом, можно предположить, что селен, обладая защитным действием, повышая устойчивость растений к неблагоприятным факторам, стимулирует показатели роста растений яровой мягкой пшеницы в процессе вегетации.

Влияние селенита на изменение биометрических показателей яровой пшеницы сорта Памяти Азиева в фазу полной спелости в среднем за 2013–2015 гг. представлено в таблице 3.

Таблица 3

Биометрические показатели яровой пшеницы сорта Памяти Азиева, фаза полной спелости (в среднем за 2013–2015 гг.)

Вариант	Масса растения, г	Масса колоса, г	Длина колоса, см	Высота растения, см
Фон (Ф) N ₃₀ P ₆₀	3,21	1,45	7,47	77,2
Ф+опр.Se 0,005%	3,72	1,75	7,73	80,3
Ф+опр.Se 0,01%	4,14	2,00	7,81	81,0
Ф+опр.Se 0,02%	3,38	1,70	7,69	77,3
Ф+Se9 кг/га	4,54	2,20	8,13	82,1
Ф+Se12 кг/га	3,71	2,03	8,07	79,7
Ф+Se15 кг/га	3,80	2,00	7,91	77,8
НСР 05	0,4	0,03	0,4	4,3

Исходя из обобщенных данных за 2013–2015 гг. для фазы полной спелости яровой пшеницы сорта Памяти Азиева, лучшим вариантом являлся внесение «фон + Se 9 кг/га» и опрыскивание с концентрацией 0,01%. Влияние микроэлементов на процессы роста и развития яровой пшеницы сорта Памяти Азиева в течение вегетации находит отражение в изменении урожайности. Различные способы применения микроэлемента и особенности накопления определяют интенсивность поступления микроэлемента в растения и, как следствие, влияют на рост и развитие, а в итоге – на урожайность сельскохозяйственных культур. Следовательно, различное содержание селена в растениях может оказывать значительное влияние на продукционный процесс в растительном организме, оказывая как положительное, стимулирующее, так и токсическое действие (табл. 4).

Таблица 4

Влияние селена на урожайность зерна яровой мягкой пшеницы сорта Памяти Азиева (в среднем за 2013–2015 гг.)

Вариант	Зерно		
	Урожайность зерна, кг/м ²	Прибавка	
		кг/м ²	%
Фон (Ф) N ₃₀ P ₃₀	0,22	–	–
Ф+опр.Se 0,005%	0,26	0,04	18,2
Ф+опр.Se 0,01%	0,28	0,06	27,3
Ф+опр.Se 0,02%	0,25	0,03	13,6
Ф+Se9 кг/га	0,27	0,05	22,7
Ф+ Se12 кг/га	0,24	0,02	11,7
Ф+ Se15 кг/га	0,22	0	0
НСР 05	0,03		

Из данных таблицы 4 видно, что максимальная урожайность зерна яровой пшеницы отмечалась на варианте с опрыскиванием «фон + опр. Se 0,01%», при этом урожайность превышала уровень фона на 27,3%. При основном внесении лучший результат при оценке урожайности зерна отмечался на варианте «фон + Se 9 кг/га». При этом прибавка составила 22,7% по сравнению с уровнем фона. Таким образом, влияние селена на урожайность яровой мягкой пшеницы зависело от физиологического действия самого элемента, дозы и способа его применения.

В условиях крайне напряженной экологической ситуации, сложившейся во многих регионах страны, повышение продуктивности растениеводства должно быть неразрывно связано с контролем качества получаемой сельскохозяйственной продукции [10]. Качество продуктов растениеводства – понятие очень многостороннее. Микроэлементы, поступаая из почвы в растения, влияют на протекание биохимических реакций, изменяя содержание в растении необходимых для жизнедеятельности веществ. Однако избыточное поступление химических элементов может стать причиной накопления в растении веществ, опасных для здоровья человека и животных. Следовательно, изучение влияния селена на основные показатели качества сельскохозяйственных культур представляет практический интерес (табл. 5).

Таблица 5

Основные показатели качества зерна пшеницы сорта Памяти Азиева

Вариант	Масса 1000 зерен, г	Стекловидность, %	Натура, г/л	Белок, %	Клейковина	
					%	ИДК
Фон (Ф)N ₃₀ P ₃₀	30,5	62,5	745,0	16,0	28,7	88,5
Ф+опр.Se 0,005%	36,6	67,0	745,0	16,0	28,3	83,0
Ф+опр.Se 0,01%	37,4	64,0	758,0	16,8	28,7	84,5
Ф+опр.Se 0,02%	34,7	65,0	752,0	15,8	29,3	81,0
Ф+Se9 кг/га	32,3	60,0	746,0	16,4	27,2	77,5
Ф + Se12 кг/га	32,1	66,5	739,0	16,2	28,9	86,0
Ф + Se15 кг/га	34,5	68,0	740,0	16,6	28,4	85,0

Качество зерна зависит от большого количества факторов. Их можно разделить на две группы: первая – факторы, на которые воздействовать не представляется возможным (погодно-климатические условия вегетационного сезона), и вторая – факторы, которыми можно управлять (питание растений, защита растений от вредителей, болезней и сорняков и качественная доработка зерна). Согласно обобщенным данным, селен оказал неоднозначное влияние на показатели качества зерна. Во многом изменение показателей качества сопряжено с накоплением селена в зерне яровой мягкой пшеницы, поскольку влияние микроэлемента на процессы метаболизма в растительном организме доказано множеством исследований. При применении микроудобрений увеличивается скорость протекания процессов развития организма, следовательно, растения лучше реализуют свои возможности. Это способствует улучшению биометрических показателей растения, приводит к повышению урожая зерновых культур и улучшению его качества.

Накопление микроэлементов в пищевых продуктах растительного происхождения происходит в зависимости от вида почвы, ее физических свойств и химического состояния, географического расположения района, климатических условий, от вида, сорта и стадии вегетации растений, применяемых удобрений, источников орошения и других факторов.

В связи с негативным влиянием избыточных количеств селена, поступивших с растительной пищей в живой организм, возникает необходимость проводить контроль питания растений по химическому анализу. Исследования показали значительное накопление селена в зерне яровой пшеницы при дополнительном его применении [2]. При непосредственном внесении селена в почву, так же как и при опрыскивании, наблюдается прямая зависимость между дозой внесения и содержанием селена в зерне (рис.).

Селен, накапливаясь в продукции растениеводства, поступает по пищевой цепи в организм человека и животных, вызывая как положительные, так и негативные последствия. Накопление селена в растениеводческой продукции может решить проблему селенодефицита, при этом зерно яровой мягкой пшеницы, обогащенной селеном, может быть хорошим и безопасным источником микроэлемента для населения селендефицитных регионов. В то же время в ряде исследований [8] показано, что кормление животных растениями, содержащими селен в дозах свыше 5 мг/кг, вызывает развитие воспалительных и дегенеративных процессов в местах первичного попадания селена, в частности, в тканях печени и почек. В связи с этим корма, выращенные на вариантах «Ф+опр.Se 0,02%» и «Ф+ Se15 кг/га», могут быть токсичны при потреблении их в пищу.

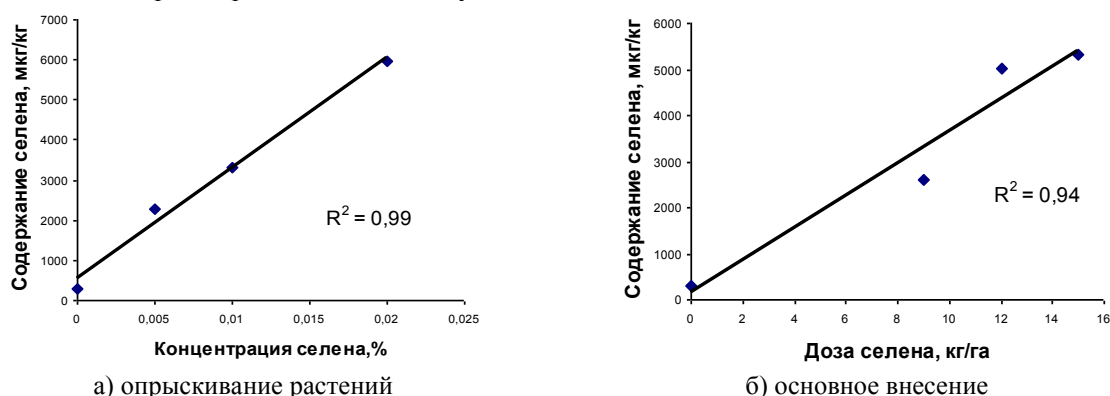


Рис. Зависимость содержания селена в зерне яровой мягкой пшеницы от дозы его поступления

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно судить об эффективности применения селена под зерновые культуры. Наиболее эффективным и в то же время экологически безопасным способом внесения является опрыскивание растений раствором селенита натрия (наилучшие результаты выявлены при концентрации раствора 0,01%) и внесение в почву в дозе 9 кг/га. При внесении селена в более высоких дозах существует опасность накопления избытка микроэлемента в системе почва–растение, что может рассматриваться уже как фактор загрязнения окружающей среды. Поэтому применение селена при обогащении сельскохозяйственных культур должно проводиться под строгим научным контролем.

Выводы

Влияние селена на рост и развитие яровой мягкой пшеницы сорта Памяти Азиева зависит от фазы развития растения, дозы и способа его применения. В целом селен оказывал стимулирующее влияние на основные показатели роста и развития культуры.

В условиях проведенного исследования (2013–2015 гг.) максимальное положительное влияние на урожайность зерна яровой мягкой пшеницы Памяти Азиева оказала некорневая подкормка селеном с концентрацией 0,01%, прибавка в среднем составила 27,3% по сравнению с фоном.

Установлено влияние селена на такие показатели качества зерна яровой мягкой пшеницы, как масса 1000 зерен, стекловидность, натура зерна, содержание белка и клейковины.

С увеличением дозы применения селена происходит повышение содержания его в зерне яровой мягкой пшеницы Памяти Азиева.

Определена прямая сильная связь между поступлением селена и его содержанием в лугово-черноземной почве и в зерне яровой мягкой пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авцын А. П., Жаворонков А. А., Риш М. А., Строчкова Л. С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология. М.: Медицина. 1991.
2. Александровская Е. Ю., Синдирева А. В., Голубкина Н. А., Чуянова Г. И., Серебренникова А. А. Влияние селена на урожайность и показатели качества зерна яровой мягкой пшеницы в условиях южной лесостепи Омской области // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. № 1(21). С. 98–104.
3. Голубкина Н. А., Папазян Т. Т. Селен в питании: растения, животные, человек. М., 2006.
4. Голубкина Н. А., Синдирева А. В., Зайко О. А., Алфтан Г. Селеновый статус Омской области // Сибирский экологический журнал. 2012. № 3. С. 389–396.
5. Голубкина Н. А., Синдирева А. В., Зайцев В. Ф. Внутрирегиональная вариабельность селенового статуса населения // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 1. С. 107–127. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-107-127>
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследования). М.: Агропромиздат, 1985.
7. Ермаков В. В. Значение биогеохимических циклов макро-и микроэлементов в связи с техногенной эволюцией живого вещества // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2008. № 4. С. 13–15.
8. Синдирева А. В. Критерии и параметры действия микроэлементов в системе «почва – растение – животное»: Дис. ... д-ра биол. наук. Омск, 2012.
9. Усубова Е. З. Аккумуляция селена и его влияние на эпифитную микрофлору и продуктивность фасоли: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2012.
10. Черных Н. А., Ладонин В. Ф. Вопросы нормирования содержания тяжелых металлов в почве // Химия в сельском хозяйстве. 1995. № 5. С. 10–13.
11. Combs G. F. Selenium in global food systems // British journal of nutrition. 2001. Vol. 85. № 5. P. 517–547. <https://doi.org/10.1079/BJN2000280>
12. Fairweather-Tait S. J., Bao Y., Broadley M. R., Collings R., Ford D., Hesketh J. E., Hurst R. Selenium in Human Health and Disease // Antioxidants & redox signaling. 2011. Vol. 14. № 7. P. 1337–1383. <https://doi.org/10.1089/ars.2010.3275>

REFERENCES

1. Avtsyn, A. P., Zhavoronkov, A. A., Rish, M. A., & Strochkova, L. S. (1991). Mikroelementozy cheloveka: etiologiya, klassifikatsiya, organopatologiya. Moscow. (In Russian)
2. Alexandrovskaya, E. Yu., Sindireva, A. V., Golubkina, N. A., Chuyanova, G. I., & Serebrennikova, A. A. (2016). Vliyanie selena na urozhainost' i pokazateli kachestva zerna yarovoi myagkoi pshenitsy v usloviyakh yuzhnoi lesostepi Omskoi oblasti [Effect of selenium on yield of soft spring wheat and indicators of grain quality in the southern forest-steppe conditions of the Omsk region]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Omsk State Agrarian University]*, 1(21)). 98-104. (In Russian)
3. Golubkina, N. A. & Papazyan, T. T. (2006). Selenium in nutrition: plants, animals, people. Moscow. (In Russian)
4. Golubkina, N. A., Sindireva, A. V., Zaiko, O. A., & Alfthan, G. (2012). Selenium status of Omsk oblast. *Contemporary Problems of Ecology*, 5(3), 389-396. (In Russian)
5. Golubkina, N. A., Sindireva, A. V., & Zaitsev, V. F. (2017). Interregional Variability of the Human Selenium Status. *South of Russia: ecology, development*, 12(1).107-127. (In Russian) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2017-1-107-127>. (In Russian)

6. Dospekhov, B. A. (1985). Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya). Moscow. (In Russian)
7. Ermakov, V. V. (2008). Znachenie biogeokhimiicheskikh tsiklov makro-i mikroelementov v svyazi s tekhnogennoi evolyutsiei zhivogo veshchestva. *Problemy biogeokhimii i geokhimiicheskoi ekologii*, (4). 13-15. (In Russian)
8. Sindireva, A. V. (2012). Kriterii i parametry deistviya mikroelementov v sisteme "pochva – rastenie – zhivotnoe": Dis. ... d-ra biol. nauk. Omsk. (In Russian)
9. Usubova, E. Z. (2012). Akkumulyatsiya selena i ego vliyanie na epifitnyuyu mikrofloru i produktivnost' fasoli: Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Krasnoyarsk. (In Russian)
10. Chernykh, N. A., & Ladonin, V. F. (1995). Voprosy normirovaniya sodержaniya tyazhelykh metallov v pochve. *Khimiya v sel'skom khozyaistve*, 5, 10-13. (In Russian)
11. Combs, G. F. (2001). Selenium in global food systems. *British journal of nutrition*, 85(5), 517-547. <https://doi.org/10.1079/BJN2000280>
12. Fairweather-Tait, S. J., Bao, Y., Broadley, M. R., Collings, R., Ford, D., Hesketh, J. E., & Hurst, R. (2011). Selenium in Human Health and Disease. *Antioxidants & redox signaling*, 14(7), 1337-1383. <https://doi.org/10.1089/ars.2010.3275>

Александровская Е. Ю., Синдирева А. В., Иеронова В. В. Экологическая оценка действия селена в системе почва-растение в условиях Западной Сибири // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 104–110. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/16>

Aleksandrovskaia, E. Ju., Sindireva, A. V., & Ieronova, V. V. (2020). Ecological assessment of the action of selenium in a soil-plant system in the conditions of Western Siberia. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 104–110. (In Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/16>

дата поступления: 16 мая 2019 г.

дата принятия: 10 октября 2019 г.

© Александровская Е.Ю., Синдирева А.В., Иеронова В.В.

УДК 504.3.054 (1/9); 504.3.064 (1/9)

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/17>

Т. А. Мещурова

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРОДАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

T. A. Meshchurova

ASSESSMENT OF AIR POLLUTION IN THE CITIES OF PERM REGION

Аннотация. Выбросы химических веществ от стационарных и передвижных источников в атмосферный воздух современных городов оказывают вредное влияние на население, способствуя росту заболеваемости и смертности, причиняют ущерб природной среде. В Пермском крае в атмосферу от промышленных источников поступает около 360 видов химических веществ. Основными источниками загрязнения воздушной среды являются химическая промышленность, добыча топливно-энергетических полезных ископаемых, металлургическая промышленность, электроэнергетика, транспорт. Целью данного исследования явилась оценка загрязнения воздуха городов Пермского края. В работе использовались материалы Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, размещенные в ежегодных экологических докладах. Установлено, что основной объем выбросов наиболее распространенных загрязняющих веществ от стационарных источников составляют жидкие и газообразные вещества. Ведущим компонентом являются углеводороды, как результат деятельности предприятий трубопроводного транспорта. На втором месте по величине – оксид углерода, образующийся в процессе сжигания различных видов топлива. Отмечена тенденция увеличения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу с 2014 г. по 2018 г. при стабильном росте выброса от передвижных источников. Оценка

Abstract. The chemicals emitted from stationary and mobile sources into the air in cities have a harmful effect on the population, contributing to the growth of morbidity and mortality and disturbing the natural environment. In Perm Krai, Russia, industrial facilities discharge about 360 chemicals into the air. The airborne pollution mostly comes from chemical industry, oil and minerals extraction, metallurgical industry, power generation, and transport. This study focused on the assessment of airborne pollution in the cities of Perm Krai. The study used data of the Perm Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring, published in annual environmental reports. It was found that the main pollutant emissions from stationary sources are liquid and gaseous substances. The most common emission components are hydrocarbons coming from pipeline transportation facilities. The second most common substance is carbon monoxide emitted by combustion of various fuels. Gross pollutant emissions tended to increase from 2014 to 2018, with a steady

загрязнения воздуха производилась по критерию комплексного индекса загрязнения атмосферы, учитывающему несколько примесей, вносящих наибольший вклад в загрязнение атмосферы (в текущем году). Проводился анализ результатов мониторинга в Березниках, Губахе, Краснокамске, Лысьве, Перми, Соликамске и Чайковском. Представлена динамика значений индекса загрязнения атмосферы за период 2008–2018 гг. в городах Пермского края. Сравнительный анализ показал, что самая большая величина индекса («очень высокая») наблюдалась в г. Соликамске в 2012 г. Наименьшая величина отмечена в г. Чайковском. За последние 6 лет замечена тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха по данному критерию во всех наблюдаемых городах. Возможно, это связано с применением наилучших доступных технологий на предприятиях (по производству продукции, по очистке выбросов) и частично с сокращением некоторых технологических линий. Проведено исследование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в ряде городов Пермского края за 2008–2018 гг. Установлено, что наибольшую экологическую нагрузку от выбросов стационарных источников испытывают города, где сосредоточены крупные промышленные предприятия: Пермь, Березники, Лысьва, Соликамск. Отмечен рост выбросов летучих органических соединений и диоксида серы от стационарных источников с 2016 по 2018 гг. Степени загрязнения в градации «высокая» и «очень высокая» за период с 2013 по 2018 гг. в промышленных городах Пермского края не наблюдались.

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха; выбросы; стационарные и передвижные источники; мониторинг; Пермский край; критерий комплексного индекса загрязнения атмосферы.

Сведения об авторе: Мешурова Татьяна Александровна, ORCID: 0000-0003-2987-2198, канд. биол. наук, Уральский государственный научно-исследовательский институт региональных экологических проблем, г. Пермь, Россия, tmeshurova@mail.ru.

About the authors: Meshchurova Tatiana Alexandrovna, ORCID: 0000-0003-2987-2198, Ph.D., Ural Research Institute of Ecology, Perm, Russia, tmeshurova@mail.ru.

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха является одной из самых серьезных экологических проблем современных городов. Оно оказывает вредное влияние на население, способствуя росту заболеваемости и смертности. Воздействие загрязненного воздуха, в том числе посредством сухих и влажных выпадений, причиняет ущерб природной среде: лесам, зеленым насаждениям, водным объектам, почвам. В 89% городов России отмечается превышение санитарно-гигиенических нормативов загрязнения атмосферного воздуха [24]. Особо актуален выбор приоритетов для защиты благополучия человека на основе анализа связей «среда обитания – здоровье», а именно зависимости здоровья населения от техногенного загрязнения воздушного пространства.

На человека, проживающего в промышленном районе, потенциально может воздействовать до нескольких сотен химических компонентов [4]. Большое количество исследований показало, что экологически неблагоприятная воздушная среда создает риск развития заболеваний населения, особенно детского, и в первую очередь со стороны органов дыхания [6–10; 15–17; 19; 20; 27; 28; 30–32; 35;37]. Отмечено возрастание вероятности развития аллергического ринита, патологии лимфоидной ткани носоглотки и нарушений пищеварительной системы при аэрогенном воздействии бензола, фенола, формальдегида, взвешенных веществ у детей разного возраста [17]. Выявлено истощение потенциала иммунной системы у детского населения, проживающего в условиях загрязнения атмосферного воздуха алюминием [6; 39] и другими металлами [7]. Установлено, что загрязнение атмосферного воздуха (взвешенными веществами, оксидом и диоксидом азота, диоксидом серы) отражается, прежде всего, на морфофункциональном состоянии органов дыхания и влияет на частоту возникновения различных за-

growth of emissions from mobile sources. Airborne pollution was assessed by the comprehensive air quality index, taking into account several substances that make the largest contribution to airborne pollution (this year). The monitoring results from Berezniki, Gubakha, Krasnokamsk, Lysva, Perm, Solikamsk and Tchaikovsky were analyzed. The paper presents the dynamics of air quality index in these cities from 2008 to 2018. The highest index value ('very high') was observed in Solikamsk in 2012; the lowest index value, in Tchaikovsky. The airborne pollution in these cities showed a tendency to decrease over the past six years, possibly, due to the use of more advanced emissions cleaning technologies and the decommissioning of some industrial facilities. The cities that have large industrial companies, such as Perm, Berezniki, Lysva and Solikamsk, experience the greatest environmental burden from stationary sources. Emissions of volatile organic compounds and sulfur dioxide from stationary sources increased from 2016 to 2018, although neither 'high', nor 'very high' pollution was observed in the cities of Perm Krai from 2013 to 2018.

Key words: air pollution; stationary emissions source; mobile emissions source; environmental monitoring; comprehensive air quality index.

болеванний [13; 14; 33]. Доказано обострение хронических нарушений органов дыхания, астмы при высоком уровне оксида серы (IV) [2; 38] и других загрязняющих веществ в воздухе [17].

Установлена зависимость между уровнем заболеваемости органов дыхания и загрязнением атмосферы в результате выбросов химических веществ от стационарных и передвижных источников [4; 5; 12; 16]. Учеными описано негативное воздействие загрязнения вредными веществами воздуха на животных, растения, почву. Отмечено токсическое, аллергенное, возможное мутагенное и канцерогенное действие формальдегида (на примере животных и человека) [9; 17]. При воздействии на растения диоксида серы отмечается появление белесых пятен, некротических полос на листьях, обесцвечивание хлорофилла, приводящее к пожелтению листьев, снижение продуктивности, замедление роста. SO₂ отчасти способствует подкислению почвы [1]. Осаждение вредных химических веществ атмосферного воздуха (от транспорта, котельных, работающих на твердом и жидком топливе, при сжигании мусора) может приводить к нарушению продуктивных земель [35]. В одной из работ [31] показано негативное действие тяжелых металлов, которые попадают в атмосферу из антропогенных источников и загрязняют воду, почву, могут накапливаться в растениях и в организме человека и животных.

Проблема мониторинга состояния воздушного бассейна и охраны здоровья населения промышленных городов, сформированных вокруг крупных градообразующих предприятий, требует особого внимания.

Загрязнение атмосферного воздуха является значительным и постоянным фактором воздействия на сердечно-сосудистую, дыхательную, иммунную системы организма человека. В Пермском крае в последние годы наблюдается рост показателя заболеваемости органов дыхания взрослого и детского населения. Ведущее место в структуре первичной заболеваемости взрослого населения в 2018 г. занимали болезни органов дыхания – 34% [25; 26]. На протяжении ряда лет в атмосферном воздухе территорий городов края фиксируются превышения предельно допустимых концентраций вредных веществ: формальдегида, этилбензола, фенола, диоксида азота, ксилола, хлорида водорода, взвешенных веществ и других опасных компонентов. В г. Перми в 2018 г. отмечены случаи превышения ПДК среднесуточных концентраций металлов в атмосфере (марганца, меди, свинца). С каждым годом в Пермском крае увеличивается общее количество источников выбросов загрязняющих веществ и число единиц автотранспорта [26].

Основными источниками загрязнения воздушной среды в Пермском крае являются химическая промышленность, добыча топливно-энергетических полезных ископаемых, металлургическая промышленность, электроэнергетика, транспорт. В атмосферный воздух от промышленных источников поступает около 360 видов химических веществ, в том числе 30 веществ I класса опасности. Выбросы предприятий г. Краснокамска и Осенцовского промузла при определенных метеоусловиях накладываются на выбросы предприятий г. Перми и приводят к повышению уровня загрязнения воздуха [24].

Принимая во внимание большое количество выбросов вредных веществ в атмосферу, их влияние на человека и окружающую среду, рост заболеваемости органов дыхания населения, целью настоящего исследования явилась оценка загрязнения воздуха городов Пермского края.

Материалы и методы

В работе использовались материалы Пермского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, информация из докладов о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2012–2018 гг. Сеть мониторинга загрязнения атмосферы в Пермском крае состоит из 14 станций регулярных наблюдений в 4 городах. Контроль осуществляется в 7 пунктах Перми, на 3 станциях Соликамска и на 2 – в Березниках и Губахе [24]. Кроме того мониторинг загрязнения атмосферного воздуха производится на 1 стационарном посту в гг. Краснокамске, Лысьве, Чайковском [24]. Исследовалась динамика выбросов распространенных загрязняющих атмосферу веществ от стационарных источников в Пермском крае в 2015–2018 гг.

Оценка загрязнения воздуха осуществлялась с использованием критерия комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА), учитывающего несколько примесей, вносящих наибольший вклад в загрязнение атмосферы (в текущем году). Рассчитывается ИЗА по специальной формуле, которая учитывает среднегодовую концентрацию загрязняющего вещества, его среднесуточную предельно допустимую концентрацию и коэффициент, зависящий от степени вредности загрязняющего вещества. Проводилось сравнение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников ряда городов Пермского края (Пермь, Березники, Соликамск, Губаха, Кунгур, Лысьва, Кудымкар) за период 2008–2018 гг.

Результаты и обсуждение

Наибольший «вклад» в загрязнение атмосферы Пермского края (82,9% от общей массы выбросов) в 2017–2018 гг. внесли предприятия с видом экономической деятельности: «добыча полезных ископаемых», «транспорт и связь» и «обрабатывающие производства». Среди 14 субъектов Приволжского федерального округа Российской Федерации Пермский край по уровню антропогенного воздействия на окружающую среду в 2017–2018 гг. занимал 12 место [24–26].

По материалам Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Пермскому краю [24–26] наиболее распространенными загрязняющими атмосферу от стационарных источников, являются вещества, выбросы которых за 2015–2018 гг. представлены в таблице 1. Из нее следует, что основной объем выбросов составляют жидкие и газообразные вещества, ведущим компонентом в выбросах загрязняющих веществ являются углеводороды, как результат деятельности предприятий трубопроводного транспорта.

На втором месте – оксид углерода, образующийся в процессе сжигания различных видов топлива. С 2016 по 2018 гг. возросла величина выбросов диоксида серы и летучих органических соединений.

Таблица 1

Величина выбросов распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников в Пермском крае в 2015–2018 гг.

Загрязняющее вещество	Величина выбросов по годам, тыс. т			
	2015	2016	2017	2018
Всего	298,6	308,9	310,841	292,773
В том числе:				
твердые вещества	15,4	13,9	14,603	11,665
газообразные и жидкие вещества	283,2	295,0	296,238	292,773
из них:				
диоксид серы	8,4	8,0	8,917	10,532
оксиды азота	38,9	39,9	44,004	40,277
оксид углерода	67,1	70,3	68,733	67,773
углеводороды (без ЛОС)	113,7	124,8	121,759	105,229
летучие органические соединения (ЛОС)	52,4	49,5	50,390	54,885
прочие	2,7	2,5	2,435	2,412

Рост валового выброса наиболее распространенных загрязняющих веществ в атмосферный воздух Пермского края от стационарных источников прослеживается до 2017 г., в 2018 г. произошло его уменьшение (табл. 1). Однако в последние годы наблюдается тенденция увеличения валового выброса загрязняющих веществ в атмосферу с 581,9 тыс. т/год в 2014 г. до 658,1 тыс. т/год в 2018 г. при стабильном росте выброса от передвижных источников [25].

Оценка загрязнения воздуха проводилась с использованием критерия комплексного индекса загрязнения атмосферы (ИЗА). Этот индекс характеризует уровень длительного, хронического загрязнения воздуха. В зависимости от полученных значений комплексного ИЗА степень загрязнения оценивается как [25; 26]: «низкая» при ИЗА = 5; «повышенная» – ИЗА = 5–6; «высокая» – ИЗА = 7–13; «очень высокая» – ИЗА ≥ 14.

Многими исследователями установлено, что с увеличением уровня ИЗА возрастает количество случаев злокачественных новообразований [1; 4; 11; 18; 34].

В таблице 2 приведены значения ИЗА по 7 промышленным городам Пермского края за период с 2008 по 2018 гг. По результатам таблицы повышенный уровень загрязнения атмосферы имели города Березники, Губаха, Краснокамск, Пермь, Соликамск в 2017 г., в 2018 г. только г. Пермь. В 2016–2018 гг. более «чистыми» городами можно считать Лысьву и Чайковский, более загрязненными – Березники, Соликамск, Пермь, Краснокамск.

Сравнительный анализ показал, что самая большая величина критерия комплексного индекса загрязнения атмосферы наблюдалась в г. Соликамске в 2012 г. Наименьшая величина ИЗА отмечена в г. Чайковский в 2009, 2016 гг. В 2012 г. в г. Соликамске степень загрязнения атмосферы была очень высокая, в Березниках – высокая. В г. Перми с 2008 по 2012 гг. уровень загрязнения оценивался как высокий, с 2013 по 2016 гг. степень загрязнения была низкая, затем в 2017 г. и 2018 г. характеризуется как повышенная (табл. 2).

В г. Губахе наблюдалась повышенная степень загрязнения атмосферного воздуха в период с 2008 по 2012 гг., в 2013–2018 гг. она характеризуется как низкая (табл. 2).

Динамика значений ИЗА за период 2008–2018 гг. в городах Пермского края представлена на рисунке 1. До 2013 г. самыми загрязненными городами были Соликамск, Пермь, Березники. За последние 6 лет замечена тенденция к снижению уровня загрязнения воздуха по критерию ИЗА во всех наблюдаемых городах (рис. 1).

Таблица 2

Значения ИЗА по городам Пермского края за период 2008–2018 гг.

Города	Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) по годам										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Березники	6,1	7,0	8,0	6,2	10,6	5,0	4,0	5,0	6,0	5,0	4,0
Губаха	7,1	6,1	6,4	6,0	6,2	4,0	3,8	3,0	4,0	4,8	4,0
Краснокамск	3,9	3,4	5,2	5,3	6,3	5,3	5,3	5,4	5,8	5,2	4,0
Лысьва	4,5	5,5	4,7	3,6	4,5	4,0	4,2	3,9	3,5	4,0	3,5
Пермь	9,6	7,9	8,6	10,0	9,4	4,0	3,2	4,0	4,0	5,0	5,0
Соликамск	10,8	11,4	13,9	8,2	16,0	5,0	4,0	4,0	4,0	5,0	4,0
Чайковский	4,6	2,3	2,9	2,5	2,4	2,7	2,5	2,8	2,3	2,7	2,9

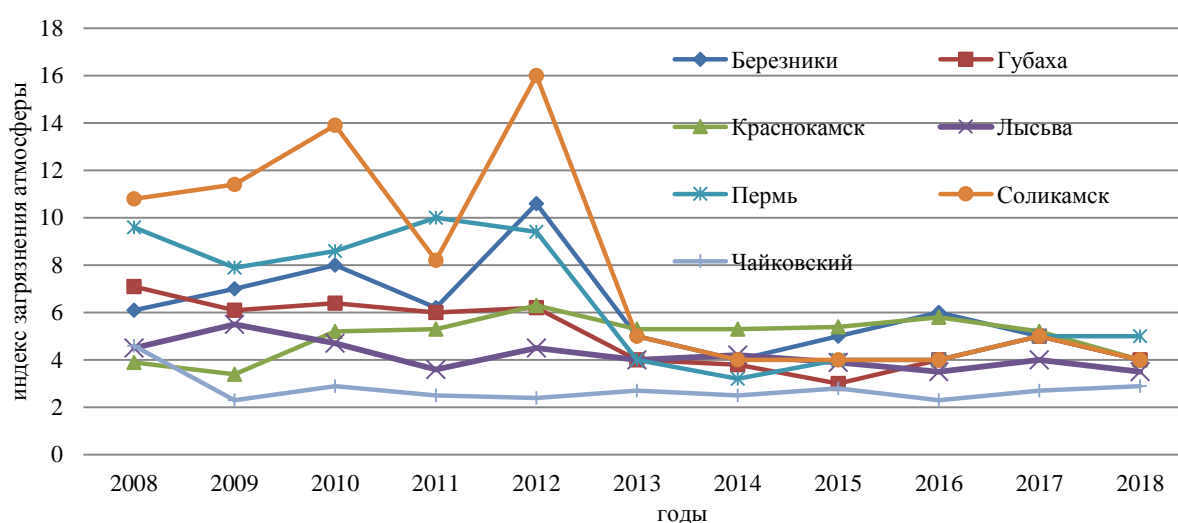


Рис. 1. Изменение ИЗА за период 2008–2018 гг. в городах Пермского края

По результатам наблюдений за степенью загрязнения атмосферы в Пермском крае в 2018 г. критерий ИЗА оценивался как повышенный только в г. Перми (самыми загрязненными являются Мотовилихинский и Ленинский районы), а в гг. Соликамск, Березники, Губаха, Краснокамск, Чайковский, Лысьва – как низкий [25].

Возможно, изменения величины критерия комплексного индекса загрязнения атмосферы (уменьшение) в промышленных городах Пермского края связаны с применением наилучших доступных технологий на предприятиях (по производству продукции, по очистке выбросов) и частично с сокращением некоторых технологических линий.

В докладах о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2016, 2017, 2018 гг. сообщается, что на промышленных предприятиях проводились различные виды воздухоохраных мероприятий по снижению выбросов в атмосферу (работы по совершенствованию технологических процессов, по повышению эффективности действующих очистных установок и др.) [21–26].

В связи с тенденцией роста валового выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух Пермского края нами проводилось сравнение выбросов в атмосферу от стационарных источников в ряде городов. Использовали данные из ежегодных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Пермского края [21–26]. В таблице 3 они представлены по 7 городам Пермского края за период 2008–2017 гг.

Исследование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в Пермском крае показало, что наибольшие величины в 2008–2018 гг. характерны для Перми, Березников, Лысьвы, Соликамска, Губахи. Наименьшие показатели выбросов в г. Кудымкаре за 2010–2018 гг. и в г. Кунгуре за 2008–2018 гг. (табл. 3). Изменение величины выбросов загрязняющих веществ от ста-

ционарных источников за 2010–2018 гг. в наблюдаемых городах Пермского края представлено на рисунке 2. Результаты исследования показали, что тенденция роста величины выбросов загрязняющих веществ прослеживается к 2018 г. в городах: Пермь, Березники, Лысьва. Уменьшение выбросов к 2018 г. по сравнению с 2010 г. отмечено в гг. Кунгуре и Кудымкаре, а для г. Губахи характерно увеличение показателя к 2018 г. (рис. 2).

Таблица 3

Величины выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников ряда городов Пермского края за период 2008–2018 гг.

Города	Величина выбросов по годам, тыс. т										
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Пермь	33,967	34,106	34,466	35,200	35,131	37,218	36,336	38,843	41,292	41,958	40,150
Березники	17,919	16,125	16,682	18,169	17,625	18,411	20,043	19,495	18,754	19,386	19,812
Губаха	7,256	5,585	6,055	6,507	5,058	4,955	6,689	5,826	5,075	4,786	7,825
Кунгур	0,727	0,736	3,365*	3,031*	1,627	1,336	1,594	1,232	1,204	0,919	0,892
Лысьва	14,538	8,195	5,245	11,811	7,435	12,367	10,721	9,767	12,319	9,763	11,787
Соликамск	5,277	4,936	5,644	5,735*	5,811	7,485	6,782	7,453	6,337	6,489	6,420
Кудымкар	–	–	1,103	0,989	0,269	0,709	0,794	0,804	0,816	0,250	0,283

Примечание: * – величины выбросов указаны с учетом района

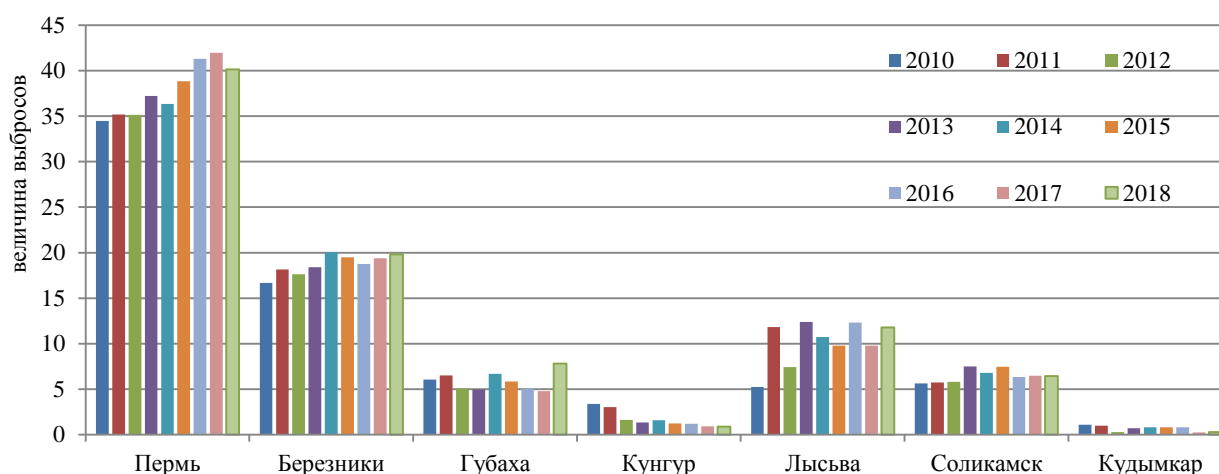


Рис. 2. Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников в городах Пермского края за 2010–2018 гг.

Мониторинг атмосферного воздуха за период 2014–2018 гг. показал, что в г. Перми средние концентрации взвешенных веществ, диоксида серы, оксида азота, фенола, фторида водорода и тяжелых металлов (железо, марганец, медь, никель, цинк) повысились. Снизилась средняя концентрация оксида углерода, диоксида азота, сероводорода, хлорида водорода, аммиака, формальдегида, ароматических углеводородов (бензол, толуол, ксилолы, этилбензол), бенз(а)пирена, тяжелых металлов (свинец, хром). В г. Соликамске за этот период средние концентрации взвешенных веществ, хлора, аммиака, формальдегида, ароматических углеводородов (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы) повысились. Снизилась концентрация диоксида серы, диоксида азота, оксида азота, хлорида водорода бенз(а)пирена, тяжелых металлов (железо, магний, медь, свинец, хром, цинк). В г. Березники повысились показатели взвешенных веществ, фенола, формальдегида, ароматических углеводородов (бензол, этилбензол, ксилолы, толуол), тяжелых металлов (никель, кадмий). Снизилась концентрация диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота, оксида азота, сероводорода, хлорида водорода, аммиака, тяжелых металлов (свинец, хром, железо, магний, марганец), бенз(а)пирена [25].

В г. Губаха средние концентрации взвешенных веществ, диоксида азота, оксида азота, фенола, аммиака, формальдегида, бензола, толуола, этилбензола, тяжелых металлов (железо, магний, марганец, медь, цинк,) повысились. Снизилась средняя концентрация диоксида серы, оксида углерода, сероводорода, бенз(а)пирена. В г. Лысьве отмечено снижение концентраций диоксида азота, фторида водорода, но повысились средние годовые концентрации фенола, взвешенных веществ, диоксида серы, оксида углерода. В г. Краснокамске за пятилетний период средние концентрации взвешенных веществ, диок-

сида серы, диоксида азота повысились, а снизились средние концентрации оксида углерода, сероводорода, фенола, аммиака, формальдегида [25].

Заключение

В целом можно заключить, что наибольшую экологическую нагрузку от выбросов стационарных источников испытывают города, где сосредоточены крупные промышленные предприятия: Пермь, Березники, Лысьва, Соликамск. При этом в Пермском крае с 2016 по 2018 гг. прослеживается рост выбросов летучих органических соединений и диоксида серы, отходящих от стационарных источников. Степени загрязнения в градации ИЗА «высокая» и «очень высокая» за период с 2013 по 2018 гг. в промышленных городах Пермского края не наблюдались. Основными загрязнителями атмосферного воздуха в городах региона, определяющими наибольший вклад в экологический ущерб и риск здоровью населения, являются этилбензол, ксилол, формальдегид, взвешенные вещества, фенол, диоксид азота, оксид углерода, среднегодовые концентрации которых превышают ПДК в 1,5–5 и более раз.

Проведенная оценка загрязнения воздуха городов Пермского края имеет практическое значение для принятия управленческих решений и повышения эффективности планирования природоохранных мероприятий на производственных объектах не только в Пермском крае, но и в других регионах Российской Федерации, особенно в экологически неблагоприятных.

Очищение воздушного бассейна, снижение выбросов промышленных объектов целесообразно осуществлять внедрением в производство более совершенного оборудования и наилучших доступных технологий, применением в технологических процессах нетоксичных или малотоксичных материалов, герметизацией технологических агрегатов и коммуникаций. Необходимо обеспечивать промышленные предприятия аппаратурой и установками для газоочистки и рекуперации выбросов. Кроме того, рекомендуется шире внедрять экологически чистые виды транспорта и топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимов В. С. Диоксид серы и основные источники загрязнения атмосферы диоксидом серы // Общие и комплексные проблемы естественных и точных наук. 2017. № 6–1(19). С. 18–20.
2. Арсентьева И. Л., Арсентьева Н. Л. Современные представления об этиопатогенезе, клинике, диагностике и лечении бронхиальной астмы // Медицинские новости. 2011. № 5. С. 20–25.
3. Аскарлов Р. А., Аскарлова З. Ф., Чусенкова Г. А., Абдуллина А. А. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха химическими соединениями на заболеваемость злокачественными новообразованиями // Медицинский вестник Башкортостана. 2011. № 4. С. 6–9.
4. Безуглая Э. Ю., Смирнова И. В. Воздух городов и его изменения. СПб.: Астерион. 2008.
5. Гарапова Р. А. Оценка экологического состояния промышленного города и здоровье населения (на примере Усть-Каменогорска) // Ползуновский вестник. 2011. № 4–2. С. 72–75.
6. Долгих О. В., Кривцов А. В., Бубнова О. А., и др. Анализ показателей иммунного статуса у детей в условиях аэрогенной экспозиции металлами // Гигиена и санитария. 2017. № 96(1). С. 26–29.
7. Долгих О. В., Отавина Е. А., Кривцов А. В., Жданова И. Г., Гусельников М. А., Аликина И. Н., Никоношина Н. А. Иммунологические маркеры нарушения здоровья детей, проживающих в условиях загрязнения атмосферного воздуха алюминием // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 2(311). С. 15–18.
8. Долгушина Н. А., Кувшинова И. А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха промышленных городов Челябинской области и неканцерогенных рисков здоровью населения // Экология человека. 2019. № 6. С. 17–22. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-17-22>
9. Дорогова В. Б., Тараненко Н. А., Рычагова О. А. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм (обзор) // Acta Biomedica Scientifica. 2010. № 1. С. 32–35.
10. Землянова М. А., Тихонова И. В. Реализация рисков развития заболеваний органов дыхания у детей, подвергающихся воздействию химических факторов экспозиции, связанной с хозяйственной деятельностью субъекта по производству глинозема // Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 11(320). С. 42–47.
11. Искандарова Г. Т., Акротов Д. А., Юсупхужаева А. М., Атамуратова А. С., Саидова С. А. Влияние атмосферных загрязнений на распространение рака легкого // Молодой ученый. 2019. №2 2. С. 225–227.
12. Калинин Д. Е., Карпов А. Б., Тахауов Р. М., Самойлова Ю. А. Динамика показателей здоровья населения промышленного города // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2013. № 4. С. 14–19.
13. Капранов С. В. и др. Влияние загрязнителей атмосферного воздуха на возникновение заболеваний органов дыхания у детей и подростков // Медицинский вестник Юга России. 2017. №8(3). С. 38–45.
14. Капранов С. В., Ноженко А. А. Оценка риска для здоровья населения от загрязнения атмосферного воздуха в городе с крупными производствами черной металлургии и коксохимии // Гігієна населених місць. 2013. 62. С. 50–54.
15. Корочкина Ю. В., Перекусихин М. В., Васильев В. В., Пантелеев Г. В. Гигиеническая оценка окружающей среды и здоровье детей города Пензы // Анализ риска здоровью. 2015. № 3. С. 33–39.
16. Лежнин В. Л., Коньшина Л. Г., Сергеева М. В. Оценка риска для здоровья детского населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха выбросами автотранспорта, на примере г. Салехарда // Гигиена и санитария. 2014. № 1. С. 83–86.

17. Маклакова О. А. Оценка риска развития заболеваний органов дыхания и коморбидной патологии у детей в условиях загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами техногенного происхождения (когортное исследование) // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 56–61.
18. Мун С. А., Зинчук С. Ф. Оценка экологической опасности территорий и онкологической заболеваемости населения Кемеровской области в зависимости от загрязнения атмосферного воздуха // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. С. 321.
19. Оборин М. С., Гаврилова И. Н. Экологическая ситуация региона как индикатор состояния качества населения (на примере Пермского края) // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 1. С. 22–29.
20. Омарова М. Н., Черепанова Л. Ю., Таханова Г. К., Глубоковских Л. К. Комплексная оценка загрязнения атмосферного воздуха крупного промышленного города // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12–5. С. 822–827.
21. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2012 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2013.
22. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2015 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2016.
23. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2016 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2017.
24. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2017 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2018.
25. О состоянии и об охране окружающей среды Пермского края в 2018 году. Доклад Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края. Пермь, 2019.
26. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Пермском крае в 2018 году. Доклад управления Роспотребнадзора по Пермскому краю, ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае». Пермь, 2019.
27. Петров С. Б., Петров Б. А. Оценка риска здоровью населения при воздействии твердых частиц в составе атмосферных выбросов многопливных теплоэлектроцентралей // Экология человека. 2019. № 6. С. 4–10. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-4-10>
28. Просвирякова И. А., Шевчук Л. М. Гигиеническая оценка содержания твердых частиц PM10 и PM25 в атмосферном воздухе и риска для здоровья жителей в зоне влияния выбросов стационарных источников промышленных предприятий // Анализ риска здоровью. 2018. № 2. С. 14–22. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.02>
29. Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории России за 2017 г. СПб.: Росгидромет, 2018.
30. Степанов Н. А., Ледяйкина Л. В., Верещагина В. С., Куняева Т. А. Показатели заболеваемости бронхиальной астмой в Мордовии // Здоровье населения и среда обитания. 2018. № 7(304). С. 57–60.
31. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. 2013. № 1(23). С. 182–192.
32. Ушаков А. А., Турбинский В. В., Пашенко И. Г., Катунина А. С. Гигиеническая оценка социальных, санитарно-гигиенических факторов окружающей среды на территории Алтайского края // Анализ риска здоровью. 2015. № 4. С. 50–61.
33. Харламова Е. Н., Вальцева Е. А. Оценка влияния факторов среды на заболеваемость органов дыхания и сердечно-сосудистой системы среди подростков г. Самары // Гигиена и санитария. 2014. № 6. С. 87–91.
34. Чойнзонов Е. Л., Мухамедов М. Р., Балацкая Л. Н. Рак гортани: современные аспекты лечения и реабилитации. Томск, 2006.
35. Чубирко М. И., Пичужкина Н. М. Гигиеническая диагностика влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения // Здоровье населения и среда обитания. 2008. № 1. С. 19–20.
36. Unguryanu T., Novikov S., Buzinov R., Gudkov A., Grjibovski A. Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry // Epidemiologia e prevenzione. 2010. Vol. 34. № 5–6. P. 138–138.
37. MacGillivray D. M., Kollmann T. R. The role of environmental factors in modulating immune responses in early life // Frontiers in immunology. 2014. Vol. 5. P. 434. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00434>
38. Zhang J. J. et al. Children's respiratory morbidity prevalence in relation to air pollution in four Chinese cities // Environmental health perspectives. 2002. Vol. 110. № 9. P. 961–967. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110961>
39. Zhu Y. Z. et al. Impact of aluminum exposure on the immune system: a mini review // Environmental toxicology and pharmacology. 2013. Vol. 35. № 1. P. 82–87. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2012.11.009>

REFERENCES

1. Akimov, V. S. (2017). Dioksid sery i osnovnye istochniki zagryazneniya atmosfery dioksidom sery. *Ob-shchie i kompleksnye problemy estestvennykh i tochnykh nauk*, (6–1(19)). 18–20.
2. Arsent'eva, I. L., & Arsent'eva, N. L. (2011). Sovremennye predstavleniya ob etiopatogeneze, klinike, dia-gnostike i lechenii bronkhial'noi astmy. *Meditzinskie novosti*, (5). 20–25.
3. Askarov, R. A., Askarova, Z. F., Chuenkova, G. A., & Abdullina, A. A. (2011). Otsenka vliyaniya zagryazneniya atmosfernogo vozdukha khimicheskimi soedineniyami na zaboлеваemost' zlokachestvennyimi novoobrazovaniyami. *Meditzinskii vestnik Bashkortostana*, (4). 6–9.
4. Bezuglaya, E. Yu., & Smirnova, I. V. (2008). *Vozdukh gorodov i ego izmeneniya*. SPb.: Asterion.
5. Garapova, R. A. (2011). Otsenka ekologicheskogo sostoyaniya promyshlennogo goroda i zdorov'e naseleniya (na primere Ust'-Kamenogorska). *Polzunovskii vestnik*, (4–2). 72–75.
6. Dolgikh, O. V., Krivtsov, A. V., & Bubnova, O. A. (2017). Analiz pokazatelei immunnogo statusa u detei v usloviyakh aerogennoi ekspozitsii metallami. *Gigiena i sanitariya*, 96(1). 26–29.

7. Dolgikh, O. V., Otavina, E. A., Krivtsov, A. V., Zhdanova, I. G., Gusel'nikov, M. A., Alikina, I. N., & Niko-noshina, N. A. (2019). Immunologicheskie markery narusheniya zdorov'ya detei, prozhivayushchikh v usloviyakh zagryazneniya atmosfornogo vozdukha alyuminiem. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 2(311). 15–18.
8. Dolgushina, N. A., Kuvshinova, I. A. (2019). Otsenka zagryazneniya atmosfornogo vozdukha promyshlennykh go-rodov Chelyabinskoi oblasti i nekantserogennykh riskov zdorov'yu naseleniya. *Ekologiya cheloveka*, (6), 17–22. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-17-22>
9. Dorogova, V. B., Taranenko, N. A., & Rychagova, O. A. (2010). Formal'degid v okruzhayushchei srede i ego vliyanie na organizm (obzor). *Acta Biomedica Scientifica*, (1). 32–35.
10. Zemlyanova, M. A., Tikhonova, I. V. (2019). Realizatsiya riskov razvitiya zabolevani organov dykhaniya u de-tei, podvergayushchikhsya vozdeistviyu khimicheskikh faktorov ekspozitsii, svyazannoi s khozyaistvennoi deyatel'no-st'yu sub"ekta po proizvodstvu glinozema. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 11(320). 42–47.
11. Iskandarova, G. T., Akromov, D. A., Yusupkhuzhaeva, A. M., Atamuratova, A. S., & Saidova, S. A. (2019). Vliyanie at-mosfornykh zagryaznenii na rasprostranenie raka legkogo. *Molodoi uchenyi*, (22). 225–227.
12. Kalinkin, D. E., Karpov, A. B., Takhaou, R. M., & Samoilova, Yu. A. (2013). Dinamika pokazatelei zdorov'ya naseleni-ya promyshlennogo goroda. *Problemy sotsial'noi gigieny, zdravookhraneniya i istorii meditsiny*, (4). 14–19.
13. Kapranov, S. V. (2017). Vliyanie zagryaznitelei atmosfornogo vozdukha na vzniknovenie zabolevani organov dykhani-ya u detei i podrostkov. *Meditsinskii vestnik Yuga Rossii*, 8(3). 38–45.
14. Kapranov, S. V., & Nozhenko, A. A. (2013). Otsenka riska dlya zdorov'ya naseleniya ot zagryazneniya atmosfornogo vozdukha v gorode s krupnymi proizvodstvami chernoii metallurgii i koksokhimii. *Gigiena naselenikh mists'*, 62. 50–54.
15. Korochkina, Yu. V., Perekusikhin, M. V., Vasil'ev, V. V., & Panteleev, G. V. 2015. Gigienicheskaya otsenka okruzhay-ushchei srede i zdorov'e detei goroda Penzy. *Analiz riska zdorov'yu*, (3). 33–39.
16. Lezhnin, V. L., Kon'shina, L. G., & Sergeeva, M. V. (2014). Otsenka riska dlya zdorov'ya detskogo naseleniya, obuslovlennogo zagryazneniem atmosfornogo vozdukha vybrosami avtotransporta, na primere g. Salekharda. *Gigiena i sanitari-ya*, (1). 83–86.
17. Maklakova, O. A. (2019). Otsenka riska razvitiya zabolevani organov dykhaniya i komorbidnoi patologii u detei v usloviyakh zagryazneniya atmosfornogo vozdukha khimicheskimi veshchestvami tekhnogennogo proiskhozhde-niya (kogortnoe issledovanie). *Analiz riska zdorov'yu*, (2). 56–61.
18. Mun, S. A., & Zinchuk, S. F. (2015). Otsenka ekologicheskoi opasnosti territorii i onkologicheskoi zaboleva-емости nase-leniya Kemerovskoi oblasti v zavisimosti ot zagryazneniya atmosfornogo vozdukha. *Sovremen-nye problemy nauki i obrazovani-ya*, (6). 321.
19. Oborin, M. S., & Gavrilova, I. N. (2013). Ekologicheskaya situatsiya regiona kak indikator sostoyaniya kache-stva nase-leniya (na primere Permskogo kraja). *Vestnik RUDN. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeya-tel'nosti*, (1), 22–29.
20. Omarova, M. N., Cherepanova, L. Yu., Takhanova, G. K., & Glubokovskikh, L. K. (2016). Kompleksnaya otsenka za-gryazneniya atmosfornogo vozdukha krupnogo promyshlennogo goroda. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamen-tal'nykh issledovaniy*, (12–5), 822–827.
21. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei srede Permskogo kraja v 2012 godu. Doklad Ministerstva prirodnykh resur-sov, lesnogo khozyaistva i ekologii Permskogo kraja. (2013). Perm'.
22. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei srede Permskogo kraja v 2015 godu. Doklad Ministerstva prirodnykh resur-sov, lesnogo khozyaistva i ekologii Permskogo kraja. (2016). Perm'.
23. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei srede Permskogo kraja v 2016 godu. Doklad Ministerstva prirodnykh resur-sov, lesnogo khozyaistva i ekologii Permskogo kraja. (2017). Perm'.
24. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei srede Permskogo kraja v 2017 godu. Doklad Ministerstva prirodnykh resur-sov, lesnogo khozyaistva i ekologii Permskogo kraja. (2018). Perm'.
25. O sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei srede Permskogo kraja v 2018 godu. Doklad Ministerstva prirodnykh resur-sov, lesnogo khozyaistva i ekologii Permskogo kraja. (2019). Perm'.
26. O sostoyanii sanitarno-epidemiologicheskogo blagopoluchiya naseleniya v Permskom krae v 2018 godu. Doklad uprav-leniya Rospotrebnadzora po Permskomu kraju, FBUZ "Tsentr gigieny i epidemiologii v Permskom krae". (2019). Perm'.
27. Petrov, S. B., & Petrov, B. A. (2019). Otsenka riska zdorov'yu naseleniya pri vozdeistvii tverdykh chastits v sostave at-mosfornykh vybrosov mnogotoplivnykh teploelektrotsentralei. *Ekologiya cheloveka*, (6). 4–10. <https://doi.org/10.33396/1728-0869-2019-6-4-10>
28. Prosviryakova, I. A., & Shevchuk, L. M. (2018). Gigienicheskaya otsenka sodержaniya tverdykh chastits RM10 i RM25 v atmosfornom vozdukhe i riska dlya zdorov'ya zhitelei v zone vliyaniya vybrosov statsionarnykh istoch-nikov promyshlennykh predpriyatii. *Analiz riska zdorov'yu*, (2). 14–22. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2018.2.02>
29. Sostoyanie zagryazneniya atmosfery v gorodakh na territorii Rossii za 2017 g. SPb.: Rosgid-romet. (2018).
30. Stepanov, N. A., Ledyaikina, L. V., Vereshchagina, V. S., & Kunyaeva, T. A. (2018). Pokazateli zabolevaemosti bronkhial'noi astmoi v Mordovii. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, 7(304). 57–60.
31. Teplaya, G. A. (2013). Tyazhelye metally kak faktor zagryazneniya okruzhayushchei srede (obzor literatury). *Astrakhan-skii vestnik ekologicheskogo obrazovaniya*, 1(23), 182–192.
32. Ushakov, A. A., Turbinskii, V. V., Pashchenko, I. G., & Katunina, A. S. (2015). Gigienicheskaya otsenka sotsial'-nykh, sanitarno-gigienicheskikh faktorov okruzhayushchei srede na territorii Altaiskogo kraja. *Analiz ris-ka zdorov'yu*, (4), 50–61.
33. Kharlamova, E. N., & Val'tseva, E. A. (2014). Otsenka vliyaniya faktorov srede na zabolevaemost' organov dy-khaniya i serdechnosudistoi sistemy sredi podrostkov g. Samary. *Gigiena i sanitariya*, (6), 87–91.
34. Choinzonov, E. L., Mukhamedov, M. R., & Balatskaya, L. N. (2006). Rak gortani: sovremennye aspekty lecheniya i rea-bilitatsii. Tomsk.
35. Chubirko M. I., Pichuzhkina N. M. Chubirko, M. I., & Pichuzhkina, N. M. (2008). Gigienicheskaya diagnostika vliyaniya zagryazneniya atmosfornogo vozdukha na zdorov'e naseleniya. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*, (1). 19–20. (In Russian).

36. Unguryanu, T., Novikov, S., Buzinov, R., Gudkov, A., & Grjibovski, A. (2010). Respiratory diseases in a town with heavy pulp and paper industry. *Epidemiologia e prevenzione*, 34(5-6), 138-138.
37. MacGillivray, D. M., & Kollmann, T. R. (2014). The role of environmental factors in modulating immune responses in early life. *Frontiers in immunology*, 5, 434. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00434>
38. Zhang, J. J., Hu, W., Wei, F., Wu, G., Korn, L. R., & Chapman, R. S. (2002). Children's respiratory morbidity prevalence in relation to air pollution in four Chinese cities. *Environmental health perspectives*, 110(9), 961-967. <https://doi.org/10.1289/ehp.02110961>
39. Zhu, Y. Z., Liu, D. W., Liu, Z. Y., & Li, Y. F. (2013). Impact of aluminum exposure on the immune system: a mini review. *Environmental toxicology and pharmacology*, 35(1), 82-87. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2012.11.009>

Мещурова Т. А. Оценка загрязнения атмосферного воздуха в городах Пермского края // Вестник Нижневартского государственного университета. 2020. № 1. С. 110–119. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/17>

Meshchurova, T. A. (2020). Assessment of air pollution in the cities of Perm region. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 110–119. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/17>

дата поступления: 07 сентября 2019 г.

дата принятия: 18 ноября 2019 г.

© Мещурова Т.А.

УДК 574.24:631.42

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/18>

М. Ю. Гарицкая, Т. Н. Холодилина, М. С. Баранова

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПОЧВ ПРИДОРОЖНЫХ ТЕРРИТОРИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

M. Y. Garitskaya, T. N. Kholodilina, M. S. Baranova

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF SOIL QUALITY OF ROADSIDE AREAS USED FOR GROWING CROPS

Аннотация. В статье приводятся данные по исследованию содержания тяжелых металлов в почвах придорожных территорий трасс, соединяющих такие населенные пункты как Оренбург–Орск и Саракташ–Кувандык (земли транспорта), Оренбургской области, используемые для выращивания сельскохозяйственных культур. Было изучено два сельскохозяйственных поля, пшеничное и ячменное, расположенные между автомобильными трассами и лесозащитными полосами. Цель работы – исследовать содержание в почвах валовых и подвижных форм тяжелых металлов и дать оценку качества почв по степени экологического неблагополучия, а также возможности использования их под сельскохозяйственные культуры. Для оценки экологического состояния использовали суммарный показатель химического загрязнения и экотоксикологический показатель качества почв. В отобранных образцах почв определяли содержание следующих тяжелых металлов: кадмий, цинк, свинец, марганец, железо, медь, хром, кобальт, никель. Установлено, что максимальное процентное содержание подвижных форм от валового количества в почвах, отобранных вдоль трассы Саракташ–Кувандык, наблюдается по кадмию (9–17%), а в почвенных образцах, отобранных в придорожной зоне трассы Оренбург–Орск – по свинцу (5,7–11,5%). Согласно показателю химического загрязнения (ПХЗ) почв и существующим критериям, всю исследуемую придорожную территорию можно отнести к зоне с критической экологической ситуацией ($16 < \text{ПХЗ} < 32$), а территорию на расстоянии 6 метров от дорожного полотна

Abstract. This paper presents data on the content of heavy metals in the road-side soils (transport lands) along the Orenburg–Orsk motorway and the Saraktash–Kuvandyk motorway in Orenburg Region, Russia. The objects of the study were two agricultural fields (wheat and barley) located between the motorway and the forest shelterbelt. The purpose of the study was to find the total content and the active form of heavy metals in the studied soils, to assess their quality by the degree of ecological adversity, and to determine the possibility of using them for cultivating crops. The comprehensive chemical pollution indicator (CCPI) and the ecotoxicological soil quality indicator (ESQI) were used to assess the ecological condition of the studied fields. The soil samples were tested to find the content of cadmium, zinc, lead, manganese, iron, copper, chromium, cobalt, and nickel. Cadmium had the highest active form percentage (9–17%) in the total heavy metal content in soils, sampled along the Saraktash–Kuvandyk motorway, while lead content was the highest (5.7–11.5%) in samples collected along the Orenburg–Orsk motorway. According to the CCPI and other established criteria, the entire territory along the motorways is in the critical environmental condition ($16 < \text{CCPI} < 32$), and the territory six meters

трассы Оренбург–Орск – к зоне с чрезвычайной экологической ситуацией ($32 < \text{ПХЗ} < 128$). Анализ полученных данных экотоксикологического показателя, дифференцированно для веществ различного класса опасности, показал, что по металлам I класса опасности на всей исследуемой нами территории складывается чрезвычайная экологическая ситуация, за исключением территории на расстоянии 6 и 16 метров от дорожного полотна трассы Оренбург–Орск, где складывается зона экологического бедствия. Таким образом, анализ экологического состояния исследуемых нами придорожных территорий показал, что по валовой форме содержания наиболее токсичных металлов, относящихся к I классу опасности, их можно отнести к зонам с чрезвычайной экологической ситуацией и ситуацией экологического бедствия, и данные территории не должны использоваться для выращивания сельскохозяйственных культур, идущих на изготовление продуктов питания и корм скоту.

Ключевые слова: придорожная территория; почва; тяжелые металлы; показатель химического загрязнения; экологическая ситуация.

Сведения об авторах: Гарицкая Марина Юрьевна, SPIN-код: 1889-5465, канд. биол. наук, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия, m.garitskaya@yandex.ru, Холодилина Татьяна Николаевна, SPIN-код: 2977-6059, канд. с.-х. наук, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия, xolodilina@rambler.ru, Баранова Маргарита, Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия.

Information about the authors: Garitskaya Marina Yurievna, SPIN-code: 1889-5465, PhD, Orenburg State University, Orenburg, Russia, m.garitskaya@yandex.ru; Kholodilina Tatiana Nikolaevna, SPIN-code: 2977-6059, Ph.D., Orenburg State University, Orenburg, Russia, xolodilina@rambler.ru; Baranova Margarita, Orenburg State University, Orenburg, Russia.

Введение

Общая площадь территории Оренбургской области составляет 123,7 тыс. км², из которых земли сельскохозяйственных угодий составляют 10 576,6 тыс. га. Это приблизительно 88% территории, в структуру которой входит пашня ($\approx 56,5\%$), многолетние насаждения ($\approx 0,2\%$), сенокосы ($\approx 6,5\%$), пастбища ($\approx 36,8\%$) [6].

Высокоплодородные почвы, распространенные в регионе, определяют основное направление сельского хозяйства – земледелие. Причем 70% посевных площадей занято под зерновые культуры, главная из которых – пшеница, как озимая, так и яровая, в том числе твердых сортов, которая дает высококачественное зерно для выработки муки высшего сорта. Кроме этого выращивают рожь (озимую), ячмень (озимый, яровой), овес, гречиху, просо, кукурузу (зерно, корм), нут, подсолнечник (зерно, силос), сахарную свеклу, рапс (яровой), картофель, тыквы, арбузы, дыни, ягоды, однолетние и многолетние травы.

Земли сельскохозяйственного назначения имеют особый правовой режим и подлежат особой охране. Они неоднородны по своему составу, и в соответствии со статьей 77 ЗК РФ подразделяются на сельскохозяйственные угодья (к ним относятся сельскохозяйственные угодья и особо ценные продуктивные сельскохозяйственные угодья) и несельскохозяйственные угодья – это земли, занятые внутрихозяйственными дорогами, коммуникациями, древесно-кустарниковой растительностью, предназначенной для обеспечения защиты земель от воздействия негативных (вредных) природных, антропогенных и техногенных явлений, замкнутыми водоёмами, а также зданиями, строениями, сооружениями, используемыми для производства, хранения и первичной переработки сельскохозяйственной продукции [16].

Проблеме загрязнения окружающей среды выбросами от автомобильного транспорта и транспортно-дорожного комплекса в целом посвящено достаточно большое количество публикаций. Особое внимание уделяется урбанизированным территориям, где данный источник загрязнения является, как правило, приоритетным и может оказывать значительное влияние на здоровье населения [9; 14; 24].

Тенденция к увеличению удельного веса всех типов автомобильного транспорта на улично-дорожной сети приводит к нарастанию экологической нагрузки на придорожную территорию. Вопрос загрязнения почв прилегающих к дороге территорий тяжелыми металлами, нефтепродуктами, компонентами отработанных газов двигателей является предметом активного изучения [8; 15; 19; 23; 26]. Рассеивание выбросов от автотранспорта в зависимости от дисперсности частиц может происходить на расстоянии от десяти, до сотен метров в случае отсутствия защитных лесополос [10; 11].

away from the Orenburg-Orsk motorway is in the condition of environmental emergency ($32 < \text{CCPI} < 128$). The ESQI data was analyzed differentially for substances of various hazard classes. As for hazard class I metals, the environmental emergency has already developed throughout the territory under study, except for the areas located six and sixteen meters from the Orenburg–Orsk motorway that are in the state of environmental disaster. Therefore, the analysis of the ecological state of the studied road-side areas showed that, by the total content of toxic hazard class I metals, they can be categorized as environmental emergency and environmental disaster zones, and crops, used for producing foodstuff and livestock feed, must not be cultivated in these fields.

Key words: roadside territory; soil; heavy metal; chemical pollution indicator; environmental situation.

Увеличение концентраций тяжелых металлов в придорожных почвах может приводить к долгосрочным экологическим последствиям. Анализ результатов биомониторинга на различных придорожных территориях показывает накопление тяжелых металлов как во внутренних органах живых организмов [24], так и в тканях растений [1; 18], имеются данные о повреждении их ДНК [22].

В Оренбургской области в качестве земель для выращивания той или иной сельскохозяйственной продукции нередко используются придорожные территории вдоль крупных магистралей, находящиеся в зоне их техногенного воздействия, т. е. происходит использование земель транспорта не по их целевому назначению. Зачастую это полосы земли, расположенные между автодорогой и лесополосой, где аккумулируется основная масса автотранспортных выбросов. Актуальным является мониторинг придорожного загрязнения, выявление приоритетных поллютантов, которые могут быть опасными для здоровья человека в результате миграции по пищевым путям [2; 21].

Такие исследования позволяют предотвратить возможность засева загрязненных почв сельскохозяйственными культурами [3; 20].

Целью работы являлось определение содержания валовых и особо опасных подвижных форм тяжелых металлов в почвах придорожных территорий, используемых для выращивания различных сельскохозяйственных культур.

Общая характеристика объектов исследования

Наибольшую опасность представляют тяжелые металлы автотранспортного происхождения, которые попадают на поверхность почвы придорожной территории в результате сухого осаждения и вымывания осадками. Большая часть из них включается в процессы почвообразования и поглощается растениями, в результате чего вдоль автомобильных дорог формируются геохимические аномалии тяжелых металлов [7; 12].

Первым объектом было выбрано ячменное поле, располагающееся вдоль трассы, соединяющей Саракташ и Кувандык, в непосредственной близости от села Зиянчурино. Пробы почв отбирались на расстоянии 3 метров от дорожного полотна – это кромка засеянного поля, и далее на расстоянии 20 и 40 метров от края дороги вдоль трассы.

Вторым объектом исследования было пшеничное поле, расположенное вдоль трассы Оренбург–Орск, в трех километрах от села Лылово. Почвенные образцы отбирались с шагом в 10 метров на расстоянии 6, 16, 26 и 36 метров от дорожного полотна. Поля с одной стороны ограничены дорожным полотном, а с другой лесополосой.

Методы исследования

Пробы отбирали согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы (ССОП). Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа».

Исследования по определению тяжелых металлов в почве проводили в испытательном центре ФГБНУ ФНЦ «Биологических систем и агротехнологий РАН». Содержание тяжелых металлов определяли по ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.78-2013 «Методика измерений массовой доли подвижных форм металлов: меди, цинка, свинца, кадмия, марганца, никеля, кобальта, хрома в пробах почв, грунтов, донных отложений, осадков сточных вод методом пламенной атомно-адсорбционной спектроскопии»; ПНД Ф 16.1:2.2:2.3.36-2002 «Методика измерений валового содержания меди, цинка, свинца, кадмия, марганца, никеля в пробах почв, грунтов, донных отложений, осадков сточных вод методом пламенной атомно-адсорбционной спектроскопии».

Для оценки экологического состояния почв использовали суммарный показатель химического загрязнения (Z_c) [4]:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_{Ci} ,$$

где K_{Ci} – коэффициент концентрации i -го загрязняющего компонента, представляющий собой частное от деления массовой доли i -го вещества в загрязненной и «фоновой» почве для тяжелых металлов.

Расчет коэффициента концентрации проводили относительно фоновых значений содержания тяжелых металлов в почвах, представленных в таблице 3.

Более значимым является экотоксикологический показатель качества почв, представляющий собой отношение концентрации поллютанта к его предельно допустимому значению: $\mathcal{E}_c = C_i/\text{ПДК}$, где C_i – концентрация i -примеси в почве, мг/кг, ПДК – предельно допустимая концентрация i -примеси в почве, мг/кг.

Так как почвы загрязняются веществами, различными по своей токсичности, то для их экотоксикологической характеристики использовали кратность превышения ПДК конкретного загрязняющего вещества, дифференцированно для веществ различных классов опасности (Чекмарева и др. 2015).

При этом оценка экологического состояния почв осуществлялась по величинам критериев, представленных в таблице 1 [13].

Таблица 1

Критерии оценки степени химического загрязнения почвенного покрова

Показатели	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная ситуация
Суммарный показатель химического загрязнения почв, Z _c	>128	32–128	<16
Превышение ПДК хим. веществ в почве:			
I класса опасности, Э ₁	>3	2–3	<1
II класса опасности, Э ₂	>10	5–10	<1
III класса опасности, Э ₃	>20	10–20	<1

Результаты исследований

В отобранных образцах почв определяли содержание следующих тяжелых металлов: кадмий, цинк, свинец, марганец, железо, медь, хром, кобальт, никель. Результаты, полученные в ходе химического анализа, представлены в таблицах 2 и 3.

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод, что в основной массе проб концентрации металлов уменьшаются при увеличении расстояния от дорожного полотна в среднем в 1,1–2 раза, что свидетельствует о влиянии автодорожного комплекса на их содержание в почве.

Максимальное процентное содержание подвижных форм от валового количества в почвах, отобранных вдоль трассы Саракташ–Кувандык, наблюдается по кадмию и составляет 9–17%. По марганцу данный показатель изменяется в пределах 8,9–10 %, а по свинцу 2,9–5%.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в почве придорожной территории трассы Саракташ–Кувандык

Расстояние, м	Концентрация, мг/кг								
	Cd	Zn	Pb	Mn	Fe	Cu	Cr	Co	Ni
	Подвижная форма								
3	0,21	1,20	1,50	58,7	1,20	0,60	0,23	0,27	1,10
20	0,27	0,60	0,70	69,7	3,70	0,67	0,24	0,37	0,80
40	0,31	0,80	0,71	46,2	0,85	0,31	0,16	0,29	1,10
	Валовая форма								
3	2,30	72,0	30,0	660	35500	33,0	69,0	20,0	90,0
20	2,0	59,0	24,0	690	30000	34,0	67,0	19,0	92,0
40	1,80	54,0	23,0	519	26500	29,0	54,0	15,0	70,0

Таблица 3

Содержание тяжелых металлов в почве придорожной территории трассы Оренбург–Орск

Расстояние, м	Концентрация, мг/кг								
	Cd	Zn	Pb	Mn	Fe	Cu	Cr	Co	Ni
	Подвижная форма								
6	0,36	3,20	1,90	54,4	2,10	0,65	0,54	0,15	0,87
16	0,12	2,70	2,20	49,2	2,30	0,61	0,32	0,28	0,74
26	0,13	1,70	2,40	47,3	2,00	0,49	0,27	0,23	0,62
36	0,14	1,70	1,20	50,7	2,60	0,32	0,21	0,42	0,75
	Валовая форма								
6	3,30	108	33,0	690	36500	113	60,0	19,0	58,0
16	2,90	85,0	25,0	625	33700	110	56,0	20,0	42,0
26	2,10	73,0	25,0	573	32600	66,0	59,0	20,0	47,0
36	2,50	74,0	29,0	555	27100	76,0	52,0	16,0	44,0
фон	0,25	39,9	10,4	551,2	22607	18,5	44,4	10,3	50,6

В почвенных образцах, отобранных в придорожной зоне трассы Оренбург–Орск, наблюдается обратная зависимость. Наибольший процентный вклад в загрязнение почв подвижной формой относительно валового содержания вносит свинец (5,7–11,5%), далее идут марганец (7,9–9%) и кадмий (4–10%).

Проведенный нами расчет коэффициентов концентраций валового содержания тяжелых металлов в почвах показал, что наибольшие значения K_c , равные 8,4–13,2, наблюдаются по кадмию во всех точках отбора проб. В почвах, отобранных в придорожной территории трассы Саракташ–Кувандык, среди металлов I класса опасности наибольшее превышение фона также наблюдается по свинцу (2,9–2,2 раза).

В почвенных пробах, отобранных вдоль трассы Оренбург–Орск, существенное превышение фона по меди и свинцу составляет 3,57–6,1 и 2,4–3,18 соответственно (табл. 4).

Таблица 4

Коэффициенты концентраций тяжелых металлов в почве

Расстояние, м	Коэффициент концентрации									
	K_{Cd}	K_{Zn}	K_{Pb}	K_{Mn}	K_{Fe}	K_{Cu}	K_{Cr}	K_{Co}	K_{Ni}	Z_c
	Саракташ–Кувандык									
3	9,20	1,80	2,90	1,20	1,57	1,78	1,55	1,93	1,77	23,7
20	8,00	1,48	2,36	1,25	1,33	1,84	1,51	1,83	1,82	21,4
40	7,20	1,35	2,21	0,94	1,17	1,57	1,22	1,45	1,38	18,5
Оренбург–Орск										
6	13,2	2,71	3,18	1,25	1,61	6,10	1,35	1,83	1,14	32,4
16	11,6	2,13	2,41	1,13	1,49	5,90	1,26	1,93	0,83	28,7
26	8,40	1,83	2,41	1,04	1,44	3,57	1,32	1,93	0,93	22,9
36	10,0	1,85	2,79	1,01	1,20	4,11	1,17	1,54	0,87	24,5

Согласно показателю химического загрязнения (ПХЗ) почв и критериям, приведенным в таблице 1, всю исследуемую придорожную территорию можно отнести к зоне с критической экологической ситуацией, а территорию на расстоянии 6 метров от дорожного полотна трассы Оренбург–Орск – к зоне с чрезвычайной экологической ситуацией.

При значениях ПХЗ от 16 до 32 почва относится к умеренно опасной категории загрязнения и может использоваться для выращивания сельскохозяйственных культур только при строгом контроле качества продукции растениеводства. А если этот показатель превышает 32, то почва относится к высоко опасной категории загрязнения и не может использоваться для выращивания культур, применяемых для получения продуктов питания или идущих на корм скоту. В нашем случае это пшеничное поле, и по всей видимости конечным продуктом будет являться мука и производимые из нее продукты питания.

Анализ полученных данных экотоксикологического показателя, дифференцированно для веществ различного класса опасности, показал, что если по валовому содержанию металлов II и III классов опасности наблюдается критическая экологическая ситуация, то по металлам I класса опасности – чрезвычайная, за исключением территории на расстоянии 6 и 16 метров от дорожного полотна трассы Оренбург–Орск, где складывается зона экологического бедствия (табл. 5, 6).

Таблица 5

Значение экотоксикологического показателя качества почв трассы Саракташ–Кувандык

Расстояние, м	Значения E_c для тяжелых металлов различных классов опасности											
	I класса опасности				II класса опасности				III класса опасности			
	Cd	Zn	Pb	ЭI	Cu	Cr	Co	Ni	ЭII	Mn	Fe	ЭIII
Подвижная форма												
3	1,05	0,05	0,25	1,35	0,2	0,04	0,05	0,27	0,56	0,42	1,57	1,99
20	1,35	0,03	0,12	1,50	0,22	0,04	0,07	0,20	0,53	0,50	1,33	1,83
40	1,55	0,03	0,12	1,70	0,10	0,03	0,06	0,27	0,46	0,33	1,17	1,50
Валовая форма												
3	1,15	0,72	1,00	2,87	0,60	0,69	1,25	1,06	3,60	0,44	1,42	1,86
20	1,00	0,59	0,80	2,39	0,62	0,67	1,19	1,08	3,56	0,46	1,20	1,66
40	0,90	0,54	0,77	2,21	0,53	0,54	0,94	0,82	2,83	0,35	1,06	1,41

Таблица 6

Значение экотоксикологического показателя качества почв трассы Оренбург–Орск

Расстояние, м	Значения Э _c для тяжелых металлов различных классов опасности											
	I класса опасности				II класса опасности				III класса опасности			
	Cd	Zn	Pb	Э _I	Cu	Cr	Co	Ni	Э _{II}	Mn	Fe	Э _{III}
Подвижная форма												
6	1,80	0,14	0,32	2,26	0,22	0,09	0,03	0,22	0,56	0,39		1,99
16	0,60	0,12	0,37	1,09	0,20	0,05	0,06	0,18	0,49	0,35		1,83
26	0,65	0,07	0,40	1,12	0,16	0,04	0,05	0,15	0,40	0,34		1,50
36	0,70	0,07	0,2	0,97	0,11	0,03	0,04	0,19	0,37	0,36		
Валовая форма												
6	1,65	1,08	1,1	3,83	2,05	0,6	1,19	0,68	4,52	0,46	1,46	1,92
16	1,45	0,85	0,83	3,13	2,0	0,56	1,25	0,49	4,3	0,42	1,35	1,77
26	1,05	0,73	0,83	2,61	1,2	0,59	1,25	0,55	3,59	0,38	1,3	1,68
36	1,25	0,74	0,97	2,96	1,38	0,52	1,00	0,52	3,42	0,37	1,1	1,47

Выводы

Исходя из полученных данных, наихудшая экологическая ситуация наблюдается по металлам I класса опасности. Лишь в одной из отобранных нами проб почв не наблюдается превышения ПДК по валовому содержанию кадмия. На сегодняшний день загрязнение почв кадмием является одной из опасных экологических проблем, так как растения способны накапливать его выше нормы даже при незначительном загрязнении почв. Исследования показали, что кадмий является приоритетным металлом, как по коэффициенту концентрации, так и по экотоксикологическому показателю качества почв.

В непосредственной близости от дорожного полотна (3, 6 м) наблюдается также превышение ПДК валовой формы свинца. Из металлов II и III классов опасности значения ПДК валовых форм превышены по кобальту и железу во всех точках отбора проб.

Анализ экологического состояния исследуемых придорожных зон показал, что по валовой форме содержания наиболее токсичных металлов, относящихся к I классу опасности, их можно отнести к зонам с чрезвычайной экологической ситуацией и зонам экологического бедствия.

Согласно данным, приведенным в госдокладе «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2017 году», придорожная территория трассы Оренбург–Орск относится к землям транспорта, и в результате мониторинговых исследований снеговой воды там было выявлено, что содержание почти всех тяжелых металлов и микроэлементов значительно превышает ПДК. В смешанных образцах почв превышение ПДК практически отсутствует, что свидетельствует о высокой миграционной способности загрязняющих элементов по профилю почв и аккумуляции растениями. Установлено, что придорожные лесополосы являются частью естественного биогеохимического барьера и значительно снижают концентрацию загрязняющих элементов, препятствуя их распространению [5].

Исходя из этих выводов, в придорожных зонах, ограниченных лесополосами, идет интенсивное загрязнение воздушной среды и почв тяжелыми металлами, но в результате их поглощения растениями почвы самоочищаются. Следовательно, исследуемые нами придорожные территории не должны использоваться для выращивания сельскохозяйственных культур, идущих на изготовление продуктов питания и корм скоту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богуславская Н. В. Эколого-токсикологическая оценка содержания тяжелых металлов в агроландшафтах Белгородской области [Полевые опыты по содержанию кадмия в почве и его накоплению в растениях яровой пшеницы] // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2010. № 1. С. 108–108.
2. Водяницкий Ю. Н. и др. Влияние техногенных и природных факторов на содержание тяжелых металлов в почвах Среднего Предуралья (г. Чусовой и его окрестности) // Почвоведение. 2010. № 9. С. 1089–1099.
3. Гайлитис Д. И., Тулянкина Н. А. Биотестирование почв с целью оценки загрязнения придорожной полосы // Проблемы инновационного биосферно-совместимого социально-экономического развития в строительном, жилищно-коммунальном и дорожном комплексах. 2015. С. 186–189.
4. Гарицкая М. Ю., Чекмарева О. В., Ишанова О. С., Патокина Н. С. Химическое загрязнение почв территории, прилегающей к Сорочинско-Никольскому месторождению // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 6(181). С. 85–88.
5. Госдоклад «О состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области в 2017 году». <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/subjects/pfo/orenburgskaya-oblast>
6. Дедеева С. А., Галушко М. В. Анализ развития сельского хозяйства Оренбургской области // Проблемы и перспективы экономики и управления. 2014. С. 61–69.

7. Журавлева М. А., Зубрев Н. И., Кокин С. М. Загрязнение придорожной зоны тяжелыми металлами // Мир транспорта. 2015. № 6. С. 174–181..
8. Зволинский В. П., Костыренко Е. И., Ракитина А. О. 2017. Загрязнение тяжелыми металлами почвы и растений в придорожных зонах города Астрахани // АПК России. 2017. Т. 24. № 4. С. 895–901.
9. Казанцев И. В., Матвеева Т. Б. Содержание тяжёлых металлов в почвенном покрове в условиях техногенеза // Самарский научный вестник. 2016. № 1(14). С. 34–37.
10. Косинова И. И., Фонова С. И. Исследование загрязнения тяжелыми металлами поверхностного слоя почвы придорожной территории автодороги М-4 в Воронежской области // Сергеевские чтения. Инженерно-геологические и геоэкологические проблемы городских агломераций. 2015. С. 418–422.
11. Кулакова Е. Н., Штепа А. А., Чернудубов А. И. Защитные лесные полосы вдоль автомобильных дорог // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 4. С. 46–50. https://doi.org/10.12737/article_5c3de3817c03d1.22631961
12. Леонидова Т. В., Сидоренкова Н. К., Блохина Н. А., Харитонов И. Д. Содержание тяжелых металлов в придорожной зоне автомобильных трасс // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 1. С. 146–149.
13. Методика «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия» (утв. Минприроды РФ 30.11.1992).
14. Мольков А. А., Рагимов А. О. Оценка экологического состояния почв придорожных территорий владимирской области в Судогодском районе // Современные тенденции в научном обеспечении агропромышленного комплекса. Иваново, 2019. С. 189–191.
15. Нестеров И. С., Петренко Д. Б., Васильев Н. В. Оценка загрязнения почв придорожных территорий московской области экотоксикантами. // Проблемы экологии Московской области: Сб. научных материалов. М., 2015. С. 200–205.
16. Степовик Д. А. Состав и структура земель сельскохозяйственного назначения Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2010. № 1(25). С. 108–110.
17. Чекмарева О. В., Гарицкая М. Ю., Павлова Т. В. Экотоксикологическая характеристика качества почв, находящихся в зоне влияния Актюбинского завода ферросплавов // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 10(185). С. 448–450.
18. Esposito F. et al. Quercus ilex L. leaves as filters of air Cd, Cr, Cu, Ni and Pb // Chemosphere. 2019. Vol. 218. P. 340–346. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.133>
19. Howard J. et al. Contributions of artificial materials to the toxicity of anthropogenic soils and street dusts in a highly urbanized terrain // Environmental Pollution. 2019. Vol. 255. P. 113350. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113350>
20. Khan Z. I. et al. Toxicological potential of cobalt in forage for ruminants grown in polluted soil: a health risk assessment from trace metal pollution for livestock // Environmental Science and Pollution Research. 2019. Vol. 26. № 15. P. 15381–15389. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04959-9>
21. Krailertrattanachai N., Ketrot D., Wisawapipat W. The Distribution of Trace Metals in Roadside Agricultural Soils, Thailand // International journal of environmental research and public health. 2019. Vol. 16. № 5. P. 714. <https://doi.org/10.3390/ijerph16050714>
22. Li T. et al. DNA Damage in Euonymus japonicus Leaf Cells Caused by Roadside Pollution in Beijing // International journal of environmental research and public health. 2016. Vol. 13. № 7. P. 742. <https://doi.org/10.3390/ijerph13070742>
23. Maeaba W., Prasad S., Chandra S. First Assessment of Metals Contamination in Road Dust and Roadside Soil of Suva City, Fiji // Archives of environmental contamination and toxicology. 2019. Vol. 77. № 2. P. 249–262. <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00635-8>
24. Mleiki A., Marigómez I., El Menif N. T. Green garden snail, Cantareus apertus, as biomonitor and sentinel for integrative metal pollution assessment in roadside soils // Environmental Science and Pollution Research. 2017. Т. 24. № 31. P. 24644–24656. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0091-2>
25. Thanneeru S., Li W., He J. Controllable Self-Assembly of Amphiphilic Tadpole-Shaped Polymer Single-Chain Nanoparticles Prepared through Intrachain Photo-cross-linking // Langmuir. 2019. Vol. 35. № 7. P. 2619–2629. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.8b03095>
26. Yan G. et al. The source apportionment, pollution characteristic and mobility of Sb in roadside soils affected by traffic and industrial activities // Journal of Hazardous Materials. 2020. Vol. 384. P. 121352. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121352>

REFERENCES

1. Boguslavskaja, N. V. (2010). Ekologo-toksikologičeskaja ocenka soderzhaniia tiazhelykh metallov v agroland-shaftakh Belgorodskoi oblasti [Polevye opyty po soderzhaniuu kadmii v pochve i ego nakopleniiu v raste-niiakh iarovoi pshenitcy]. *Ekologičeskaja bezopasnost' v APK. Referativnyi žurnal*, (1), 108-108.
2. Vodyanitskii, Y. N., Vasil'ev, A. A., Chashchin, A. N., & Savichev, A. T. (2010). The Influence of Technogenic and Natural Factors on the Content of Heavy Metals in Soils of the Middle CisUrals Region: *The Town of Chusovoi and Its Suburbs Eurasian Soil Science*, 43(9), 1011-1021.
3. Gailitis, D. I., & Tuliankina, N. A. (2015). Biotestirovanie pochv s tseliu ocenki zagriazneniia pridorožnoi polosy. In *Problemy innovatsionnogo biosferno-sovmestimogo sotcialno-ekonomičeskogo razvitiia v stroitel'nom, žilishchno-kommunal'nom i dorozhnom kompleksakh* (186-189).
4. Garitckaia, M. Iu., Chekmareva, O. V., Ishanova, O. S., & Patokina, N. S. (2015). Khimicheskoe zagriaznenie pochv territorii privileiushchei k Sorochinsko-Nikolskomu mestorozhdeniiu. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, (6(181)), 85-88.

5. Gosdoklad "O sostoianii i ob okhrane okruzhaiushchei sredy v Orenburgskoi oblasti v 2017 godu". <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/subjects/pfo/orenburgskaya-oblast>
6. Dedeeva, S. A., & Galushko, M. V. (2014). Analiz razvitiia selskogo khoziaistva Orenburgskoi oblasti. In *Problemy i perspektivy ekonomiki i upravleniia* (61-69).
7. Zhuravleva, M. A., Zubrev, N. I., & Kokin, S. M. (2015). Contamination of Roadside Areas With Heavy Metals. *World of Transport and Transportation*, (6). 174-181. (
8. Zvolinsky, V. P., Kostyrenko, E. I., & Rakitina, A. O. 2017. Pollution of soil and plants by heavy metals in roadside zones of the city of Astrakhan. *APK Rossii*, 24(4). 895-901.
9. Kazantsev, I. V., & Matveeva, T. B. (2016). Contents of Heavy metals in the Soil cover in the Conditions of Technogenesis. *Samarskii nauchnyi vestnik*, 1(14)). 34-37.
10. Kosinova, I. I., & Fonova, S. I. (2015). Issledovanie zagriazneniia tiazhelymi metallami poverkhnostnogo sloia pochvy pridorozhnoi territorii avtodorogi M-4 v Voronezhskoi oblasti. In *Sergeevskie chteniia. Inzhenerno-geologicheskie i geoeologicheskie problemy gorodskikh aglomeratsii* (418-422).
11. Kulakova, E. N., Shtepa, A. A., & Chernodubov, A. I. (2018). Protective Forest Strips Along automotive Roads. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 13(4), 46-50. https://doi.org/10.12737/article_5c3de3817c03d1.22631961
12. Leonidova, T. V., Sidorenkova, N. K., Blokhina, N. A., & Kharitonov, I. D. (2019). The Content of Heavy Metals in a roadside area of the highways. *International Journal of Applied and Basic Research*, (1). 146-149.
13. Metodika "Kriterii otcenki ekologicheskoi obstanovki territorii dlia vyavleniia zon chrezvychainoi ekologicheskoi situatsii i zon ekologicheskogo bedstviia" (30.11.1992).
14. Molkov, A. A., & Ragimov, A. O. (2019). Otcenka ekologicheskogo sostoianiiia pochv pridorozhnykh territorii vladimirskaia oblasti v Sudogodskom raione. *Sovremennye tendentsii v nauchnom obespechenii agropro-myshlennogo kompleksa*. Ivanovo. 189-191.
15. Nesterov, I. S., Petrenko, D. B., & Vasilev, N. V. (2015). Otcenka zagriazneniia pochv pridorozhnykh territorii moskovskoi oblasti ekotoksikantami. In *Problemy ekologii Moskovskoi oblasti: sbornik nauchnykh materialov, Moscow*. 200-205.
16. Stepovik, D. A. (2010). Farm Lands Structure and Composition in the Orenburg Region. *Izvestiia Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 1(25-1).
17. Chekmareva, O. V., Garitckaia, M. Iu., & Pavlova, T. V. (2015). Ekotoksikologicheskaiia kharakteristika kachestva pochv, nakhodiashchikhsia v zone vliianiia Aktiubinskogo zavoda ferrosplavov. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, (10 (185)).
18. Esposito, F., Memoli, V., Di Natale, G., Trifuoggi, M., & Maisto, G. (2019). Quercus ilex L. leaves as filters of air Cd, Cr, Cu, Ni and Pb. *Chemosphere*, 218, 340-346. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.133>
19. Howard, J., Weyhrauch, J., Loriaux, G., Schultz, B., & Baskaran, M. (2019). Contributions of artifactual materials to the toxicity of anthropogenic soils and street dusts in a highly urbanized terrain. *Environmental Pollution*, 255, 113350. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113350>
20. Khan, Z. I., Arshad, N., Ahmad, K., Nadeem, M., Ashfaq, A., Wajid, K., ... & Sana, M. (2019). Toxicological potential of cobalt in forage for ruminants grown in polluted soil: a health risk assessment from trace metal pollution for livestock. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(15), 15381-15389. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04959-9>
21. Krailertrattanachai, N., Ketrot, D., & Wisawapipat, W. (2019). The Distribution of Trace Metals in Roadside Agricultural Soils, Thailand. *International journal of environmental research and public health*, 16(5), 714. <https://doi.org/10.3390/ijerph16050714>
22. Li, T., Zhang, M., Gu., K., Herman, U., Crittenden, J., & Lu, Z. (2016). DNA Damage in Euonymus japonicus Leaf Cells Caused by Roadside Pollution in Beijing. *International journal of environmental research and public health*, 13(7), 742. <https://doi.org/10.3390/ijerph13070742>
23. Maeaba, W., Prasad, S., & Chandra, S. (2019). First Assessment of Metals Contamination in Road Dust and Roadside Soil of Suva City, Fiji. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 77(2), 249-262. <https://doi.org/10.1007/s00244-019-00635-8>
24. Mleiki, A., Marigómez, I., & El Menif, N. T. (2017). Green garden snail, *Cantareus apertus*, as biomonitor and sentinel for integrative metal pollution assessment in roadside soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(31), 24644-24656. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0091-2>
25. Thanneeru, S., Li, W., & He, J. (2019). Controllable Self-Assembly of Amphiphilic Tadpole-Shaped Polymer Single-Chain Nanoparticles Prepared through Intrachain Photo-cross-linking. *Langmuir*, 35(7), 2619-2629. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.8b03095>
26. Yan, G., Mao, L., Jiang, B., Chen, X., Gao, Y., Chen, C., ... & Chen, L. (2020). The source apportionment, pollution characteristic and mobility of Sb in roadside soils affected by traffic and industrial activities. *Journal of Hazardous Materials*, 384, 121352. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121352>

Гарицкая М. Ю., Холодилина Т. Н., Баранова М. С. Экологическая характеристика качества почв придорожных территорий, используемых для выращивания сельскохозяйственных культур // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 119–126. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/18>

Garitskaya, M. Y., Kholodilina, T. N., & Baranova, M. S. (2020). Ecological characteristics of soil quality of roadside areas used for growing crops. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 119–126. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/18>

А. С. Петухов, Т. А. Кремлева, Н. А. Хридохин, Г. А. Петухова, П. И. Кайдунова

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd) В ПОЧВАХ г. ТЮМЕНИ

A. S. Petukhov, T. A. Kremleva, N. A. Khritokhin, G. A. Petukhova, P. I. Kaidunova

HEAVY METAL (Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd) CONCENTRATION IN SOILS OF TYUMEN

Аннотация. Загрязнение почвы тяжелыми металлами вызывает накопление металлов растениями и деградацию растительных сообществ, что приводит к передаче токсиантов по пищевым цепочкам к человеку. В связи с этим изучение содержания тяжелых металлов в почвах городской среды является актуальной научной задачей. Целью данной работы было изучение содержания тяжелых металлов (Cu, Zn, Fe, Mn, Pb и Cd) в почвах г. Тюмени. Верхний слой почвы был отобран на условно-чистом участке, вблизи автотрассы, а также из районов, где расположены металлургические, моторостроительные, нефтеперерабатывающие и аккумуляторные заводы. Содержание подвижной и кислоторастворимой форм тяжелых металлов было определено методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Анализ содержания тяжелых металлов выявил загрязнение Fe во всех изученных пробах из городской среды, а также загрязнение Pb и Zn с превышением ПДК вблизи аккумуляторного и металлургического завода соответственно. Содержание Cu, Mn и Zn в почвах было повышено по сравнению с контролем на большинстве исследованных участков. Содержание Cd во всех изученных почвах было на уровне предела определения. В среднем, процент подвижных форм Mn и Zn был наибольшим среди всех изученных металлов. Наиболее интенсивная аккумуляция всех тяжелых металлов была обнаружена вблизи металлургического и аккумуляторного заводов. Полученные результаты могут быть использованы для экологического мониторинга почв в Тюмени.

Ключевые слова: тяжелые металлы; почвы; атомно-абсорбционный анализ; свинец; железо.

Abstract. Toxic heavy metals contaminating soil get accumulated by plants, cause degradation of plant communities, and eventually penetrate human bodies with food. Therefore, it is urgent to investigate the content of heavy metal in soils in urban areas. The aim of this study was to investigate the concentration of Cu, Fe, Mn, Pb and Cd in soils of Tyumen. Top soil was sampled at the semi-clean control site near a highway, and at sites near metallurgical, motor-building, oil-refining and battery-manufacturing facilities in Tyumen, Russia. The concentration of active and acid-soluble forms of heavy metals was determined by atomic-absorption spectrophotometry. All the soil samples from urban areas were polluted with Fe. The samples collected near the battery manufactory and the metallurgical plant were contaminated with Pb and Zn, respectively, with maximum allowable concentration exceeded. The Cu, Mn and Zn content in most soil samples was higher than that in the control sample. The Cd content in all samples was at the lower limit of detection. The average percentages of active forms of Mn and Zn in soils were the highest among all the studied metals. The most intense accumulation of all heavy metals was observed near the battery manufactory and the metallurgical plant. The obtained results can be useful for environmental monitoring in Tyumen.

Key words: heavy metal; soil; atomic-absorption analysis; lead; iron.

Сведения об авторах: Петухов Александр Сергеевич, ORCID: 0000-0003-2906-174X, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, revo251@mail.ru; Кремлева Татьяна Анатольевна, SPIN-код: 7591-3110, ORCID: 0000-0001-9229-4912, д-р хим. наук, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, kreml-ta@yandex.ru; Хридохин Николай Александрович, ORCID: 0000-0002-8157-8677, канд. хим. наук, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, kna@utmn.ru; Петухова Галина Александровна, SPIN-код: 7852-2184, ORCID: 0000-0003-2906-174X, д-р биол. наук, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, gpetuhova1@mail.ru; Кайдунова Полина Игоревна, Тюменский государственный университет, г. Тюмень, Россия, polina.kaydunova@mail.ru.

About the authors: Petukhov Alexander Sergeevich ORCID: 0000-0003-2906-174X, Tyumen State University, Tyumen, Russia, revo251@mail.ru; a Kremleva Tatyana Anatolievna, SPIN-код: 7591-3110, ORCID: 0000-0001-9229-4912, Dr. habil, Tyumen State University, Tyumen, Russia, kreml-ta@yandex.ru; Khritokhin Nikolay Alexandrovich, ORCID: 0000-0002-8157-8677, Ph.D., Tyumen State University, Tyumen, Russia, kna@utmn.ru; Petukhova Galina Alexandrovna, SPIN-код: 7852-2184, ORCID: 0000-0003-2906-174X, Dr. habil., Tyumen State University, Tyumen, Russia, gpetuhova1@mail.ru; Kaidunova Polina Igorevna, Tyumen State University, Tyumen, Russia, polina.kaydunova@mail.ru.

Введение

Проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) является одной из наиболее актуальных на сегодняшний день. ТМ обладают высокой токсичностью для всех живых организмов. Основным путем миграции ТМ в окружающей среде является поступление их в почвы, где они

становятся доступными для растений [13]. В связи с этим оценка содержания тяжелых металлов в почве является индикатором экологической безопасности среды.

Основными источниками загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами являются выбросы предприятий металлургии, тепловые и атомные электростанции, предприятия по добыче и переработке нефти, транспорт, сбросы промышленных сточных вод [16]. Изучению содержания тяжелых металлов в почве посвящено большое количество научных работ [7; 15; 18]. В среднем около 11% почв территории России имеет высокий уровень загрязнения тяжелыми металлами [13].

Содержание тяжелых металлов в почвах г. Тюмени и Тюменского района было также ранее проанализировано в некоторых работах [3; 14], однако не было учтено загрязнение вблизи металлургического и нефтеперерабатывающего заводов. Целью работы стало изучение содержания тяжелых металлов (Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd) в почвах г. Тюмени в 2017–2018 гг.

Материалы и методы

Материал для исследования был отобран в конце июля 2017 и 2018 гг. в течение 3–4 дней в районе г. Тюмени на следующих участках:

- 1) Контроль – участок на удалении 5 км от антропогенных источников;
- 2) Автотрасса Тюмень–Омск – 30 км от г. Тюмени, удаление от автотрассы не более 30 м;
- 3) «Тюменские Моторостроители» – г. Тюмень, участок на удалении 200 м от предприятия;
- 4) НПЗ – г. Тюмень, участок на удалении 200 м от предприятия «Антипинский нефтеперерабатывающий завод»;
- 5) Район Аккумуляторного завода – г. Тюмень, участок на удалении 200 м от предприятия;
- 6) УГМК (Уральская горно-металлургическая компания) – г. Тюмень, участок на удалении 200 м к югу от предприятия «УГМК-Сталь» вблизи автотрассы;
- 7) УГМК 2 – г. Тюмень, участок на удалении 50 м от предприятия «УГМК-Сталь»;
- 8) УГМК 3 – г. Тюмень, участок на удалении 2 000 м к востоку от предприятия «УГМК-Сталь» вблизи автотрассы;
- 9) УГМК 4 – г. Тюмень, участок на удалении 500 м к северу от предприятия.

Пробы почв на участках УГМК 3 и УГМК 4 отбирали только в 2018 г. Почвы на всех указанных участках относились к дерново-подзолиному подтипу. Площадь участков составляла не менее 100 м². Пробы почвы отбирали методом конверта на глубину 10 см. После этого воздушно-сухую массу почвы усредняли по методу квартования, перетирали и просеивали через сито. Анализ содержания металлов проводили с помощью атомно-абсорбционного спектрофотометра «ContrAA 700» (Analytic Jena, Германия) с использованием ацетатно-аммонийного буфера с pH = 4,8 (определение подвижных форм металлов) и экстрактов 1M HNO₃ (определение кислоторастворимых форм) по РД 52.18.289-90 и РД 52.18.191-89 соответственно. Полученные результаты были подвергнуты стандартной статистической обработке в программе Statistica 10.

Результаты и их обсуждение

Тюмень является одним из городов России с наибольшей обеспеченностью населения автомобильным транспортом. Кроме того, на территории города находятся аккумуляторный, нефтеперерабатывающий, металлургический и другие заводы, что также создает потенциальную опасность для загрязнения почв тяжелыми металлами.

Содержание подвижной формы Cd в почвах из различных районов г. Тюмени в 2017–2018 гг. оказалось менее 1 мг/кг (табл. 1, 2) во всех проанализированных пробах, что в целом соответствует естественному содержанию Cd в почвах [16]. Концентрация Cd в почве на участках НПЗ и УГМК 2 оказалась в 2,5 и 2 раза соответственно выше, чем в контроле. В 2018 г. содержание Cd вблизи этих предприятий находилось на уровне контроля, как и на всех остальных участках в 2017 и 2018 гг. В целом, содержание Cd в почвах в 2018 г. оставалось на том же уровне, что и в 2017 г.

Содержание кислоторастворимых форм Cd в изученных почвах находилось на уровне содержания подвижной формы, и было в диапазоне 0,13–0,70 мг/кг (табл. 1, 2). Полученный результат соответствует содержанию Cd в других исследованиях [1; 15]. Содержание Cd в почвах на большинстве исследованных участков было на уровне предела определения используемого оборудования. Таким образом, можно сделать предположение, что использование ацетатно-аммонийного буфера (pH = 4,8) позволяет экстрагировать из почвы не меньшее содержание Cd, чем азотная кислота, в условиях низкого его содержания в почвах. Полученные результаты указывают на то, что, вероятно, в данных условиях из почвы экстрагируется практически весь доступный кадмий.

Таблица 1

**Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в почвах г. Тюмени в 2017 г.
(над чертой – подвижные формы, под чертой – кислоторастворимые формы)**

	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Контроль	<u>0,31±0,18</u>	<u>0,38±0,06</u>	<u>123±6,00</u>	<u>57,5±5,61</u>	<u>16,1±4,80</u>	<u>1,64±0,02</u>
	0,56±0,07	3,77±0,07	32600±1080	163±8,00	13,3±5,14	9,60±3,33
Автотрасса	<u>0,40±0,08</u>	<u>0,44±0,07</u>	<u>88,4±11,1</u>	<u>62,1±7,73</u>	<u>6,12±1,87</u>	<u>1,45±0,03</u>
	0,43±0,08	1,19±0,20	15600±1370	184±12,0	10,3±3,55	6,78±0,11
Мотор. завод	<u>0,17±0,10</u>	<u>0,94±0,15</u>	<u>34,5±3,20</u>	<u>56,1±7,70</u>	<u>12,8±6,78</u>	<u>3,45±0,08</u>
	0,13±0,09	5,93±0,53	40000±1200	247±27,0	10,5±2,53	29,1±6,85
НПЗ	<u>0,77±0,14</u>	<u>0,77±0,12</u>	<u>39,5±8,47</u>	<u>52,5±5,12</u>	<u>9,44±4,04</u>	<u>1,73±0,12</u>
	0,63±0,14	4,24±0,22	32000±3690	272±9,00	10,4±3,95	17,4±1,66
Аккумуляторный завод	<u>0,26±0,17</u>	<u>0,86±0,14</u>	<u>46,9±2,64</u>	<u>86,6±5,62</u>	<u>29,0±2,19</u>	<u>2,46±0,03</u>
	0,29±0,04	13,6±1,89	79800±4250	462±18,0	91,1±5,40	48,7±7,48
УГМК	<u>0,27±0,13</u>	<u>0,84±0,14</u>	<u>38,2±6,18</u>	<u>56,0±2,32</u>	<u>13,6±5,21</u>	<u>1,38±0,01</u>
	0,24±0,15	9,58±0,35	77000±6280	372±16,0	10,6±2,62	29,1±4,55
УГМК 2	<u>0,66±0,15</u>	<u>0,23±0,04</u>	<u>33,1±2,05</u>	<u>84,8±4,94</u>	<u>13,4±0,27</u>	<u>2,41±0,09</u>
	0,66±0,12	9,70±0,70	80300±4120	382±77,0	10,5±3,72	35,1±5,60

Таблица 2

**Содержание тяжелых металлов (мг/кг) в почвах г. Тюмени в 2018 г.
(над чертой – подвижные формы, под чертой – кислоторастворимые формы)**

	Cd	Cu	Fe	Mn	Pb	Zn
Контроль	<u>0,53±0,16</u>	<u>0,07±0,01</u>	<u>47,7±2,64</u>	<u>37,8±6,03</u>	<u>16,5±3,23</u>	<u>2,30±0,06</u>
	0,44±0,10	1,78±0,27	24500±138	776±108	10,4±5,18	12,8±5,01
Автотрасса	<u>0,48±0,21</u>	<u>0,44±0,07</u>	<u>58,7±7,10</u>	<u>60,1±2,51</u>	<u>14,1±3,54</u>	<u>0,94±0,01</u>
	0,35±0,10	3,66±0,42	22000±1960	318±18,9	10,5±5,23	12,0±1,51
Мотор. завод	<u>0,48±0,20</u>	<u>0,44±0,07</u>	<u>32,8±0,66</u>	<u>94,0±9,10</u>	<u>19,0±5,20</u>	<u>2,89±0,13</u>
	0,53±0,10	9,67±0,60	41600±4750	461±12,9	18,3±2,30	23,3±3,38
НПЗ	<u>0,54±0,20</u>	<u>0,32±0,05</u>	<u>25,0±13,7</u>	<u>25,2±1,01</u>	<u>27,2±1,36</u>	<u>0,73±0,05</u>
	0,46±0,10	7,05±0,32	44400±5770	265±28,9	28,5±3,26	14,2±0,31
Аккумуляторный завод	<u>0,62±0,12</u>	<u>0,45±0,07</u>	<u>22,7±7,92</u>	<u>58,0±5,40</u>	<u>49,0±3,94</u>	<u>2,85±0,01</u>
	0,52±0,13	15,8±1,00	87900±2200	488±34,7	172±6,00	55,5±2,63
УГМК	<u>0,46±0,18</u>	<u>0,07±0,01</u>	<u>16,3±2,25</u>	<u>69,5±4,51</u>	<u>17,3±0,82</u>	<u>2,55±0,08</u>
	0,33±0,10	8,49±0,75	58500±6480	453±88,4	17,9±2,28	28,3±3,88
УГМК 2	<u>0,55±0,22</u>	<u>0,02±0,01</u>	<u>30,2±4,16</u>	<u>124±9,16</u>	<u>20,4±5,90</u>	<u>5,94±0,03</u>
	0,46±0,10	10,2±0,71	64700±4770	440±81,6	18,2±3,44	52,8±12,5
УГМК 3	<u>0,57±0,21</u>	<u>0,18±0,03</u>	<u>60,0±6,51</u>	<u>106±1,58</u>	<u>19,3±2,25</u>	<u>6,41±0,89</u>
	0,53±0,10	11,1±1,00	73500±5220	504±33,4	17,4±1,04	53,7±8,57
УГМК 4	<u>0,84±0,30</u>	<u>0,28±0,05</u>	<u>60,9±8,23</u>	<u>93,2±8,29</u>	<u>19,7±1,40</u>	<u>11,9±0,19</u>
	0,70±0,12	28,1±1,96	78000±5310	579±67,1	21,2±0,94	142±28,9

Содержание подвижной формы Cu во всех изученных пробах почвы г. Тюмени также оказалось ниже 1 мг/кг (табл. 1, 2). В 2017 г. концентрация Cu в почвах с участков: Моторостроители, НПЗ, Аккумуляторный завод и УГМК была выше, чем в контроле, в 2–2,5 раза, а в 2018 г. содержание Cu в почве в районе моторостроительного, нефтеперерабатывающего и аккумуляторного заводов оказалось как минимум в 4 раза выше, по сравнению с контролем. Кроме того, в 2018 г. было обнаружено повышенное, по сравнению с контролем, содержание Cu вблизи металлургического завода на участках УГМК 3 и УГМК 4 – в 2,5 и 3,9 раза соответственно. Однако на всех указанных участках содержание подвижной формы Cu в почве оставалось низким, что позволяет судить о низкой потенциальной опасности для экологической обстановки. В целом, содержание Cu в почвах в 2018 г. снизилось по сравнению с 2017 г.

Содержание кислоторастворимой формы Cu находилось в диапазоне от 1,2 до 28 мг/кг в исследованных пробах почвы г. Тюмени (табл. 1, 2). ПДК валовой формы Cu составляет 55 мг/кг. Таким образом, загрязнения почв города Cu вблизи различных промышленных предприятий по действующим нормативам выявлено не было. Тем не менее, было получено статистически значимое обогащение почвы кислоторастворимой формой Cu вблизи всех изученных промышленных предприятий как в 2017,

так и в 2018 г. В меньшей степени это было выражено для почв вблизи НПЗ и моторостроительного завода, отличие от контроля составляло 12 и 60% в 2017 г. и 4,4 и 5,5 раза в 2018 г. соответственно. Содержание Си вблизи металлургического завода (участки УГМК 1-3) в 2018 г. было также в 5,5 раз выше, чем в контрольном образце. Концентрация Си на участке УГМК 4 (500 метров к северу от предприятия) было в 15 раз выше, чем на фоновом участке. Это может указывать на преимущественный воздушный перенос загрязнения от металлургического предприятия в этом направлении. Кроме того, повышенное (ориентировочно в 4 раза) содержание Си в почве было обнаружено вблизи аккумуляторного завода в 2017–2018 гг. Таким образом, несмотря на то, что содержание Си во всех исследованных почвах было ниже ПДК, повышенное содержание этого металла, по сравнению с фоновым участком, может указывать на возрастающее антропогенное давление на почвенный покров вблизи промышленных предприятий города. Отсутствие повышенного содержания Си в почве вблизи автотрассы по сравнению с фоновым участком было обнаружено в исследовании, проведенном в Южной Корее [17].

Доля подвижной формы Си от количества, извлекаемого азотной кислотой, изменялось в широких пределах от 0,2 до 37%, преимущественно от 1 до 18% (рис. 1). Содержание подвижной формы тяжелых металлов рассматривается как потенциально доступное для поглощения растениями. Полученный результат указывает на небольшой процент доступности почвенной меди. Низкая подвижность Си, вероятно, говорит об относительно прочном закреплении Си в составе комплексов с гумусовыми кислотами, а также адсорбции Си на глинистых минералах, гидроксидах Fe и Mn.

Концентрация подвижной формы Fe в почве находилась в пределах от 15 до 120 мг/кг (табл. 1, 2). Содержание Fe в 2017 г. на всех опытных участках было ниже, чем в контроле, но как минимум в 2 раза выше, чем на фоновом участке. В 2018 г. содержание Fe на контрольном участке снизилось до 48 мг/кг. Содержание Fe на большинстве опытных участков оставалось ниже контрольных значений на 30–70%. Исключением стало повышенное содержание Fe вблизи автотрассы на 20%, а также на участках УГМК 3 и УГМК 4 на 25%. Учитывая низкое содержание Fe в почве на участках УГМК и УГМК 2, можно предположить, что поступление Fe от металлургического завода характеризуется распространением на большие расстояния.

Содержание кислоторастворимой формы Fe в исследованных образцах почвы г. Тюмени составляло от 15 500 до 87 900 мг/кг (1,6–8,8%) (табл. 1, 2). Среднее содержание Fe в различных типах почв оценивается в 3–5%. Кларк железа в почве составляет 3,8% [2]. Исследование почв Предбайкалья выявило содержание железа в диапазоне от 2,8 до 5,4% [7]. Концентрация Fe в исследованных почвах г. Тюмени на участках контроля, автотрассы, моторостроительного и нефтеперерабатывающего завода (1,6–4,4%), в целом, согласуется с вышеприведенными данными. Однако содержание Fe в почвах вблизи аккумуляторного завода, а также металлургического предприятия (точки УГМК – УГМК 4) оказалось повышенным и составляло от 5,8 до 8,8% в 2017 и 2018 гг., что выше контрольного уровня в 2–2,5 раза. Известно, что поверхностные и подземные воды г. Тюмени характеризуются повышенным содержанием Fe [6]. Разумно предположить, что при контакте с водами почвы будут обогащаться этим элементом. Поскольку исключительно в определенных районах города (аккумуляторный и металлургический завод) содержание железа оказалось значительно больше (на 34–63 г/кг), можно заключить, что полученные результаты не могут быть объяснены исключительно природным происхождением железа в почвах. На антропогенный характер загрязнения почвы железом также указывает специфика соответствующих предприятий. Предположительно, основным источником поступления железа в окружающую среду являются дымовые трубы сталеплавильного производства на металлургическом предприятии и сточные воды аккумуляторного завода от производства свинцово-кислотных и железоникелевых аккумуляторов для железнодорожного транспорта.

Отношение подвижной формы Fe в почве к кислоторастворимой на всех исследуемых участках оставалось крайне низким (от 0,03 до 0,57%) (рис. 1). Для железа характерно нахождение в почве в виде малорастворимых оксидов и гидроксидов. Кроме того, данный результат указывает на невысокую опасность содержащегося в почве Fe для экосистем. Однако при подкислении почв следует ожидать, что содержание подвижной формы Fe вырастет, что может привести к большей мобильности Fe в растения и воды. Необходимо учитывать, что отходы аккумуляторного и металлургического завода содержат кислые компоненты, способные при попадании в почву вызывать ее закисление. Поэтому целесообразны дальнейшие исследования по содержанию подвижных форм Fe в данных районах.

Содержание подвижной формы Mn в почвах в целом соответствовало содержанию Fe и находилось в пределах от 25 до 125 мг/кг (табл. 1, 2). В 2017 г. содержание Mn на большинстве участков было на уровне контроля и находилось в диапазоне от 52 до 62 мг/кг. Повышенное в 1,5 раза содержание Mn было обнаружено в почве вблизи аккумуляторного завода и на участке УГМК 2. В 2018 г. содержание подвижной формы Mn в почве практически со всех исследованных участков, за исключением НПЗ,

оказалось выше, чем в контроле, как минимум, в 1,5 раза. Наибольшие концентрации были найдены вблизи металлургического завода на участках УГМК 2, 3 и 4, где превышение контрольных значений достигало трех раз. Полученный результат коррелирует с более высокими концентрациями Fe на участках УГМК 3 и УГМК 4.

Концентрация кислоторастворимой формы Mn находилась в диапазоне от 160 до 780 мг/кг (табл. 1, 2). ПДК Mn в почве составляет 1 500 мг/кг. В целом, содержание Mn во всех исследуемых почвах находилось в естественных пределах, описанных в литературе, например, для почв Белоруссии [11]. Однако в 2017 г. содержание Mn в почве в районе промышленных предприятий, за исключением автотрассы, оказалось повышенным, по сравнению с контролем, в 1,5–2,8 раза. Особенно высоким содержанием Mn оказалось вблизи аккумуляторного и металлургического заводов (от 370 до 490 мг/кг). Известно, что Mn является легирующим компонентом стали, что может указывать на возможную причину поступления Mn в окружающую среду вблизи металлургического предприятия. В 2018 г. содержание Mn на фоновой точке составило 775 мг/кг, поэтому содержание Mn на всех остальных участках оказалось ниже контрольного значения. Содержание Mn в контрольном образце почвы в 2018 г. явно отличалось от всех других полученных результатов в 2017 и 2018 гг., что может указывать на локальный скачок концентрации Mn в почве. Однако необходимы дальнейшие исследования для подтверждения этой гипотезы.

Доля подвижной формы Mn на всех участках была высокой и составила от 5 до 35% (в основном 10–20%) (рис. 1). Для марганца характерна стабильность аквакомплексов и различных водорастворимых солей, поэтому можно ожидать высокую подвижность марганца в почве. Кроме того, высокий процент подвижной формы Mn был получен нами при загрязнении почвы в модельном эксперименте [10].

Содержание подвижной формы Pb в почвах находилось в диапазоне от 10 до 50 мг/кг. На большинстве участков, в том числе вблизи автотрассы, содержание Pb не отличалось от уровня контроля и находилось в пределах от 10 до 20 мг/кг. Превышения контрольных значений были обнаружены в 2018 г. на участке НПЗ – 27 мг/кг, превышение на 60%, вблизи аккумуляторного завода в 2017 г. – 29 мг/кг, превышение на 80% и в 2018 г. – 49 мг/кг, что выше контрольного уровня почти в 3 раза. Содержание Pb в почве вблизи аккумуляторного завода в 2018 г. превышает ПДК (32 мг/кг) в 1,5 раза. Повышенное содержание Pb в почве вблизи аккумуляторного завода, вероятно, вызвано производством свинцово-кислотных аккумуляторов.

Содержание кислоторастворимой формы Pb в почве на большинстве исследуемых участков было на уровне предела обнаружения используемого оборудования и, в целом, примерно соответствовало его подвижной форме, как и в случае с Cd (табл. 1, 2). Исключением стал образец почвы в районе аккумуляторного завода, где в 2017 г. было обнаружено 91 мг/кг свинца, а в 2018 г. – 172 мг/кг. Данный результат коррелирует и с подвижной формой Pb в почве. Найденные в почве концентрации кислоторастворимой формы Pb в 2017 и 2018 гг., а также содержание подвижной формы Pb в 2018 г. вблизи аккумуляторного завода превышало ПДК в 2,8, 5,4 и 1,5 раза соответственно. Кроме того, содержание кислоторастворимой формы Pb в 2018 г. превышало ОДК на 32%. В исследовании 2015 г. было показано [14], что содержание Pb в почве вблизи аккумуляторного завода составляет 158 мг/кг, что близко к полученным результатам. Кроме того, в другой работе было обнаружено содержание Pb от 70 до 1 000 мг/кг в районе аккумуляторного завода [3]. Необходимо отметить, что содержание и подвижной, и кислоторастворимой формы Pb в почве в 2018 г. оказалось на 60 и 90% соответственно выше, чем в 2017 г., что может указывать на возрастающий характер загрязнения почвы свинцом. Доля подвижной формы Pb в почве вблизи аккумуляторного завода составила 28–32%, что создает потенциальную опасность для поглощения свинца растительностью. Аналогичная высокая подвижность Pb в почве городской среды была ранее выявлена в г. Самаре [9]. Таким образом, выявлено загрязнение почвенного покрова свинцом с превышением действующих санитарных нормативов вблизи аккумуляторного завода в результате производства свинцово-кислотных аккумуляторов. В проведенном ранее исследовании было найдено до 100 мг/кг Pb в почвах на территории оработанных рудников в Башкирии, что близко к полученным результатам в районе аккумуляторного завода [5]. Содержание Pb и Cd вблизи автотрассы было низким и практически не отличалось от фонового участка, как и в ранее проведенном другими авторами исследовании по Тюменскому району [12].

Концентрация подвижной формы Zn в изученных почвах г. Тюмени в 2017–2018 гг. находилась в пределах от 0,7 до 12 мг/кг (табл. 1, 2). Содержание Zn в почвах вблизи автотрассы, нефтеперерабатывающего завода, а также на участке УГМК оставалось на уровне контроля или было несколько снижено. Однако на участках: Моторостроители, Аккумуляторный завод, УГМК 2, УГМК 3 и УГМК 4 были найдены повышенные концентрации Zn в почвах как в 2017, так и в 2018 г., как минимум, на

50%. Наиболее высокое содержание подвижной формы Zn было найдено в районе металлургического завода на участках УГМК 2, УГМК 3 и УГМК 4 в 2018 г., где превышение контроля составляло, как минимум, 2,5 раза.

Содержание кислоторастворимой формы Zn в различных почвах г. Тюмени составило от 7 до 143 мг/кг (табл. 1, 2). Было обнаружено превышение содержания Zn в фоновой почве и почве автотрассы вблизи всех изученных промышленных предприятий, вблизи моторостроительного и нефтеперерабатывающего заводов как минимум в 1,8 раза. Более высокие концентрации Zn были найдены вблизи аккумуляторного и металлургического заводов: превышение контрольных значений достигало 4 раз на участках Аккумуляторный завод и УГМК, УГМК 2, УГМК 3. Исключительно высокое содержание Zn в почве было выявлено на участке УГМК 4 – 143 мг/кг. Скорее всего, учитывая данные по всем остальным исследуемым точкам, высокий уровень Zn в почве на участке УГМК 4 вызван локальными причинами, возможно, не связанными с загрязнением от металлургического предприятия. Интересно, что на участке УГМК 4 также было выявлено исключительно высокое содержание Cu, по сравнению с другими изученными участками. В то же время содержание Pb, Cd, Fe, Mn находилось на уровне других точек вблизи металлургического предприятия. Так или иначе, содержание Zn на участке УГМК 4 в 2018 г. превышало ПДК для Zn (100 мг/кг) в 1,4 раза. Близкие концентрации Zn в почве были обнаружены в районе предприятия электронной промышленности в Китае [19]. Ранее загрязнение почв Zn в городской среде в районе временного хранения твердых бытовых отходов было выявлено в г. Йошкар-Ола с превышением ПДК в 1,5 раза [4].

Подвижность Zn в почве составила от 5 до 18% (в среднем, 5–10%) (рис.), что коррелирует с данными о низком сродстве Zn к гумусовым кислотам, по сравнению с другими тяжелыми металлами. По доле подвижных форм в почвах исследуемые металлы можно расположить в следующий ряд: Fe < Cu < Zn < Mn. Результаты по свинцу и кадмию затруднительно включать в подобный ряд в силу низкого их содержания в большинстве почв и, следовательно, недостаточного количества данных.

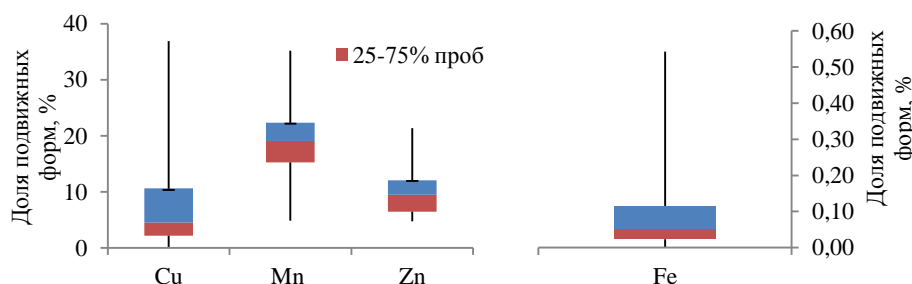


Рис. Доля подвижных форм Cu, Mn, Zn и Fe в почвах г. Тюмени в 2017–2018 гг.: вертикальные линии показывают первый и четвертый квартиль, горизонтальная линия внутри прямоугольника – медиана выборки

Заключение

Таким образом, в изученных пробах почв г. Тюмени выявлено загрязнение Fe на всех исследованных участках, по сравнению с контролем, а также загрязнение Pb в районе аккумуляторного завода и Zn вблизи металлургического завода с превышением ПДК по обоим металлам. Кроме того, выявлено превышение фоновых значений по содержанию Cu, Mn и Zn на всех изученных участках. В целом, содержание ТМ в почве в районе металлургического завода распределено равномерно в различных изученных направлениях от предприятия, однако наибольшие концентрации Cu и Zn обнаружены на удалении 500 м к северу от завода. Содержание Cd во всех исследованных пробах почвы находилось на уровне предела определения (<1 мг/кг). Доля подвижных форм тяжелых металлов в почве убывала в следующем ряду: Mn > Zn > Cu > Fe. Наиболее высокие концентрации всех тяжелых металлов в почве наблюдались в районе аккумуляторного и металлургического заводов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисян А. А., Колесников В. А., Аветисян А. Т. Содержание тяжелых металлов (свинец и кадмий) в почвах и растениях нетрадиционных кормовых культур и их эколого-токсикологическая оценка в лесостепи Восточной Сибири // Вестник КрасГАУ. 2017. № 6(129). С. 17–27.
2. Алексеев В. В. Геохимия ландшафта и окружающая среда. М.: Наука, 1990.
3. Берсенева А. Г. Содержание тяжелых металлов в почвах на территориях промышленных предприятий города Тюмени // Вестник КрасГАУ. 2015. № 6(105). С. 41–44.
4. Воскресенская О. Л., Воскресенский В. С., Алябышева Е. А. Накопление тяжелых металлов почвой и растениями в местах сбора и временного хранения твердых бытовых отходов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 2. С. 40–46

5. Газизова Л. Р., Янтурин С. И., Ягафарова Г. А. Тяжелые металлы в почвах на территории бывших отработанных рудников // Вестник ОГУ. 2009. № 6(100). С. 552–553.
6. Ермакова Н. А., Архипова А. Р., Крапотина П. В., Сияюткина А. Ю., Фахрутдинова Л. К. Гидрохимическое состояние тюменских источников хозяйственно-питьевого водоснабжения в весенне-летний период // Вестник ТюмГУ. Экология и природопользование. 2014. № 12. С. 138–149.
7. Копылова Л. В., Лескова О. А. Содержание железа в некоторых природных объектах в условиях антропогенной нагрузки (Забайкальский край) // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 6. С. 1–8.
8. Корельская Т. А., Попова Л. Ф. Тяжелые металлы в почвенно-растительном покрове селитебного ландшафта города Архангельска // Арктика и Север. 2012. № 7. С. 136–152.
9. Морозова Н. А., Прохорова Н. В. Аккумуляция тяжелых металлов в почвах и растениях урбосреды // Университет им. В.И. Вернадского. 2007. Т. 1. № 4(10). С. 77–81.
10. Петухов А. С., Хритохин Н. А., Петухова Г. А., Кудрявцев А. А. Транслокация меди, цинка, железа и марганца в ткани овса посевного (*Avena sativa* L., 1753) // Известия Саратовского университета. Новая Серия: Химия. Биология. Экология. 2018. Т. 18. № 1. С. 65–70. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2018-18-1-65-70>
11. Позняк С. С. Содержание тяжелых металлов Pb, Ni, Zn, Cu, Mn, Zr, Cr, Co и Sn в почвах центральной зоны Республики Беларусь // Экономика и экологический менеджмент. 2011. № 1. С. 23–35.
12. Скипин Л. Н., Ваймер А. А., Квашнина Ю. А., Судакова И. К. Загрязнение кадмием и свинцом почв в зоне автомагистрали // Плодородие. 2007. № 3. С. 37–38.
13. Титов А. Ф., Казнина Н. М., Таланова В. В. Тяжелые металлы и растения. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. 2014.
14. Шигабаева Г. Н. Тяжелые металлы в почвах некоторых районов г. Тюмени // Вестник ТюмГУ. Экология и природопользование. 2015. Т. 2. № 2. С. 92–102.
15. Chaplygin V., Minkina T., Mandzhieva S., Burachevskaya M., Sushkova S., Poluektov E., ... Kumacheva V. The effect of technogenic emissions on the heavy metals accumulation by herbaceous plants // Environmental monitoring and assessment. 2018. Vol. 190. № 3. P. 124. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6489-6>
16. Kabata-Pendias A., Pendias H. 2011. Trace elements in soils and plants. 4th edition, Boca Raton: CRC Press.
17. Kim H. S., Kim K-R., Kim W-Il., Owens G., Kim K-H. Influence of road proximity on the concentrations of heavy metals in Korean urban agricultural soils and crops // Archives of environmental contamination and toxicology. 2017. Vol. 72. № 2. P. 260–268. <https://doi.org/10.1007/s00244-016-0344-y>
18. Swiercz A., Zajecka E. 2018. Accumulation of heavy metals in the urban soils of the city Skarzynsko-Kamienna (Poland) with regard to land use // Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. Vol. 13, № 1. P. 249–266. <https://doi.org/10.26471/cjees/2018/013/022249-266>
19. Wu W., Wu P., Yang F., Sun D-l., Zhang D-X., Zhou Y-K. Assessment of heavy metal pollution and human health risks in urban soils around an electronics manufacturing facility // Science of the Total Environment. 2018. Vol. 630. P. 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.183>

REFERENCES

1. Avetisyan, A. A., Kolesnikov, V. A. & Avetisyan, A. T. (2017). The content of heavy metals (lead and cadmium) in soils and plants of nonconventional forage crops and their ecological and toxicological assessment in forest steppe of Eastern Siberia. *The Bulletin of KrasGAU*, 6(129), 17-27. (In Russian)
2. Alekseenko, V. V. (1990). Landscape geochemistry and environment [Geohimiya landshafta i okruzhayushchaya sreda]. Moscow. (In Russian)
3. Berseneva, A. G. (2015). The content of the heavy metals in soils on the territory of the industrial enterprises in Tyumen. *The Bulletin of KrasGAU*, 6(105), 41-44. (In Russian)
4. Voskresenskaya, O. L., Voskresenskii, V. S., & Alyabysheva, E. A. (2013). Accumulation of Heavy metals in Soil and Plants in Locations gathering and Temporary Storage solid Waste. *Modern problems of science and education*, (2), 401-406. (In Russian)
5. Gazizova, L. R., Yanturin, S. I., & Yagafarova, G. A. (2009). Heavy metals in soils at the territory of former ore mines [Tyazhelye metally v pochvah na territorii byvshih otrabotannyh rudnikov]. *Vestnik OGU*, 6(100), 552-553 (In Russian)
6. Ermakova, N. A., Arhipova, A. R., Krapotina, P. V., Sijutkina, A. Ju., & Fahrutdinova, L. K. (2014). Hydrochemical state of Tyumen sources of Household and Drinking water supply in spring and summer. *Vestnik Tümenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiã i prirodopol'zovanie [Bulletin of Tyumen State University. Ecology]*, (12), 138-149 (In Russian)
7. Kopylova, L. V., & Leskova, O. A. (2016). Iron content in some natural Objects in the Conditions of Anthropogenic load (TransBaikal Territory). *Modern problems of science and education*, (6), 1-8 (In Russian)
8. Korel'skaja, T. A., & Popova, L. F. (2012). Heavy metals in the soil-vegetation cover of the selitebnii landscape of the city Arkhangelsk. *Arctic and North*, (7), 136-152 (In Russian)
9. Morozova, N. A., & Prohorova, N. V. (2007). Heavy Metals Accumulation in Urban Soils and Plants. *Universitet im V. I. Vernadskogo [University of V.I. Vernadsky]*, 1(4(10)), 77-81. (in Russian)
10. Petukhov, A. S., Khrityokhin, N. A., Petukhova, G. A., & Kudryavtsev, A. A. (2018). Translocation of Copper, Zinc, Iron and Manganese in the Cultivated Oat (*Avena sativa* L., 1753). *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Chemistry. Biology. Ecology*, 18(1), 65-70. <https://doi.org/10.18500/1816-9775-2018-18-1-65-70> (in Russian)
11. Pozniak, S. S. (2011). Concentration of heavy metals (Pb, Ni, Zn, Cu, Mn, Zr, Cr, Co and Sn) in soils of the Central area of Belarus. *Economics and Environmental Management*, (1), 23-35 (in Russian)
12. Skipin, L. N., Vajmer, A. A., Kvashnina, Yu. A., Sudaikova, I. K. (2007). Cadmium and lead soil contamination near highway [Zagryaznenie kadmiem i svincom pochv v zone avtomagistrali]. *Plodородie [Fertility]*, (3), 37-38 (in Russian)

13. Titov, A. F., Kaznina, N. M., & Talanova, V. V. (2014). Heavy metals and plants [Tiazhelye metally i rasteniia]. Petrozavodsk. (in Russian)
14. Shigabaeva, G. N. (2015). Heavy metals in soils of several districts of Tyumen. *Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology*, 2(2), 92-102 (in Russian)
15. Chaplygin, V., Minkina, T., Mandzhieva, S., Burachevskaya, M., Sushkova, S., Poluektov, E., ... & Kumacheva, V. (2018). The effect of technogenic emissions on the heavy metals accumulation by herbaceous plants. *Environmental monitoring and assessment*, 190(3), 124. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6489-6>
16. Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2011). Trace elements in soils and plants. 4th edition, Boca Raton: CRC Press.
17. Kim, H. S., Kim, K. R., Kim, W. I., Owens, G., & Kim, K. H. (2017). Influence of road proximity on the concentrations of heavy metals in Korean urban agricultural soils and crops. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 72(2), 260-268. <https://doi.org/10.1007/s00244-016-0344-y>
18. Swiercz A., Zajecka E. (2018). Accumulation of heavy metals in the urban soils of the city Skarzysko-Kamienna (Poland) with regard to land use. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 13(1), 249-266. <https://doi.org/10.26471/cjees/2018/013/022249-266>
19. Wu, W., Wu, P., Yang, F., Sun, D. L., Zhang, D. X., & Zhou, Y. K. (2018). Assessment of heavy metal pollution and human health risks in urban soils around an electronics manufacturing facility. *Science of the Total Environment*, 630, 53-61. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.183>

Петухов А. С., Кремлева Т. А., Хридохин Н. А., Петухова Г. А., Кайдунова П. И. Содержание тяжелых металлов (Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd) в почвах г. Тюмени // Вестник Нижневартковского государственного университета. 2020. № 1. С. 127–134. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/19>

Petukhov, A. S., Kremleva, T. A., Khritokhin, N. A., Petukhova, G. A., & Kaidunova, P. I. (2020). Heavy metal (Cu, Zn, Fe, Mn, Pb, Cd) concentration in soils of Tyumen. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 127–134. (in Russian) <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/19>

дата поступления: 16 сентября 2019 г.

дата принятия: 25 декабря 2019 г.

© Петухов А.С., Кремлева Т.А., Хридохин Н.А., Петухова Г.А., Кайдунова П.И.

УДК 504.064

<https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/20>

А. О. Мамедова, Н. М. Фарзалиева

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СРЕДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДРЕВЕСТНЫХ РАСТЕНИЙ *PINUS ELDARICA* MEDW

A. O. Mamedova, N. M. Farzalieva

PINUS ELDARICA MEDW. AS INDICATOR OF VEHICULAR POLLUTION

Аннотация. Проведены работы по изучению стабильности развития *Pinus eldarica* Medw. в условиях атмосферного загрязнения автотранспортом. Исследования были выполнены в течение 3 лет (2017–2019 гг.) на территории Апшеронского полуострова. Цель работы – оценка морфофизиологических изменений *Pinus eldarica* Medw. при загрязнении автотранспортом на территории Апшеронского полуострова, выявление биоиндикационных свойств сосны. Основные методы исследования – морфологические, физиологические и статистические. Результатом работы стало получение данных по показателям флуктуирующей асимметрии и наличию некроза *Pinus eldarica* Medw. в районах с различной степенью атмосферного загрязнения. На основе полученных данных проведено экологическое районирование с применением ГИС-технологии и составлена карта экологической оценки автотранспортных территорий. В дальнейшем рекомендуется использовать *Pinus eldarica* Medw. в качестве фитоиндикатора.

Ключевые слова: фитоиндикация; флуктуирующая асимметрия; *Pinus eldarica* Medw.

Abstract. This paper presents a study of developmental stability of *Pinus eldarica* Medw. in conditions of airborne traffic pollution. The study has been performed over the period of 3 years (from 2017 to 2019) in the Absheron Peninsula, Azerbaijan. The purpose of the study was to assess the morphophysiological changes in the species *Pinus eldarica* Medw. Exposed to pollution from motor vehicles and thus identify the bioindicator properties of pine trees. The study used morphological, physiological and statistical methods. The indicating data on fluctuating asymmetry and necrosis in *Pinus eldarica* Medw. was obtained in areas with varying degree of atmospheric pollution. Based on these data, ecological zoning was carried out using GIS technologies, and an environmental map of the studied territories was compiled. Species *Pinus eldarica* Medw. can be used as a phytometer for the purpose of environmental monitoring.

Key words: phytoindication; fluctuating asymmetry; *Pinus eldarica* Medw.

Сведения об авторе: Мамедова Афет Огтай гызы, д-р биол. наук, Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджан, info@bsu.edu.az; Нармин Мамед гызы Фарзалиева, Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджан, info@bsu.edu.az

About the authors: Afat Oktay gyzy Mammadova, Dr. habil, Baku State University. Baku State University, Baku, Azerbaijan, info@bsu.edu.az; Narmin Mamed gyzy Farzalieva, Baku State University, Baku, Azerbaijan, info@bsu.edu.az

Introduction

The problem of environmental conservation in densely populated territories is rather urgent due to the inevitably increasing quantity and toxicity of pollutants. The bioindicator method is widely used in practice, and researchers are collecting data on indicator species and evaluate their abilities to respond to pollution and adapt to changing environment [1, 2].

Although publications covering the level of pollution, the state of environment, and the changes in the properties of the environmental media in the Absheron Peninsula are available, research in this area remains relevant [3, 4]. This is due to the obvious relationship between the environment and the public health. The ecological conditions of the territory determine the living conditions and well-being of the population.

The prevailing winds on the Absheron Peninsula blow from the north. The main factors that combine to create the frequency and the high speed of these winds are the prevalence of certain atmospheric processes over the peninsula and the adjacent areas (the Caucasus, the Caspian Sea, Turkey, Iran, Iraq, Central Asia, the Black Sea and the southern part of Europe) and, in particular, the physical geographical features (the presence of the Greater Caucasus Range, the Caspian Sea and, in the south-west, vast lowlands of Azerbaijan).

The frequency of north-east winds in the Absheron Peninsula is insignificant, from 5% to 10% on average for a long-term period. They have been mostly observed in the northwestern part of the Absheron peninsula in the summer [13].

The Absheron Peninsula, with its industrial sites, interconnected highways and high-density traffic, stands out in the Republic of Azerbaijan in terms of environmental stress. Motor vehicles are intensively used in production and agriculture, and this increases the ecological burden every day. Currently, there are studies on the properties of soil and water, vegetation and crops [5–8] and the topic of pollution by emissions from vehicles attracts increasing research interest.

It is known that the operation of motor vehicles and the traffic along the numerous roads of the peninsula contribute to air pollution and accumulation of harmful compounds in the soil. These pollutants include heavy metals that negatively affect the population [9].

This paper aims to assess the morphological changes and physiological disturbances of *Pinus eldarica* Medw. resulting from air pollution by motor vehicles in the Absheron Peninsula. The research focused on determining the biological characteristics of Eldar pine and its bioindicator properties in relation to pollutants from motor vehicles.

The most observable, and widely applied in research, morphogenetic measure of developmental instability is fluctuating asymmetry that indicates an organism's inability to develop according to a precisely defined pattern. Fluctuating asymmetry is manifested in small non-directional deviations from the symmetric state [7].

Materials and Methods

The object of study was *Pinus eldarica* Medw. (Eldar pine) growing along the highways in the Absheron Peninsula, located on the western coast of the Caspian Sea.

The peninsula extends 60 km into the sea and reaches a width of 30 km. The climate is dry subtropical. The average temperature is +3 °C in January and +25 °C in July. The annual precipitation is from 140 mm in the southwestern part to 250 mm in the northern part. The peninsula has cold winter, mild spring, and hot arid summer.

The factors considered in the research were the traffic congestion in the highways and species composition of woody plants of generative age. The leaves were examined for morphological changes, discoloration and necrosis.

One hundred and fifty pairs of leaves were sampled. The length and weight of the left and right needle in the pairs were measured. To quantify the fluctuation asymmetry, the morphological variance in *Pinus eldarica* Medw. needles was measured, and the degree of developmental stability was examined [8; 11].

The damages in needles were assessed according to Kozlov's scale [7].

Results and Discussion

Eldar pine is an excellent bioindicator. It has the property, like all pine trees, to acquire modified alterations, which can be considered as a mechanism of adaptation to the environment. Fluctuating asymmetry is

an easily determined metric exposing a plant's reaction to environmental changes, in particular, to the content of pollutants in atmospheric air [8; 9].

The indicative signs of *Pinus eldarica* Medw. were categorized into two groups. Group I included the differences in size, and Group II, in weight of needles.

Table 1 presents data on the fluctuating asymmetry of paired needles of *Pinus eldarica* Medw. growing along the highways in the Absheron Peninsula.

Table 1

Fluctuating asymmetry *Pinus eldarica* Medw. growing along the highways in the Absheron Peninsula

Station	quantity auto N/1 t	I Indicative signs, $x_1 \pm m$ (mm)	D ₁	II Indicative signs, $x_2 \pm m_i$ (mg)	D ₂	КАФ	V	Mod	R	E _b
Institute of Dendrology	0	0,28±0,002	0,12	0,26±0,04	0,12	0,034	0,0090	0,1	0,5	100
st. G.Aliyeva	140	0.95±0,003	0.67	0.69±0,003	0.48	0.075	0.0089	0.5	2.9	70.36
st. K.Ragimova	54	0,63±0,003	0,48	0,56±0,003	0,25	0,070	0,0109	0,2	2,7	80,3
st. F. Khoysky	72	1,03±0,002	0,77	0,99±0,001	0,53	0,113	0,0094	1,0	3,3	67,80
st. J. Safarova	60	0,997±0,003	0,70	0,773±0,004	0,44	0,098	0,0089	0,5	3,1	68,87
st. Matbuat	57	0,996±0,003	0,88	0,76±0,004	0,77	0,095	0,0095	1,2	4,9	68,85
st. K.Kyazymzade	39	0.791±0,003	0.59	0.61±0,003	0.59	0.070	0.0096	0.2	3.2	75.32
st. Bakikhanova	103	1,22±0,005	0,89	1,009±0,001	0,67	0,075	0,0089	1,0	2,6	61,9
st. M. Abbasova	58	0,91±0,003	0,64	0,77±0,004	0,51	0,077	0,0086	0,5	3,7	71,4
Binagadi highway	95	1,06±0,004	0,79	0,73±0,004	0,47	0,092	0,0087	0,7	3,6	66,9
Baku - Airport	700	1,05±0,004	0,72	0,996±0,001	0,77	0,065	0,0081	0,7	3,4	67,2

*p<0,01, p<0,001

As the data in Table 1 suggests, the indicative sign most sensitive to air-born pollution is the bilateral difference in the length of paired needles (X). It is also worthy to note the parameters pointing to the changes in their internal indicators. Despite the absence of more pronounced and regular bilateral difference in the weight of paired needles (M), the obtained data can serve as a phytoindicative sign in a comprehensive assessment of the state of environment. Therefore, the weight of leaves can be used as an additional sign that is informative in combination with other indicators.

Table 2

Desiccation and necrosis *Pinus eldarica* Medw.

Station	Desiccation, %					Necrosis, %				
	in total	1-15	16-30	31-50	51-100	in total	1-15	16-30	31-50	51-100
Institute of Dendrology	3	2		1		8	2	4	1	1
Mardakan, st. Yesenina	5	2		1	2	14	2	3	3	6
Botanical Garden	0	0	0	0	0	32	28	2	2	0
National Embankment Park	7	3	1	1	2	24	12	11	0	1
Tbilisi Ave	29	16	3	3	7	77	13	13	30	21
square Dede Gorgud	8	2	2	3	1	22	1	1	0	20
Koroglu Square	24	3	3	10	8	50	2	12	17	19
roadside economy M. Hadi	15	4	7	4	00	58	2	7	33	16
st. O. Velieva	16	4	5	4	2	59	3	10	25	21
st. Babek	28	4	4	8	12	65	2	11	30	22
st.G. Mehmandarova	28	3	2	8	15	65	3	12	28	24
Naples Circle	21	4	2	6	9	49	2	4	24	19
settlement Bakikhanova	7	2	1	3	1	19	2	5	5	7
st. M. Aliyeva	29	4	8	14	3	67	3	5	35	24
st. Promenade	34	4	6	10	14	67	6	11	24	26
st. Geleb	8	2	3	3	0	34	12	6	12	4
Sungayit, st. Narimanova.	7	3	2	2	0	20	10	4	6	0
G. Sungayit, st. Mira	8	2	3	3	0	19	8	4	4	3
G. Sungait, st. G. Aliyev H.	7	3	2	1	0	18	6	3	4	5
Baku-Airport	28	12	6	7	3	71	8	9	30	24
Baku-Sungait	25	11	8	4	2	75	14	8	22	31

Desiccation and necrosis in leaves are observed at minor changes in the composition of atmospheric air and, therefore, can be recognized as a very informative sign for express methods for assessing the state of environment. The number of necrotic zones increases in adverse conditions. As follows from the data in Table 2, desiccation and necrosis in the studied needles were pronounced as much as the signs fluctuating asymmetry. The number of necrotic zones through the full length of the needles increased depending on the degree of pollution along the highways. Qualitative changes in the needles (from small spots to complete drying) were also observed, and in some cases the shape of the needles changed.

The plants with a more pronounced fluctuating asymmetry had thicker needles, often discolored from light to dark brown. The observed necrosis mainly occurs in the period from June to September.

Based on the data obtained in polluted conditions (Table 3), an environmental assessment was carried out. The integral assessment, based on fluctuating asymmetry of morphological characters of leaves, characterizes the state of the environment in ontogenesis, and this technique can be used in an environmental monitoring system.

Table 3

Evaluation indicators fluktiruyeshey asymmetry in the leaves *Pinus eldarica* Medw.

Station	Confines	
	Lower bound	Upper bound
Control	0.03	0.13
st.Mattbuat	0.22	0.35
st. Bakikhanova	0.89	1.05
st. G. Aliyev	0.22	0.35
st. Babek	0.23	0.36
st. M.Abbasova	0.21	0.36
Baku-Airport Highway	0.72	0.89
Binagadi highway	0.79	0.99

The data on size and weight of the needles and the correspondent statistical indicators make it possible to timely identify the territories affected by air-born pollution from traffic and monitor the quality of the environment. Thus, *Pinus eldarica* Medw. can serve as a bioindicator in environmental monitoring and initial forecasting of the state of environment.

Table 4 demonstrates the scale of environmental assessment of the development asymmetry in *Pinus eldarica* Medw.

Table 4

Environmental assessment

Mark	development asymmetry
I optimum	<0.12
II relative pollution	0.15-0.20
III low pollution	0.21-0.25
IV medium pollution	0.26-0.31
V severe pollution	0.32-0.40
VI risky pollution	0.41-0.50
VII critical pollution	>0.51

The difference between the left and right needle of the pair correlates with the degree of general environmental disturbance and serves as an indicator for a number of plant and animal species. The method of this research is based on the theory of “developmental stability” (“morphogenetic homeostasis”) developed by Yablokov and Zakharov who studied the consequences of radioactive contamination, including the Chernobyl accident [8, 9]. It is proved that the stressful effects of various types cause a change in homeostasis (developmental stability) in living organisms. The main indicators of such changes in the homeostasis of morphogenetic processes are the signs of fluctuating asymmetry, in particular, random differences between the right and left sides of various morphological structures that normally have bilateral symmetry. Such differences results from errors in the development of the organism. Under normal conditions, their occurrence is minimal, but under any stressful effect it increases and this leads to frequent asymmetry. Assessment of fluctuating asymmetry of bilateral organisms has proven itself as a reliable method of determining the overall level of anthropological impact [9].

Conclusions

Pronounced fluctuation asymmetry was observed in the leaves of *Pinus eldarica* Medw. growing along the highways with heavy traffic.

The most informative and sensitive sign of *Pinus eldarica* Medw. was the bilateral difference in the length of needles.

The state of the environment can be assessed based on fluctuating asymmetry of the morphological characteristics of leaves in tree species. Fluctuating asymmetry characterizes the state of environment, the state of bioindicators in ontogenesis, and can be used in an environmental monitoring system.

REFERENCES

1. Mamedov, A. Sh. (2019). Environmental problems of Atmospheric AIR and Influence uglevodородnogotopliva of the CAR. In *Ekologicheskaya i tekhnosfernaya bezopasnost' gornopromyshlennykh regionov: trudy VII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Ekaterinburg*, 164-168.
2. Zasseeva L. A., & Zasseev A. A. (2019). Environmental influence of Heavy industry waste. In *Ekologiya: vchera, segodnya, zavtra: materialy vs Rossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*, 188-193. (in Russian)
3. Kahramanova, Sh. Sha. K. (2012). *Tekhnogennoe zagryaznenie pochv Apsheronu. Akademicheskii vestnik UralNIIProekt RAASN*, (1), 12-17. (in Russian)
4. Shadrina, E., Vol'pert, Y., Soldatova, V., Alekseeva, N. Y., & Pudova, T. (2014). Evaluation of environmental conditions in two cities of east Siberia using bio-indication methods (fluctuating asymmetry value and mutagenic activity of soils). *Int. J. Biol.*, 7(1), 20-32. <http://dx.doi.org/10.5539/ijb.v7n1p20> (in Russian)
5. Gelashvili, D. B., Loginov, V. V., Mokrov, I. V., & Silkin, A. A. (2004). Strukturno-informatsionnye pokazateli flyuktuiruyushchei asimmetrii organizmov v bioindikatsionnykh issledovaniyakh. In *Metody populyatsionnoi biologii: materialy dokladov vs Rossiiskogo populyatsionnogo seminara (Syktyvkar, 16-21 fevralya)*, 52-62. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3683.9521> (in Russian)
6. Zakharov, V. M., Zhdanova, N. P., Kirik, E. F., & Shkil, F. N. (2001). Ontogenez i populyatsiya: otsenka stabil'nosti razvitiya v prirodnykh populyatsiyakh [Ontogenesis and population: evaluation of developmental stability in natural populations]. *Ontogenez*, 32(6). 164-168. (in Russian)
7. Kozlov, M. V., Niemelä, P., & Mälkönen, E. (2002). Effects of compensatory fertilization on pollution-induced stress in Scots pine. *Water, Air, and Soil Pollution*, 134(1-4). 305-316. <https://doi.org/10.1023/A:1014141528108> (in Russian)
8. Kozlov, M. V., & Zvereva, E. L. (2015). Confirmation bias in studies of fluctuating asymmetry. *Ecological indicators*, (57), 293-297. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.014>
9. Mammadova, A. O. (2009). Phytaindicators and Environmental Quality Management. *Annals of Agrarian Science*, 7(4), 60-63.
10. Mammadova, A., Farzaliyeva, Na., & Mammadova, R. (2017). Environmental Assessment of the Tree Plant Leaves According to their Physiological State and Fluctuating Asymmetry Indices of Morphological Features, Which Widely Spread in Baku. *Journal of Ecology of Health & Environment*, Vol. 5. P. 19-21. <http://dx.doi.org/10.18576/jehe/050103>
11. Fritsche, M., & Becker, G. (1992). Schadstoffgehalte von Bankettschäl und Kehrgut und deren umweltverträgliche Entsorgung. *Forschungsbericht FE-№.*; 03.222 R 90 I.
12. Palmer, A. R., & Strobeck, C. (1992). Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of non-normal distributions and power of statistical tests. *Acta Zoologica Fennica*, 191(5772), 13.
13. Pashaev, A. M. O., Bairamov, A. A. O., & Kuliev, G. I. O. (2005). Vozdeistvie aviatsionnogo transporta na okruzhayushchuyu sredu s uchetom kharakteristik vetrovogo rezhima. *Nauchnyi vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoi aviatsii*, (86). 74-78. (in Russian)
14. Baranov, S. G., Zykov, I. E., & Fedorova, L. V. (2015). Studying *Tilia cordata* Mill. intraspecific variation on the basis of leaf bilateral asymmetry. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta [Biologiya Tomsk State University Journal of Biology]*, 2(30). 134-145. <https://doi.org/10.17223/19988591/30/9> (in Russian)
15. Mammadova, A. O. (2010). Complex assessment of the bioindicative and bioremediative potential of the some plant's species. *Annals of Agrarian Science*, 8(4). 1-8.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мамедов А. Ш. Экологические проблемы атмосферного воздуха и влияния углеводородного топлива автомобиля // Экологическая и техносферная безопасность горнопромышленных регионов: труды VII Международной научно-практической конференции. Екатеринбург. 2019. С. 164–168.
2. Зассеева Л. А., Зассеев А. А. Влияние отходов тяжелой промышленности на окружающую среду // Экология: вчера, сегодня, завтра: материалы всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 188–193.
3. Кахраманова Ш. Ш. К. Техногенное загрязнение почв Апшерона // Академический вестник УралНИИПроект РААСН. 2012. № 1. С. 12–17.
4. Shadrina E., Vol'pert Y., Soldatova V., Alekseeva N. Y., Pudova T. Evaluation of environmental conditions in two cities of east Siberia using bio-indication methods (fluctuating asymmetry value and mutagenic activity of soils) // *Int. J. Biol.* 2014. Vol. 7. № 1. P. 20–32. <http://dx.doi.org/10.5539/ijb.v7n1p20>
5. Гелашвили Д. Б., Логинов В. В., Мокров И. В., Силкин А. А. Структурно-информационные показатели флюктуирующей асимметрии организмов в биоиндикационных исследованиях // Методы популяционной биологии: материалы докладов всероссийского популяционного семинара (Сыктывкар, 16-21 февраля), 2004. С. 52–62. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3683.9521>

6. Захаров В. М., Жданова Н. П., Кирик Е. Ф., Шкиль Ф. Н. Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях // Онтогенез. 2001. Т. 32. № 6. С. 164–168.
7. Kozlov M. V., Niemelä P., Mälkönen E. Effects of compensatory fertilization on pollution-induced stress in Scots pine // Water, Air, and Soil Pollution. 2002. Vol. 134. № 1-4. P. 305–316. <https://doi.org/10.1023/A:1014141528108>
8. Kozlov M. V., Zvereva E. L. Confirmation bias in studies of fluctuating asymmetry // Ecological indicators. 2015. Vol. 57. P. 293–297. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.05.014>
9. Mammadova A. O. Phytaindicators and Environmental Quality Management // Annals of Agrarian Science. 2009. Vol. 7. № 4. P. 60–63.
10. Mammadova A., Farzaliyeva Na., Mammadova R. Environmental Assessment of the Tree Plant Leaves According to their Physiological State and Fluctuating Asymmetry Indices of Morphological Features, Which Widely Spread in Baku // Journal of Ecology of Health & Environment. 2017. Vol. 5. P. 19–21. <http://dx.doi.org/10.18576/jeh/050103>
11. Fritsche M., Becker G. Schadstoffgehalte von Bankettschäl und Kehrgut und deren umweltverträgliche Entsorgung. Forschungsbericht FE-№.; 03.222 R 90 I. 1992.
12. Palmer A. R., Strobeck C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of non-normal distributions and power of statistical tests // Acta Zoologica Fennica. 1992. Vol. 191. № 5772. P. 13.
13. Пашаев А. М. О., Байрамов А. А. О., Кулиев Г. И. О. Воздействие авиационного транспорта на окружающую среду с учетом характеристик ветрового режима // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2005. № 86. С. 74–76.
14. Баранов С. Г., Зыков И. Е., Федорова Л. В. Изучение внутривидовой изменчивости липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.) на основе билатеральной асимметрии листовых пластин // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2015. № 2 (30). С. 134–145. <https://doi.org/10.17223/19988591/30/9>
15. Mammadova A. O. Complex assessment of the bioindicative and bioremediative potential of the some plant's species // Annals of Agrarian Science. 2010. Vol. 8. № 4. P. 1–8.

Mamedova A. O., Farzaliyeva N. M. *Pinus eldarica* Medw. as Indicator of Vehicular Pollution // Вестник Нижневартовского государственного университета. 2020. № 1. С. 134–139. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/20>

Mamedova, A. O., & Farzaliyeva, N. M. (2020). *Pinus eldarica* Medw. as Indicator of Vehicular Pollution. *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, (1). 134–139. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/20>

дата поступления: 11 июня 2019 г.

дата принятия: 19 октября 2019 г.
© Мамедова А.О., Фарзалиева Н.М.