

№23 (194) 2014
Выпуск 29

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1995 г.

Журнал входит
в Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий,
выпускаемых в Российской Федерации,
в которых рекомендуется публикация
основных результатов диссертаций
на соискание ученых степеней
доктора и кандидата наук

Учредитель:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»)

Издатель:
НИУ «БелГУ».

Издательский дом «Белгород».
Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охраны культурного наследия
Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-21121 от 19 мая 2005 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
ЖУРНАЛА**

Главный редактор

О.Н. Полухин,
ректор НИУ «БелГУ», доктор
политических наук, профессор

Зам. главного редактора

И.С. Константинов,
проректор по научной
и инновационной работе НИУ «БелГУ»,
доктор технических наук, профессор

Научный редактор

В.М. Московкин,
профессор кафедры мировой экономики
НИУ «БелГУ», доктор географических наук

Ответственный секретарь

О.В. Шевченко
зам. начальника УНИД НИУ «БелГУ»,
кандидат исторических наук

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
СЕРИИ ЖУРНАЛА**

Главный редактор серии

А.В. Присный,
доктор биологических наук, доцент
(НИУ «БелГУ»)

Заместители главного редактора:

О.Е. Лебедева,

доктор химических наук, профессор
(НИУ «БелГУ»)

А.Г. Корнилов,
доктор географических наук, профессор
(НИУ «БелГУ»)

Ответственный секретарь

Ю.А. Присный,
кандидат биологических наук
(НИУ «БелГУ»)

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ
Белгородского государственного университета

Естественные науки

Belgorod State University
Scientific Bulletin
Natural sciences

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ

Распространение и фитоценотическая приуроченность редких видов рода *Iris* L. на Южном Урале (Республика Башкортостан).

**Крюкова А.В., Мулдашев А.А., Голованов Я.М.,
Абрамова Л.М. 5**

Анализ адвентивной фракции флоры линейных объектов трубопроводного транспорта нефтегазовой отрасли (на примере Ставропольского края). **Куксова М.А., Харченко Т.А. 12**

О новых рудеральных синтаксонах Центрального Кавказа (в пределах Кабардино-Балкарии). **Цепкова Н.Л., Абрамова Л.М.,
Таумурзаева И.Т. 18**

Радиальный прирост *Pinus Sylvestris* L. в насаждениях на моренных и водно-ледниковых песчаных отложениях в Украинском Полесье.

Зборовская О.В., Коваль И.М., Жуковский О.В. 25

Корреляция морфологических признаков диких представителей рода *Malus* в коллекции ГБС имени Н.В. Цицина РАН. **Гуйтар И.Г. 35**
Декоративнолиственные и хвойные деревья и кустарники для озеленения населенных мест г. Орла и Орловской области.

Дубовицкая О.Ю., Золотарева Е.В. 38

Особенности выгонки нарциссов в условиях города Белгорода.

Коротких А.С., Волобуева Ю.Е. 44

Элементы семенной продуктивности у однолетних видов люпинов в условиях города Белгорода. **Князева И.В.,
Сорокопудова О.А. 49**

Влияние предпосевной инокуляции семян бактериальными препаратами на продуктивность сортов нута (*Cicer arietinum* L.). **Попова Е.В.,
Нецветаев В.П., Правдин В.Г. 55**

Слизистый бактериоз капусты (научно-аналитический обзор). **Лазарев А.М., Коробов В.А., Надточий И.Н., Попов Ф.А. 60**

Влияние биостимуляторов на укоренение юкки алоэлистной в условиях оранжереи. **Сулейманова З.Н., Кашаева Г.Г., Якупова В.В. 67**
Насекомые вредители пшеницы в Белгородской области (Россия). **Хади Абдулжалил Наас, Мирза Хамза Хади, Присный А.В. 70**

Плодовитость и эффективная численность популяций *Helicopsis striata* Müller (Gastropoda, Pulmonata, Helicoidea) на территории юга Среднерусской возвышенности. **Сычев А.А., Снегин Э.А. 76**

Материалы по изучению питания черепах (Reptilia, Testudines) в восточном Азербайджане. **Новрузов Н.Э. 84**

Оценка вегетативной регуляции сердечного ритма после интенсивного светового воздействия у здоровых молодых людей. **Королёва М.А.,
Воронин И.М. 90**

Изменения биохимических показателей сыворотки крови и костных экстрактов при инъекциях низкомолекулярных костных белков в зону перелома большеберцовой кости у крыс. **Накоскин А.Н.,
Накоскина Н.В. 99**

Мониторинг чувствительности некоторых возбудителей оппортунистических инфекций к современным препаратам антибиотиков различного происхождения. **Маркелова Н.Н., Семенова Е.Ф., Штучка А.И.,
Моисеева И.Я., Родина О.П. 105**

Воздействие различных моющих средств на механические свойства волос. **Жданова И.Ю., Крысанова Т.А. 112**

Члены редколлегии:

И.В. Батлуцкая, доктор биологических наук, доцент (НИУ «БелГУ»)

Л.К. Бусловская, доктор биологических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

А.И. Везенцев, доктор технических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

Р. Виттиг, доктор, профессор (Университет им. И.В. Гете, Франкфурт-на-Майне)

К. Дребенишедт, доктор, профессор (Технический университет Фрайбергская горная академия, Фрайберг)

Ф.Н. Лисецкий, доктор географических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

С.В. Лукин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (НИУ «БелГУ» государственный университет)

К.А. Немец, доктор географических наук, профессор (Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина)

А.Н. Петин, доктор географических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

С.В. Сергеев, доктор технических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

В.Н. Сорокопудов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

В.К. Тохтарь, доктор биологических наук, старший научный сотрудник (НИУ «БелГУ»)

М.А. Трубицын, кандидат химических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

Ю.Г. Чендев, доктор географических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

Накопление тяжёлых металлов (Cu, Zn) в биомассе *Brassica juncea* (L.) и *Hordeum vulgare* (L.) при выращивании на загрязнённой почве.

Неведров Н.П., Проценко Е.П., Неведрова Н.Ю., Белоконь А.Л., Анненков А.С., Миронов С.Ю. 116

Влияние различных факторов на выход пектиновых веществ, выделенных из растительного сырья. **Тры А.В., Михеева Л.А. 123**

Влияние хранения сырья на качественный состав эфирного масла некоторых лекарственных растений. **Шелепова О.В., Воронкова Т.В., Кондратьева В.В., Олехнович Л.С., Бидюкова Г.Ф. 129**

ХИМИЯ

О влиянии pH на эффективность окислительной деструкции 3-нитрофенола системами Фентона и Раффа. **Ерохин К.С., Лебедева О.Е. 133**

Монтмориллонитовые глины как сорбенты для очистки почвы от ионов меди. **Перистая Л.Ф., Везенцев А.И., Скорбач В.В., Перистый В.А., Мирошниченко Л.В. 136**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Совершенствование подходов к оценке эрозионной опасности агроландшафтов с использованием ГИС-технологий.

Буряк Ж.А. 140

Эрозия почв в Белгородской области. **Жидкин А.П., Чендев Ю.Г. 147**

Геоинформационное моделирование распределения тяжелых металлов в почвах города Киева. **Мацибора А.В., Лисецкий Ф.Н., Кураева И.В., Войтюк Ю.Ю. 156**

Применение системной методологии к оценке экологического состояния особо охраняемых природных территорий (на примере ООПТ «Черняевский лес» г. Перми). **Двинских С.А., Максимович Н.Г., Ларченко О.В., Березина О.А., Шайдулина А.А. 163**

Современная динамика летних осадков на юге Дальнего Востока России. **Данова Т.Е., Григорьева Е.А., Густенко А.С. 172**
Природоохранная концепция добычи и переработки минерального сырья в центральном федеральном округе России на примере Белгородского региона. **Полухин О.Н., Комащенко В.И. 180**

Сведения об авторах 187

Информация для авторов 190

Оригинал-макет А.В. Присный,
Н.А. Гапоненко

E-mail: prisniy@bsu.edu.ru
Подписано в печать 23.12.2014
Формат 60×84/8
Гарнитура Georgia, Impact
Усл. п. л. 22,55
Тираж 1000 экз.
Заказ 343

Подписной индекс в каталоге агентства
«Роспечать» – 81466

Оригинал-макет подготовлен и тиражирован
в Издательском доме «Белгород»
Адрес: 308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

№23 (194) 2014
Выпуск 29

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

Founded in 1995

The Journal is included into the list of the leading peer-reviewed journals and publications coming out in the Russian Federation that are recommended for publishing key results of the theses for Doktor and Kandidat degree-seekers.

Founder:

Federal state autonomous educational establishment of higher professional education «Belgorod National Research University»

Publisher:

Belgorod National Research University.
Belgorod National Research University Press.
The journal is registered in Federal service of control over law compliance in the sphere of mass media and protection of cultural heritage

Certificate of registration of mass media ПИ № ФС 77-21121 May 19, 2005.

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Editor-in-Chief

O.N. Polukhin,

Rector of Belgorod National Research University, Doctor of Political Sciences, Professor

Deputy Editor-in-Chief

I.S. Konstantinov,

Vice-Rector on Scientific and Innovative Work of Belgorod National Research University, Doctor of Technical Sciences, Professor

Assistant Editors

V.M. Moskovkin,

Professor of World Economy Department of Belgorod National Research University, Doctor of Geographical Sciences

Executive Secretary

O.V. Shevchenko,

Deputy Head of Department of Scientific and Innovative Activity of Belgorod National Research University, Candidate of Historical Sciences

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL SERIES

Chief editor:

A.V. Prisyi, Doctor of biological sciences, professor (Belgorod National Research University)

Deputies of chief editor:

O.E. Lebedeva, Doctor of chemical sciences, professor (Belgorod National Research University)
A.G. Kornilov, Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod National Research University)

Responsible secretary:

Yu.A. Prisyi, Candidate of biological sciences (Belgorod National Research University)

**Belgorod State University
Scientific Bulletin**

Natural sciences

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

Естественные науки

CONTENTS

BIOLOGY

Distribution and phytocoenotic confinedness of rare species of genus *Iris* L. in the South Urals (Bashkortostan Republic). **Kryukova A.V., Muldashv A.A., Golovanov J.M., Abramova L.M. 5**

Analysis of Adventive Fraction of Flora on Linear Pipeline Transport Facilities of Oil & Gas (on the Example of Stavropol Region). **Kuksova M.A., Kharchenko T.A. 12**

On New Ruderal Syntaxons of the Central Caucasus (within Kabardino-Balkaria). **Tsepkova N.L., Abramova L.M., Taumurzaeva I.T. 18**
Radial Growth of *Pinus Sylvestris* L. in Stands on Morainial and Fluvio-glacial sand Deposits in Ukrainian Polissya. **Zborovskaja O.V., Koval I.M., Zhukovsky O.V. 25**

Correlation of Morphological Traits of Wild Species of the Genus *Malus* Collection in N.V. Tsitsin GBG RAS. **Guytar I.G. 35**

Ornamental Deciduous and Coniferous Woody Plants for Arrangement of Green Spaces in Cities and Towns of Orel Region. **Dubovitskaya O.Y., Zolotareva E.V. 38**

Features of Forcing Treatment of Daffodils in the Conditions of the City of Belgorod. **Korotkikh A.S., Volobueva Y.E. 44**

Elements of Seed Production in Annual Species of Lupine in the Conditions of the Belgorod City. **Knyazeva I.V., Sorokopudova O.A. 49**

Influence of Presowing Seed Inoculation with Bacteria on the Productivity of Chick-pea Varieties (*Cicer arietinum* L.). **Popova E.V., Netsvetaev V.P., Pravdin V.G. 55**

Slimy Bacteriosis of Cabbage (Scientific and Analytical Review).

Lazarev A.M., Korobov V.A., Nadtochiy I.N., F.A. Popov 60

Influence of Biostimulants on Rooting of *Yucca aloifolia* in the Greenhouse. **Zuleymanova Z.N., Kashaeva G.G., Yakupova V.V. 67**

Insect pests of wheat in the Belgorod region (Russia). **Al Juhaishi Hadi Abduljaleel Naas, Hadi Mirza Hamza Hadi, Prisyi A.V. 70**

The Fertility and Effective Number of Populations *Helicopsis striata* Müller (Gastropoda, Pulmonata, Helicoidea) on the Territory of South the Middle-Russian Upland. **Sychev A.A., Snegin D.A. 76**

The Materials on Studying of Nutrition of Turtles (Reptilia, Testudines) in Eastern Azerbaijan. **Novruzov N.E. 84**

Assessment of the Autonomic Regulation of Heart Rate after Intense Light Exposure in Healthy Young People. **Koroleva M.A., Voronin I.M. 90**

Changes in Biochemical Parameters of Blood Serum and Bone Extracts at Injection of Low-molecular Bone Proteins in the Zone of Tibial Fractures in Rats. **Nakoskin A.N., Nakoskina N.V. 99**

Monitoring for Susceptibility of some Causative Agents of Opportunistic Infections to Modern Antibiotics of Different Origins. **Markelova N.N., Semenova E.F., Shpichka A.I., Moiseeva I.Ya., Rodina O.P. 105**
Effect of Different Detergents on Mechanical Properties of Hair.

Zhdanova I.Yu., Krysanova T. A. 112

The Accumulation of Heavy Metals (Cu, Zn) in the Biomass of *Brassica juncea* (L.) and *Hordeum vulgare* (L.) when Grown on Contaminated Soil. **Nevedrov N.P., Protsenko E.P., Nevedrova N.Y., Belokon A.L., Annenkov A.C., Mironov S.Y. 116**

Extraction of Pectin Substances from Different Plant Materials and Effect of Various Factors on this Process. **Try A.V., Miheeva L.A. 123**

Members of editorial board:

I.V. Bathutskaya, Doctor of biological sciences, professor (Belgorod National Research University)

L.K. Buslovskaya, Doctor of biological sciences, professor (Belgorod National Research University)

A.I. Vezentsev, Doctor of technical sciences, professor (Belgorod National Research University)

Rudiger Wittig, Doctor, professor (I.V. Gete University, Frankfurt-on-Mine)

K. Drebenshtedt, Doctor, professor (Technical University Friberg Mining Academy, Friberg)

F.N. Lisetskiy, Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod National Research University)

S.V. Lukin, Doctor of agricultural sciences, professor (Belgorod National Research University)

K.A. Nemets, Doctor of geographical sciences, professor (Khrkiv National University after V.N. Karazin, Kcharkiv)

A.N. Petin, Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod National Research University)

S.V. Sergeev, Doctor of technical sciences, professor (Belgorod National Research University)

V.N. Sorokopudov, Doctor of agricultural sciences, professor (Belgorod National Research University)

V.K. Tokhtar, Doctor of biological sciences, senior scientific employee (Belgorod National Research University)

M.A. Ttubitsin, Candidate of chemical sciences, professor (Belgorod National Research University)

Yu.G. Chendev, Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod National Research University)

Page layout by *A.V. Prisniy*
N.A. Gaponenko
E-mail: prisniy@bsu.edu.ru

Passed for printing 23.12.2014
Format 60×84/8
Typeface Georgia, Impact
Printer's sheets 22,55
Circulation 1000 copies
Order 343

Subscription reference
in Rospechat' agency catalogue – 18078

Dummy layout is replicated at Belgorod National Research University Publishing house "Belgorod"
Address: 85, Pobedy str., Belgorod, Russia, 308015

Influence of Storage Plants Materials on the Qualitative Composition of Essential Oils of some Medicinal Plants. **Shelepova O.V., Voronkova T.V., Kondratieva V.V., Olehnovich L.S., Bidukova G.F.** 129

CHEMISTRY

Concerning pH Influence on Efficiency of 3-nitrophenol Oxidative Degradation by Fenton and Ruff Systems. **Erokhin K.S., Lebedeva O.E.** 133

Montmorillonite clays as sorbents for the purification of soil from copper ions. **Peristaja L.F., Vezentsev A.I., Skorbach V.V., Peristy V.A., Miroshnichenko L.V.** 136

EARTH SCIENCES

Improvement of approaches to assessing the risk of erosion in agricultural landscapes using GIS technology. **Buryak Zh.A.** 140

Soil Erosion in Belgorod Region of Russia. **Zhidkin A.P., Chendev Yu.G.** 147

GIS Modeling of Heavy Metals Distribution in Soils of Kyiv Agglomeration. **Matsibora A.V., Lisetskii F.N., Kuraieva I.V., Voitiuk Iu.Iu** 156

Application of System Methodology to the Assessment of the Environmental Condition of Protected Areas (the Case of "Chernyaevskiy forest" protected area in Perm, Russia). **Dvinskikh S.A., Maximovich N.G., Larchenko O.V., Berezina O.A., Shaidulina A.A.** 163

Modern Dynamics of Summer Precipitation in the Southern Part of the Russian Far East. **Danova T.Ye., Grigorieva E.A., Gustenko A.S.** 17

Environment-Oriented Conception of Extraction and Treatment of Mineral Raw Materials in Central Federal District of Russia on the Example of the Belgorod Region. **Polukhin O.N., Komashchenko V.I.** 180

Information about Authors 187

Information for Authors 190

БИОЛОГИЯ

УДК 582.579.2:581.55

РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ФИТОЦЕНОТИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ РЕДКИХ ВИДОВ РОДА *IRIS* L. НА ЮЖНОМ УРАЛЕ (РЕСПУБЛИКА БАШКОРТОСТАН)¹

**А.В. Крюкова¹,
А.А. Мулдашев²,
Я.М. Голованов¹,
Л.М. Абрамова¹**

¹ Ботанический сад-институт
Уфимского научного центра
Российской академии наук,
Россия, г. Уфа, 450080,
ул. Менделеева 195/3,
E-mail: abratova.lm@mail.ru

² Институт биологии
Уфимского научного центра
Российской академии наук,
Россия, 450045, г. Уфа,
пр. Октября, 69,
E-mail: muldashev_ural@mail.ru

Приводятся результаты изучения распространения и фитоценотической приуроченности 4 редких видов рода *Iris* – *I. humilis* Georgi, *I. pseudacorus* L., *I. pumila* L., *I. scariosa* Willd. ex Link на территории Республики Башкортостан. Проведенные исследования позволили уточнить распространение редких ирисов в Башкортостане и на Южном Урале в целом. Составлены карты распространения и оценена фитоценотическая приуроченность редких видов рода *Iris*. Наиболее распространены по территории республики 2 редких вида ирисов – *I. pumila* и *I. pseudacorus* – 35 и 15 локалитетов, 2 других вида – *Iris humilis* и *I. scariosa* представлены 1 и 8 локалитетами соответственно. Редкие виды ирисов встречаются в 10 ассоциациях и 1 сообществе растительности Башкортостана, наибольшим фитоценотическим диапазоном отличается *Iris pseudacorus*, который встречается в 6 ассоциациях прибрежно-водной и лугово-пойменной растительности.

Ключевые слова: *Iris humilis* Georgi, *I. pseudacorus* L., *I. pumila* L., *I. scariosa* Willd. ex Link, редкие виды, распространение, фитоценотическая приуроченность.

Введение

Род *Iris* L. (Касатик) относится к семейству *Iridaceae* Juss. (Касатиковых) и включает около 200 видов, распространенных в большей части Северного полушария. Виды касатиков освоили широкий диапазон местообитаний – от прибрежных до пустынных, поднимаясь и до высокогорий, где предпочитают наиболее прогреваемые участки. Однако наибольшее число видов приходится на страны Средиземноморья, Юго-Западную и Среднюю Азию [1].

В Российской Федерации (РФ) максимальное таксономическое разнообразие рода наблюдается в Сибири – 22 вида и 2 подвида [2].

Другие районы России: Северный Кавказ [3, 4, 5, 6], европейская часть [7] и Дальний Восток [8, 9] представлены почти одинаковым количеством видов: 13, 12, 11 соответственно.

В Республике Башкортостан (РБ) семейство *Iridaceae* представлено шестью видами и двумя родами (*Iris* и *Gladiolus* L.), из которых наиболее распространенный род *Iris* включает 5 видов. Данная работа посвящена изучению распространения и фитоценотической приуроченности 4 редких видов рода *Iris* – *I. humilis* Georgi (к. низкий), *I. pseudacorus* L. (к. желтый или к. болотный), *I. pumila* L. (к. карликовый), *I. scariosa* Willd. ex Link (к. кожистый) на территории республики. *I. sibirica* L. (к. сибирский), исключенный из последнего издания Красной книги РБ [10], в данном сообщении не рассматривается.

Объекты и методы исследований

Работа по изучению редких ирисов проводится в РБ с 2009 года. За это время выявлены новые локалитеты, проведены популяционно-биологические исследования, описаны сообщества с участием редких ирисов [11; 12]. Ниже приводим краткое описание объектов исследований.

I. humilis – многолетнее травянистое растение около 15 см высотой, с толстоватым ветвистым корневищем. Образует рыхлые парциальные кусты. Азиатский вид, распространенный

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития».

на Южном Урале, в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем Востоке, в Китае, Японии и Монголии. В Сибири, в связи с распашкой целины, выпасом и сбором цветов, резко сократил численность. Мезоксерофит. Произрастает в каменистых и песчаных степях, луговых степях, борах, на лесных полянах, в прибрежных лугах. В РБ касатик низкий включен в Красную книгу РБ [10] и имеет категорию и статус редкости: 1 – вид, находящийся под угрозой исчезновения. Охраняется во многих субъектах азиатской части РФ [13].

I. pseudacorus – многолетнее травянистое растение до 150 см высотой, с толстым ветвистым корневищем. Евразийский бореальный вид. Встречается в Атлантической, Средней и Восточной Европе, на Кавказе, в Средиземноморье, Малой Азии, Западной Сибири (юго-запад); на восток продвигается до Курганской области. Гигрофит. Произрастает на сырых лугах с богатыми почвами; в крупноосоковых прибрежно-водных и болотных сообществах на торфяных почвах; в низинных заболоченных лесах и зарослях ивняков на торфянистой почве, а также их опушках. Переносит весенние затопления.

I. pumila – многолетнее корневищное растение 8–15 см высотой. Европейско-кавказско-малоазиатский степной вид, встречающийся в Средней (юг) и Восточной (юг и восток) Европе, Средиземноморье, Малой Азии, на Кавказе. Ксерофит. Произрастает в каменистых и луговых степях, на остепненных лугах; по щебнистым и каменистым склонам степных холмов западной, восточной и, в большей степени, южной экспозиции, на обнажениях. Предпочитает участки с разреженной растительностью. На выгонах сохраняется в зарослях кустарников (можжевельника казацкого и др.). Касатик карликовый включен в Красную книгу РБ (2011) с категорией и статусом редкости: 3 – редкий вид. Редкое растение Южного Урала и Приуралья [14]. Включен в Красные книги РФ, Республики Татарстан, Челябинской, Оренбургской областей, охраняется также во всех регионах РФ, где он произрастает [13].

I. scariosa – короткокорневищный травянистый многолетник с толстым, ползучим корневищем, 10–20 см высотой. Восточно-европейско-азиатский степной вид, распространенный в Восточной Европе (Нижнее Поволжье и Прикаспий), Западной Сибири, Средней и Центральной Азии. Иногда южно-уральские популяции рассматриваются в узких таксономических границах под названием *I. glaucescens* Bunge (к. сизоватый) [15]. Мезоксерофит. Произрастает в каменистых и солонцеватых степях. В РБ растет в местах с сильно разреженной растительностью – проективное покрытие травостоя около 30%. Почвы сильно хрящеватые, органогенно-щебнистые, иногда с признаками засоления. Ирис кожистый включен в Красную книгу РБ [10] с категорией и статусом редкости: 1 – вид, находящийся под угрозой исчезновения. Вид в узком понимании таксономических границ включен в Красные книги РФ и Челябинской области, охраняется также во многих других регионах РФ [13].

Для составления карт распространения редких ирисов на территории РБ использовались материалы гербария Института биологии УНЦ РАН (UFA) и Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE), а также данные собственных исследований по выявлению и описанию новых локалитетов. В рамках фитоценологических исследований было выполнено 24 геоботанических описания растительных сообществ с участием *Iris pumila*, *I. humilis*, *I. pseudacorus*, *I. scariosa*. Эколого-флористическая классификация проведена методом классического синтаксономического анализа [16]. Для принятия синтаксономических решений, полученные в результате обработки синтаксоны сравнивались с единицами, ранее описанными в РБ и других регионах [17].

Результаты исследований

1. Распространение редких видов ирисов в Республике Башкортостан.

По результатам проведенной работы составлена карта распространения редких видов ирисов в Башкортостане, она представлена на рисунке 1.

В РБ *I. humilis* обнаружен недавно, в 2007 г., в Учалинском районе на хр. Ирендык, к югу от вершины 832 м [18]. Произрастает в Челябинской области в непосредственной близости от границы с РБ на горе Шартымка и приблизительно на этой же широте отмечается еще в 10 пунктах [15]. Таким образом, в Башкортостане на сегодня известно единственное местообитание данного вида, где отмечено всего 9 растений касатика низкого. Этот пункт является крайним западным пределом распространения этого вида.

I. pseudacorus впервые на территории Башкирии собрал любитель ботаники И.В. Тергулов в 1879 г. в окрестностях г. Уфы [19]. Вид встречается в Башкирском Предуралье (Камско-Бельская низменность). Большая часть находок обнаружена в Уфимском районе РБ. В Башкортостане отмечен в 15 пунктах: в Архангельском, Бирском, Благовещенском, Бураевском, Давлекановском, Иглинском, Илишевском, Кушнаренковском и Уфимском районах. Почти все находки обнаружены по берегам стариц реки Белой, реке Демы и Быстрого Таныпа. Ранее (до

1960-х годов) часто отмечался по левобережной пойме реки Белой у г. Бирска и Благовещенска [20].

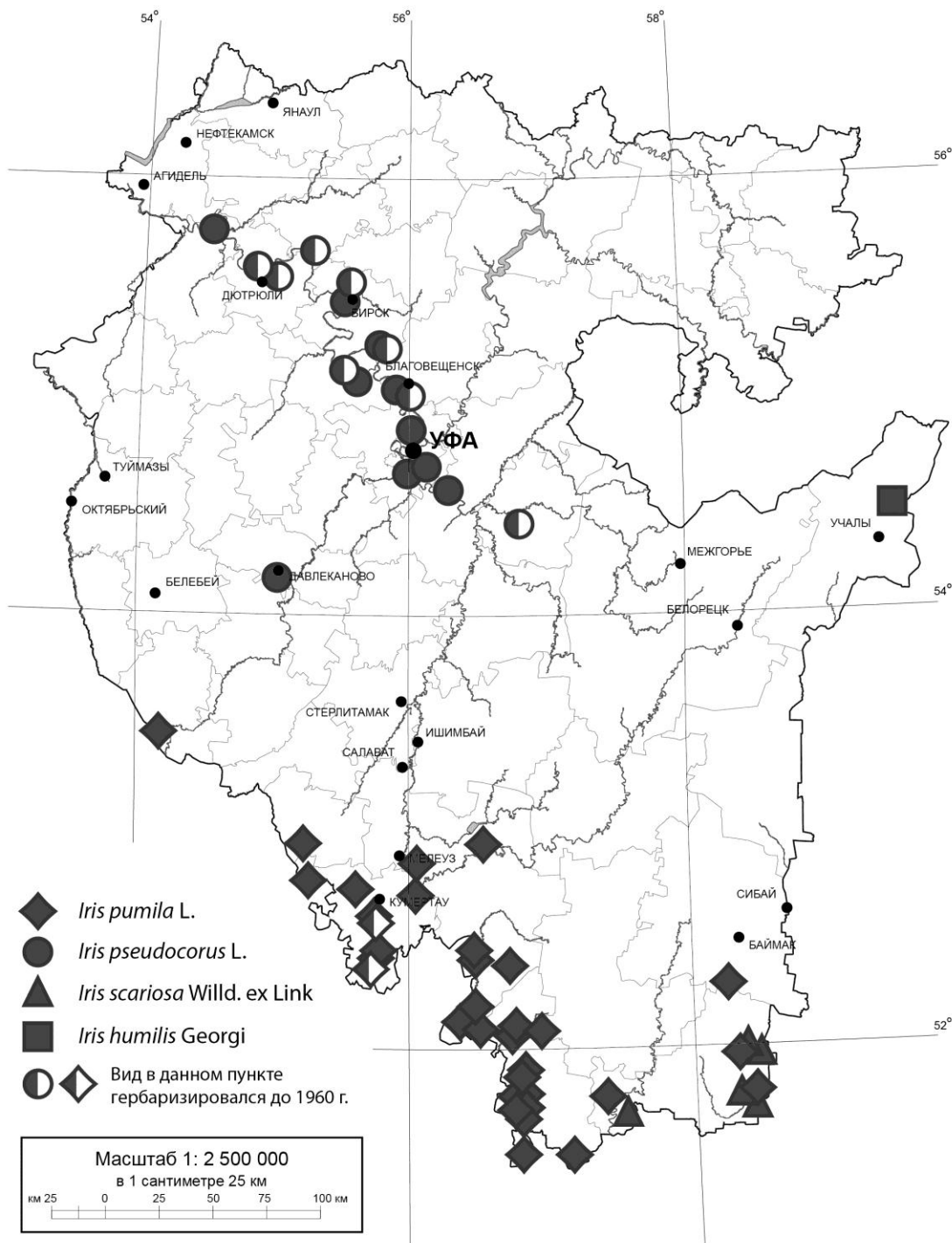


Рис. 1. Распространение редких видов ирисов в Башкортостане

I. pumila впервые на территории РБ был обнаружен в 1926 г. экспедиционным отрядом Б. Федченко в окрестностях бывшей д. В. Муталово на территории современного Куяргазинского района (LE). Указание вида для горно-лесной зоны – «Авзяно-Петровский» [21] явно ошибочно. В РБ вид находится близ северной границы ареала. Произрастает в 35 пунктах: в Башкирском Предуралье – в Бижбулякском, Куяргазинском, Федоровском р-нах; на Южном Урале (в предгорьях, по западному склону, в популяциях, относящихся к лесостепной зоне) – в Зианчуринском, Кугарчинском, Мелеузовском р-нах; в Башкирском Зауралье – в Баймакском, Хайбуллинском р-нах. В Национальном парке «Башкирия» проходит северная граница распространения вида на Урале.

I. scariosa – в Башкортостане малоизученный вид с дизъюнктивным ареалом. В РБ обнаружен относительно недавно – в 1991 г. [22]. На сегодня достоверно известен из 8 пунктов Башкирского Зауралья в Хайбуллинском районе: в 3 км от с. Большеабишево в направлении д. Урняк, в 7,5 км к юго-востоку от д. Бакаловской фермы, в 3-х пунктах на г. Айгиртау в окрестностях д. Сагитово и в 3-х пунктах по берегам реки Таналык, в ее низовьях. Вид также обнаружен в Челябинской и Оренбургской областях [15, 23].

2. Фитоценотическая приуроченность редких ирисов.

Анализ геоботанических описаний, выполненных в сообществах с участием редких видов рода *Iris*, показал, что из 4-х редких ирисов, встречающихся на территории РБ, 3 вида (*I. pumila*, *I. humilis* и *I. scariosa*) приурочены преимущественно к степным фитоценозам класса *Festuco-Brometea* (табл.).

Таблица

Краткая характеристика сообществ с участием редких видов рода *Iris*

Ценопопуляции	Местообитания	ОПП травостоя, %	Характерные виды
<i>Iris pumila</i>			
Ассоциация <i>Astragalo austriacae-Stipetum pulcherrimae</i>			
г. Высокая, ур. Куч-Тапкан, Юлдашево, Тазларово	Настоящая степь	65-90	<i>Artemisia marschalliana</i> , <i>Echinops crispus</i> , <i>Galatella villosa</i> , <i>Koeleria sclerophylla</i> , <i>Stipa pulcherrima</i>
Сообщество <i>Stipa capillata</i> [<i>Helictotricho-Stipetalia</i>]			
г. Караултау, Якшимбетово, Кужанак, Холодный Ключ	Петрофитная степь	70-85	<i>Agropyron pectinatum</i> , <i>Astragalus macropus</i> , <i>A. testiculatus</i> , <i>Festuca pseudovina</i> , <i>Potentilla glaucescens</i> , <i>Stipa capillata</i>
Ассоциация <i>Scorzonero austriacae-Stipetum lessingiana</i>			
Кужанак, Арсенево, Лена	Настоящая степь	75	<i>Centaurea carbonata</i> , <i>Galatella villosa</i> , <i>Echinops crispus</i> , <i>Stipa capillata</i> , <i>S. lessingiana</i>
Ассоциация <i>Spiraeo hypericifoliae-Amygdaletum nanae</i>			
Верхний Муйнак	Кустарниковая степь	50-65	<i>Elytrigia lolioides</i> , <i>Festuca pseudovina</i> , <i>Spiraea hypericifolia</i> , <i>Stipa capillata</i>
<i>Iris scariosa</i>			
Ассоциация <i>Stipetum rubentis</i>			
г. Айгиртау	Настоящая степь	30	<i>Allium globosum</i> , <i>Euphorbia caesia</i> , <i>Festuca pseudovina</i> , <i>Gypsophila paniculata</i> , <i>Stipa zalesskii</i>
<i>Iris humilis</i>			
Ассоциация <i>Stipetum rubentis</i>			
г. Шартымка	Настоящая степь	60	<i>Artemisia sericea</i> , <i>Allium globosum</i> , <i>Helictotrichon desertorum</i> , <i>Pulsatilla uralensis</i> , <i>Stipa zalesskii</i> , <i>Tanacetum kittaryanum</i> , <i>Thalictrum foetidum</i>
<i>Iris pseudacorus</i>			
Ассоциация <i>Caricetum acutiformis</i>			
Маядык	Прибрежно-водное	90-95	<i>Alisma plantago-aquatica</i> , <i>Carex acutiformis</i> , <i>Comarum palustre</i> , <i>Equisetum fluviatile</i> , <i>Galium palustre</i>
Ассоциация <i>Caricetum acutae</i>			
Карпово	Прибрежно-водное	100	<i>Agrostis gigantea</i> , <i>Carex acuta</i> , <i>C. riparia</i> , <i>Glechoma hederacea</i> , <i>Phalaroides arundinacea</i> , <i>Poa trivialis</i>
Ассоциация <i>Caricetum vesicariae</i>			
Маядык	Прибрежно-водное	90	<i>Alisma plantago-aquatica</i> , <i>Carex acuta</i> , <i>C. vesicaria</i> , <i>Galium palustre</i> , <i>Lycopus europaeus</i>
Ассоциация <i>Phalaroidetum arundinaceae</i>			
Карпово	Прибрежно-водное	100	<i>Carex acuta</i> , <i>Elytrigia repens</i> , <i>Phalaroides arundinacea</i> , <i>Thalictrum flavum</i> , <i>Vicia sepium</i>
Ассоциация <i>Vicio cracca-Caricetum vulpinae</i>			
Юсупово, 8 Марта	Сырой луг	90-95	<i>Agrostis stolonifera</i> , <i>Carex vulpina</i> , <i>Galium palustre</i> , <i>Lysimachia nummularia</i> , <i>Lythrum virgatum</i> , <i>Ranunculus repens</i> , <i>Symphytum officinale</i>
Ассоциация <i>Lysimachio vulgaris-Filipenduletum ulmariae</i>			
Кафе Отдых	Сырой луг	70	<i>Calystegia sepium</i> , <i>Filipendula ulmaria</i> , <i>Lysimachia vulgaris</i> , <i>Rubus caesus</i> , <i>Stachys palustris</i> , <i>Urtica dioica</i>

I. pumila (к. карликовый) в большинстве случаев произрастает на степных склонах различной экспозиции в богатовидовых красивейшековильных степях ассоциации *Astragalo aus-*

triacae-Stipetum pulcherrimae, являющихся зональным типом степей Предуралья Республики Башкортостан. Флористический состав сообществ насчитывает от 38 до 50 видов на площадке, в среднем 43 вида. Общее проективное покрытие варьирует от 65 до 90% на площади описания 64-100 м². В составе ценозов велика доля петрофитно-степных видов. Ирис карликовый был отмечен на всех площадках с обилием 1. Подобные сообщества были описаны в Зианчуринском и Федоровском районах РБ.

Помимо сообществ вышеназванной ассоциации, ирис карликовый нередко отмечался и в сообществах с участием ковыля волосатика – сообщество *Stipa capillata* [*Helictotricho-Stipetalia*]. Это были, как правило, выпасаемые участки настоящих и петрофитных степей на плакорных и склоновых местообитаниях, последние, как правило, склоны южной экспозиции. Флористический состав данных сообществ насчитывает от 29 до 45 видов на площадке, в среднем 37 видов. Общее проективное покрытие варьирует от 70 до 85% на площади описания 64 м². В составе ценозов также велика доля петрофитно-степных видов. Ирис карликовый был отмечен на всех площадках с обилием +-2. Такие сообщества были описаны в Куяргазинском, Мелеузовском и Зианчуринском районах РБ.

Относительно редко изучаемый вид отмечался в сообществах ассоциации *Scorzonero austriacae-Stipetum lessingiana*, представляющей собой лессингоковыльные степи южных районов Башкортостана. Флористический состав ценозов насчитывает от 35 до 40 видов на площадке, в среднем 38 видов. Общее проективное покрытие равняется 75% на площади описания 64-100 м². Для ценофлоры описанных сообществ также характерна высокая роль петрофитных видов союза *Helictotricho-Stipion* порядка *Helictotricho-Stipetalia*. Ирис карликовый был отмечен на всех площадках с обилием +-1.

Наиболее редким типом сообществ с участием ириса карликового являются сообщества ассоциации *Spiraeo hypericifoliae-Amygdaletum nanae*. Так в популяции, расположенной по восточному склону горы у д. Верхний Муйнак, ирис карликовый отмечался среди разреженных зарослей спиреи зверобоелистной на верхней границе склона, по известняковым осыпям. Флористический состав сообществ насчитывает 25-26 видов на площадке, в среднем 25 видов. Общее проективное покрытие варьирует от 50 до 65% на площади описания 64 м². Ирис карликовый был отмечен на всех площадках с обилием +-1.

Сообщества с участием *I. humilis* (к. низкий) приурочены к ценозам ассоциации *Stipetum rubentis*. Для характеристики сообществ с *I. humilis*, ввиду того, что вид на территории республики представлен всего несколькими особями, приведено описание аналогичных сообществ с участием вида с горы Шартымка Челябинской области в схожих местообитаниях. Флористический состав насчитывает 34 вида. Общее проективное покрытие равняется 60%. Сообщества ассоциации занимают нижнюю треть склона горы северо-западной экспозиции. В составе ценозов велика доля петрофитно-степных видов растений.

I. scariosa (к. кожистый) преимущественно приурочен к степной зоне Башкирского Зауралья и связан в основном с сухими красноватокосовыми степями ассоциации *Stipetum rubentis*. Нами описано одно сообщество с участием к. кожистого, расположенное на южном склоне г. Айгиртау. Флористический состав насчитывает 19 видов на пробной площади. Общее проективное покрытие незначительно и составляет 30% на площади описания 25 м². В составе ценозов также велика доля петрофитно-степных видов растений. Ирис кожистый отмечен с достаточно высоким обилием +-2.

Из всех редких видов рода *Iris* только один вид – *Iris pseudacorus* (касатик или ирис желтый, ирис болотный) связан с прибрежно-водными местообитаниями класса *Phragmito-Magnocaricetea* и влажными лугами порядка *Molinietalia* класса *Molinio-Arrhenatheretea*.

В большинстве случаев данный вид отмечался в прибрежно-водных осоковых сообществах ассоциаций *Caricetum acutiformis*, *Caricetum acutae* и *Caricetum vesicariae*. В данных сообществах к. желтый произрастает как в частично обводненных, так и в сухих условиях, преимущественно на илистом грунте. Флористический состав этих сообществ насчитывает от 10 до 30 видов – в среднем 17 видов. Общее проективное покрытие варьирует от 90 до 100% на площади описания 10–64 м². Ценофлора сообществ представлена в основном прибрежно-водными и влажно-луговыми видами. Ирис желтый был отмечен на всех площадках с обилием +-2. Сообщества с участием этого вида были описаны в нижнем течении реки Белой в Уфимском и Дюртюлинском районах РБ. Реже ирис желтый отмечается в сообществах двухкосточника тростниковидного ассоциации *Phalaroidetum arundinaceae*. Подобные сообщества были описаны в Уфимском районе. Флористический состав сообщества ассоциации насчитывает от 16 до 24 видов – в среднем 20 видов. Общее проективное покрытие равняется 100% на площади описания 64 м². Наряду с обычными прибрежно-водными и влажно-луговыми видами, в этом сообществе велика доля синантропных видов, что объясняется нарушенностью данных ценозов, расположенных в пределах селитебной территории.



В рамках класса *Molinio-Arrhenatheretea* ирис желтый отмечался в сообществах влажных лугов порядка *Molinietalia* ассоциаций *Vicio craccaе-Caricetum vulpinae* и *Lysimachio vulgaris-Filipenduletum ulmariae*. Подобные сообщества были описаны в Уфимском и Дюртюлинском районах РБ. Флористический состав данных сообществ насчитывает от 20 до 22 видов – в среднем 21 вид. Общее проективное покрытие – 100% на площади описания 100 м². Ценофлора сообществ представлена типичными влажно-луговыми видами.

Заключение

Таким образом, проведенные исследования позволили уточнить распространение редких ирисов в Башкортостане и на Южном Урале в целом. Составлены карты распространения и оценена фитоценотическая приуроченность редких видов рода *Iris*. Наиболее распространены по территории республики 2 редких вида ирисов – *I. pumila* и *I. pseudacorus* – 35 и 15 локалитетов, 2 других вида – *Iris humilis* и *I. scariosa* представлены 1 и 8 локалитетами соответственно.

Редкие виды ирисов встречаются в 10 ассоциациях и 1 сообществе растительности Башкортостана. При этом наибольшим фитоценотическим диапазоном отличается *Iris pseudacorus*, который встречается в 6 ассоциациях прибрежно-водной и лугово-пойменной растительности. *Iris pumila*, несмотря на то, что число его локалитетов в 2 раза больше, чем у *I. pseudacorus*, характеризуется более узким эколого-фитоценотическим диапазоном, связанным с приуроченностью вида к специфическим каменистым субстратам.

Список литературы

1. Алексеева Н.Б. Род *Iris* L. (*Iridaceae*) в России / *Turczaninowia*, 11(2), 2008. – с. 5-68.
2. Доронькин В.М. *Iris* L. – Касатик / Флора Сибири. – Новосибирск, 1987. – Т.4. – с. 114-124.
3. Гроссгейм А.А. *Iris* L. / Флора Кавказа. – Баку, 1940. – Т.2. – С. 206-225.
4. Гроссгейм А.А. Род *Iris* L. - Касатик / Определитель растений Кавказа. – М., 1949. – с. 633-637.
5. Галушко А.И. *Iris* L. / Флора Северного Кавказа. Определитель. – Ростов , 1978. – Т.1. – с. 174-175.
6. Михеев А.Д. Обзор видов рода *Iris* (*Iridaceae*) флоры Кавказа // Ботанический журнал. – 2004. – Т. 89. – №2 – с. 276-285.
7. Цвелев Н. Н. Сем. *Iridaceae* Juss. – Касатиковые // Флора европейской части СССР. – Л.: Наука, 1979а. – Т. 4. – с. 292-311.
8. Павлова Н.С. Касатик – *Iris* L. // Сосудистые растения советского Дальнего Востока – Л., 1987. – Т. 2. – с. 415-425.
9. Павлова Н.С. Касатик – *Iris* L. // Флора Российского Дальнего Востока. – Владивосток, 2004. – с. 277-279.
10. Красная книга Республики Башкортостан. В 2 т. Т 1: Растения и грибы / под ред. д-ра биол. наук, проф. Б.М. Миркина. – 2-е изд., доп. и переработ. – Уфа: МедиаПринт, 2011. – 384 с.
11. Абрамова Л.М., Крюкова А.В., Зиганшина А.К. К биологии редкого вида Южного Урала *Iris pumila* L. в природе и интродукции // Лесостепь Восточной Европы: структура, динамика и охрана: сборник статей Междунар. науч. конф. – Екатеринбург, 2013. – с. 40-42.
12. Абрамова Л.М., Крюкова А.В. Семенная продуктивность редкого вида *Iris pumila* L. в природе и в условиях интродукции // Вестник ОГУ. – Оренбург, 2013. – №10 (159). – с. 156-159.
13. Красный список особо охраняемых редких и находящихся под угрозой исчезновения животных и растений. Ч. 3.1 (Семенные растения). – М., 2004 (2005). – 352 с.
14. Горчаковский П.Л., Шурова Е.А. Редкие и исчезающие растения Урала и Приуралья. – М.: Наука, 1982. – 208 с.
15. Куликов П.В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). – Екатеринбург, 2005. – 537 с.
16. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Grundzuge der Vegetationskunde. 3 Aufl. / J. Braun-Blanquet. – Wien-New-York, 1964. – 865 p.
17. Ямалов С.М. Продромус растительных сообществ Республики Башкортостан / С.М. Ямалов, В.Б. Мартыненко, Л.М. Абрамова, В.Б. Голуб, Э.З. Баишева, А.В. Баянов. – Уфа: «Гилем», 2012. – 83 с.
18. Мулдашев А.А. Новые флористические находки в Башкирии // Бот. журн. – 2011. – Т. 96. – №5. – с. 654-659.
19. Шелль Ю. Материал для Ботанической географии Уфимской губернии // Приложение к протоколу 131 заседания Об-ва Естествоиспытателей при Импер. Казан. Ун-те. – Казань, 1880. – 6 с.
20. Носков А.К. Бирск и его окрестности. Ботаникогеографический очерк. – С.-Петербург. 1913. – 164 с.
21. Флора юго-востока Европейской части СССР. Вып. III. Л.: изд-ие Главного Ботанического Сада, 1929. – 436 с.
22. Мулдашев А.А. Флористические находки в Башкортостане (Россия) // Бот. журн. – 2003. – Т. 88. – №1, – с. 120-129.

23. Рябинина З.Н., Князев М.С. Определитель сосудистых растений Оренбургской области. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. – 758 с.

DISTRIBUTION AND PHYTOCOENOTIC CONFINEDNESS OF RARE SPECIES OF GENUS *IRIS* L. IN THE SOUTH URALS (BASHKORTOSTAN REPUBLIC)

**A.V. Kryukova¹, A.A. Muldashev²,
J.M. Golovanov¹, L.M. Abramova¹**

¹ Botanical Garden-Institute of Ufa Scientific Centre Russian Academy of Sciences, 195/3 Mendeleev St, Ufa, 450045, Russia

E-mail: abramova.lm@mail.ru

² Institute of Biology of Ufa Scientific Centre of Russian Academy of Sciences, 69 Pr. Oktyabrya, Ufa, 450080, Russia

E-mail: muldashev_ural@mail.ru

Results of studying of distribution and phytocoenotic confinedness of 4 rare species of genus *Iris* – *I. humilis* Georgi, *I. pseudacorus* L., *I. pumila* L., *I. scariosa* Willd. ex Link in the territory of the Bashkortostan Republic are given. The conducted researches allowed to specify the distribution of rare species of *Iris* in the Bashkortostan and in the South Urals as a whole. Cards of distribution are made and phytocoenotic confinedness of rare species of genus *Iris* is estimated. 2 rare species – *I. pumila* and *I. pseudacorus* are most widespread on the territory of the republic – 35 and 15 localities, 2 other species – *Iris humilis* and *I. scariosa* are presented by 1 and 8 localities respectively. Rare species of *Iris* are met in 10 associations and 1 community of vegetation of the Bashkortostan, the greatest phytocoenotic range differs *Iris pseudacorus* which is met in 6 associations of coastal-water and meadow-floodplaine vegetation.

Key words: *Iris humilis* Georgi, *I. pseudacorus* L., *I. pumila* L., *I. scariosa* Willd. ex Link, rare species, distribution, phytocoenotic confinedness.



УДК 581.9: 504.73.05

АНАЛИЗ АДВЕНТИВНОЙ ФРАКЦИИ ФЛОРЫ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ ТРУБОПРОВОДНОГО ТРАНСПОРТА НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ (НА ПРИМЕРЕ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ)

М.А. Куксова¹, Т.А. Харченко²

¹ «Северо-Кавказский федеральный университет, Россия, 355029, г. Ставрополь, просп. Кулакова, 2

² Ставропольский государственный аграрный университет, Россия, 355003, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12

E-mail: mkuksova@yandex.ru;
xarchenkotatjana@yandex.ru

Проведен анализ инвентаризации флоры на объектах инфраструктуры нефтегазовой отрасли Ставрополья. Установлено, что исследуемая флора представлена 444 видами сосудистых растений, из них 152 вида – адвентивный компонент. В структуре адвентивной фракции флоры выявлено повышенное участие роли видов Ирано-Туранской (28.3%), Средиземноморской (30.2%) и Американской (18.5%) групп. По степени натурализации во флоре преобладают эфекофиты (70.6%).

Ключевые слова: антропогенно-трансформированные флоры, объекты нефтегазовой отрасли, адвентивная флора, инвазивные виды растений.

Введение

Обширная география нефте-газопроводного транспорта и значительная протяженность продуктопроводов, пересекающих многие природно-климатические зоны Ставрополья, вызывают негативные экологические последствия, нанося при этом значительный ущерб биоте. В освоенных районах основные транспортные коридоры объектов нефте-газопроводного комплекса являются благоприятной средой для заноса и последующего расселения на прилегающие территории адвентивных, зачастую агрессивных компонентов флоры и вытеснению аборигенных видов. Изучение флоры и растительности в районах промышленного освоения углеводородного сырья и последующей его транспортировки, представляет не только научный, но и практический интерес, так как позволит выявить заносный, нежелательный компонент флоры с целью последующего контроля его численности и предотвращения нежелательного распространения на прилегающие территории.

Объекты и методы исследования

Материал для данной работы был собран в полевые сезоны 2008–2012 гг. (апрель–сентябрь) на объектах инфраструктуры нефтяного и газового комплекса Ставрополья в следующих пунктах: 1) Изобильненский район (окрестности х. Спорный, пос. Рыздвяный) – на территории горного отвода Северо-Ставропольского подземного хранилища газа (ПХГ), созданным на основе природного резервуара выработанного месторождения газа; 2) Труновский район (окрестности хутора Эммануэлевского) – трасса КТК; 3. Ипатовский район (окрестности г. Ипатово) – по трассе нефтепровода КТК; 4) Туркменский район (северо-восточнее пос. Прудовый) – трасса нефтепровода КТК. Был детально исследован видовой состав растительности около компрессорных станций, скважин, газораспределительных пунктов, линий газо- и нефтепроводов.

Исследованиями охвачена территория, общей протяженностью около 300 км. Объектами изучения явились: 1) участки растительности, нарушенные объектами инфраструктуры нефтегазового комплекса; 2) участки зональной степной растительности (контроль); Всего выполнено 250 полных геоботанических описаний растительных сообществ на пробных площадях размером 0.25–100 м². В работе использованы общепринятые в фитоценологии методы [1, 2]. Основные флорогенетические характеристики определены на основе литературных источников [3]. При анализе адвентивной флоры на объектах инфраструктуры нефтегазового комплекса использована классификация, согласно которой виды распределялись по основным критериям: способам заноса, времени заноса и степени натурализации, т.е. уровню адаптированности к новым условиям среды [4, 5]. Математическая обработка материалов проводилась на основе базы данных, созданных в программе Microsoft Office Excel 2007. Латинские названия растений даны по последней сводке С.К. Черепанова [6].

Результаты и их обсуждение

Анализ флоры на объектах инфраструктуры трубопроводного транспорта Ставрополья (в границах Изобильненского, Ипатовского, Труновского и Туркменского районов) показал,

что исследуемая флора насчитывает 444 вида сосудистых растений, из них 152 вида – адвентивный компонент. Поскольку направленность и тенденции распространения адвентивных растений зачастую трудноопределимы, для этой группы видов рассмотрены флорогенетические элементы. Проведенный анализ адвентивной фракции флоры позволил выделить 11 флорогенетических элементов (табл.1).

Таблица 1

Соотношение флорогенетических элементов адвентивной фракции флоры линейно-направленных объектов трубопроводного транспорта Ставрополья

Флорогенетические элементы	Число видов	
	Абс.	%
Ирано-туранский	43	28.3
Средиземноморский	46	30.2
Западнодревнесредиземноморский	6	3.9
Восточнодревнесредиземноморский	3	1.9
Общедревнесредиземноморский	15	9.8
Туранский	4	2.6
Североамериканский	21	13.8
Южно- и центрально-американский	8	5.2
Восточноазиатский	3	1.9
Южноазиатский	1	0.8
Сибирский	1	0.8
Африканский	1	0.8
Всего:	152	100

Во флорогенетическом спектре практически одинаково представлены виды Ирано-Туранской и Средиземноморской групп (43 и 46 видов соответственно или 28.3% и 30.2%) . При этом в первой группе есть культивируемые (*Triticum aestivum*, *Secale cereale*), сорные и сорно-степные виды растений (*Eragrostis minor*, *Ceratocarpus arenarius*, *Berteroa incana*, *Brassica campestris*, *Cannabis ruderalis*, *Polygonum aviculare*, *Atriplex tatarica*, *Chenopodium glaucum*, *Ch. hybridum*, *Salsola tragus*, *Lepidium perfoliatum*, *Euclidium syriacum*, *Sisymbrium altissimum*, *Malva pusilla*, *Capsella bursa-pastoris*, *Lappula barbata*, *L. tatarica*, *Onopordum acanthium*).

Группа Средиземноморских видов представлена – *Aegilops cylindrical*, *Bromus japonicus*, *Lolium perenne*, *Urtica urens*, *Adonis aestivalis*, *Consolida regalis*, *Bunias orientalis*, *Cynoglossum officinale*, *Anchusa officinalis*, *Lamium purpureum*, *Carduus acanthoides*, *C. crispus*, *C. uncinatus*, *Chondrilla juncea*, *Centaurea cyanus*, *C. diffusa*, *Sonchus arvensis*, *S. asper*, *Portulaca oleracea*. Виды, широко распространенные в Средиземноморской и Ирано-Туранской областях Древнесредиземноморского подцарства, представляют Общедревнесредиземноморский флорогенетический элемент (15 видов или 9.8%). Наиболее характерные представители – *Bothriochloa ischaetum*, *Cynodon dactylon*, *Poa bulbosa*, *Sclerochloa dura*, *Salsola australis*, *Poterium polygamum*, *Lappula patula*, *Lycopsis orientalis*, *Salvia aethiopsis*, *Veronica persica*.

Западно-древнесредиземноморский флорогенетический элемент представляют шесть видов (3.9%) – *Ranunculus illyricus*, *Linum austriacum*, *Cruciata laevipes*, *Crepis pulchra*, *Filago vulgaris* и др.

Адвентивный компонент флоры линейно-направленных объектов трубопроводного транспорта сформировался также за счет видов, выходцев из Северной Америки (21 вид; 13.8%). Среди них встречаются культурные, занесенные случайно с близлежащих полей во вторичные местообитания и не натурализующиеся – *Helianthus annuus*, *Calendula officinalis*; натурализующиеся, внедряющийся в естественные ценозы и колонизирующие огромный диапазон полуестественных обитаний – *Solidago canadensis*, *Hordeum jubatum*, использующиеся в городском озеленении – *Acer negundo*, *Robinia pseudoacacia*. Представители американской флоры, успешно натурализовавшиеся и освоившие местообитания обочин дорог, полос отвода магистральных трубопроводных систем, площадок компрессорных станций – *Cyclachaena xanthifolia*, *Erigeron canadensis*, *Lepidotheca suaveolens*, *Matricaria recutita*, *Phalacrolooma annuum*, *Triplourospermum inodorum*, *Solanum cornutum*, *Cuscuta campestris*, *Amaranthus albus*, *A. blitoides*, *A. retroflexus*. Массово внедрились в зону дерновинно-злаковых степей и луговых степей североамериканские *Ambrosia artemisiifolia*, *A. trifida*, распространяясь вдоль транспортных путей, по дорожным насыпям, обочинам дорог, нарушенным участкам. Активно расселяются Южно- и Центральноамериканские представители (8 видов; 4.7%) – *Xanthium strumarium*, *Xanthium albinum*, *Galinsoga parviflora*, *G. ciliata*, *Datura stramonium*. К культивируемому, нестабильному компоненту, занесенному случайно на нарушенные территории объектов магистральных трубопроводов относят такие виды как – *Zea mais*, *Lycopersicon esculentum*. Ту-



ранский флорогенетический элемент представлен 4 видами (2.6%) Из Восточной Азии происходят 3 вида (1.9%). По 1 виду приходится на южно-азиатский и африканский флорогенетический элемент (1.6%).

Одним из показателей антропогенной трансформации флоры, наличием иммиграционных и эмиграционных потоков видов, является анализ адвентивного элемента флоры, как части флоры отдельно взятой территориальной единицы. Принадлежность к автохтонному или аллохтонному компоненту флоры для многих видов дискуссионна. Неоднозначность подходов к классификации адвентивных видов показывает универсальность антропогенных воздействий на флору, а вместе с тем и трудность обособления их от природных факторов [5, 7, 8, 9, 10, 11]. В нашей работе, для анализа адвентивной флоры линейно-направленных объектов трубопроводного транспорта использовалась классификация, согласно которой виды распределяются уровню адаптированности к новым условиям [4, 5]. По времени заноса нами выделены следующие группы: археофиты – растения, являющиеся спутниками человека еще с доисторического и раннеисторического времени в качестве сорных, появившиеся на данной территории до XVI века; гемикенофиты – занесенные позже, вплоть до 19 века; эуконофиты – занесены с начала XX века и по настоящее время. По способу заноса выделяется группа ксенофитов (занесены случайно, непреднамеренно), эргазиофитов (виды, введенные в культуру, а затем распространившиеся во внекультурные местообитания, как антропогенные, так и естественные). По степени натурализации, проникновения в естественные растительные сообщества выделены следующие группы:

- эфемерофиты – виды, занесенные случайно, известны по отдельным находкам, не натурализующиеся;
- колонофиты – виды, способные закрепляться в местах заноса, но не расселяющиеся дальше;
- эпекофиты – виды, способные расселяться в подходящих нарушенных местообитаниях, но не входящие в состав естественных растительных сообществ;
- агриофиты – заносные или одичавшие виды, внедрившиеся в состав естественных растительных сообществ.

Относительно термина «натурализация», имеющего длительную историю, многие авторы, и, прежде всего, европейские, склонны называть это явление как «invasion process», подразумевая в данном случае последовательную смену видами статуса инвазивности или степени натурализации. И около 10% инвазивных растений, которые изменяют характер, состояние, форму или характер экосистем на значительных территориях, могут быть названы «видами-трансформерами» [12, 13, 14, 15].

В структуре адвентивной фракции флоры (табл. 2), наиболее многочисленной группой по времени заноса являются гемикенофиты (51.2%), доля археофитов составляет 39.3%, эуконофитов – 9.5%. По степени натурализации во флоре полос отчуждения объектов трубопроводного транспорта преобладают эпекофиты (107 видов или 70.6%). Этот факт можно объяснить тем, что данная территория характеризуется наличием хорошо развитой транспортной сети, подъездных путей вдоль трасс трубопровода. В структуре видов флоры, занесенных случайно и натурализовавшимся в подходящих нарушенных местообитаниях (гемикенофит-ксенофит-эпекофит) являются: *Amaranthus retroflexus*, *Anizantha tectorum*, *Asperugo procumbens*, *Atriplex tatarica*, *Bassia sedoides*, *Bromus japonicus*, *Cardaria draba*, *Carduus acanthoides*, *Ceratocarpus arenarius*, *Crepis pulchra*, *Cynanchum acutum*, *Cuscuta campestris*, *Datura stramonium*, *Eragrostis minor*, *Fumaria schleicheri*, *Hordeum leporinum*, *H. geniculatum*, *Lactuca tatarica*, *Lepidotheca suaveolens*, *Lycopsis orientalis*, *Matricaria recutita*, *Senecio vernalis*, *Sisymbrium altissimum*, *S. loeselii*, *Solanum cornutum*, *Tripleurospermum inodorum*, *Xanthium strumarium*.

Таблица 2

**Структура адвентивной фракции флоры по степени натурализации
(число видов / % к общему числу видов)**

Способ миграции	Время заноса	Степень натурализации				Всего
		Эфемерофиты	Колонофиты	Эпекофиты	Агриофиты	
ксенофиты	археофиты	0/0	0/0	47/30.9	10/6.5	57/37.4
	гемикенофиты	4/2.6	1/0.6	47/30.9	16/10.5	68/44.6
	эуконофиты	0/0	0/0	6/3.6	4/2.4	10/7.0
эргазиофиты	археофиты	2/1.3	0/0	1/0.6	0/0	3/1.9
	гемикенофиты	5/3.4	0/0	4/2.6	1/0.6	10/6.6
	эуконофиты	1/0.6	0/0	2/1.3	1/0.6	4/2.5
Всего		12/7.9	1/0.6	107/70.6	32/21.1	152/100

Современные представители рудеральных сообществ полос отчуждения объектов трубопроводного транспорта Ставрополя (эуконофиты), занесенные случайно (ксенофиты), представлены такими видами как: *Commelina communis*, *Amaranthus albus*, *Amaranthus blitoides*, *Cyclachaena xanthifolia*, *Phalacrologa annuum*, *Xanthium albinum*.

К наиболее древним эпекофитам, занесенным случайно, непреднамеренно (53 вида – 30.9%) относятся: *Avena fatua*, *Echinochloa crus-galli*, *Secale cereale*, *Sonchus arvensis*, *Sonchus asper*, *Sonchus oleraceus*, *Cannabis ruderalis*, *Urtica urens*.

Среди современных культивируемых адвентивных видов (эуконофит-эргазиофит) растений флоры объектов трубопроводного транспорта по нарушенным местам встречаются: *Hordeum jubatum*, *Solidago canadensis*. Эти виды были введены в культуру, а затем распространились во внекультурные местообитания. Эргазиофиты, занесенные случайно и распространившиеся по нарушенным местообитаниям, вплоть до начала XX века – 4 (2.6%) – *Lolium perenne*, *Kochia scoparia*, *Medicago sativa*, *Robinia pseudoacacia*. Второй по численности группой видов по степени натурализации является группа агрофитов (32 вида – 21.1%), представители которых растут и в естественных растительных сообществах. Некоторые из них являются случайно занесенными, примерами таких видов являются: *Alyssum desertorum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Ambrosia trifida*, *Capsella bursa-pastoris*, *Caragana arborescens*, *Bidens frondosa*, *Conyza canadensis*, *Erigeron canadensis*, *Galinsoga parviflora*, *Galinsoga ciliata*, *Hordeum leporinum*, *Onopordum acanthium*, другие – преднамеренно введены в культуру и встречаются во вторичных местообитаниях – *Saponaria officinalis*, *Caragana arborescens*.

По степени натурализации третьей по численности является группа нестабильного компонента, или эфемерофитов (12 видов – 7.9%). Некоторые из них являются случайно занесенными (ксенофиты). Например: *Aegilops triuncialis*, *A. cylindrical*, *Eremopyrum triticeum*, другие – виды, введенные в культуру, а затем распространившиеся во внекультурные местообитания (*Calendula officinalis*, *Helianthus annuus*, *Lycopersicon esculentum*, *Zea mays*, *Triticum aestivum*, *T. durum*, *Secale cereale*, *Solanum tuberosum*).

Среди адвентивного компонента флоры объектов нефте-газопроводного транспорта следует особо выделить группу карантинных сорняков, которые, попадая в иные ботанико-географические области, акклиматизируются, и в отсутствие сдерживающих факторов, (вредители и болезни) дают вспышку численности. К числу таких видов относятся *Acroptilon repens*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Ambrosia trifida*, *Cyclachaena xanthifolia*, *Cuscuta campestris*, *Solanum rostratum*. Из них получил наиболее активное распространение вдоль трасс трубопроводов, подъездных к ним путей и компрессорных станций, североамериканский вид – *Ambrosia artemisiifolia*. В настоящее время вид активно внедряется в зону дерновинно-злаковых и луговых степей. Массовое распространение амброзии полыннолистной на Ставрополье отмечается там, где пашня составляет значительную часть от общей площади сельскохозяйственных угодий [16]. Пыльца *Ambrosia artemisiifolia*, *Ambrosia trifida* является сильнейшим аллергеном, она разносится с ветром на десятки километров, поднимаясь в высоту до 5000 метров. В период цветения амброзии наблюдается массовые аллергические заболевания «аллергический поллиноз» и «осенняя сенная лихорадка».

Другой карантинный сорняк *Solanum rostratum*, распространяющийся главным образом транспортными средствами и с семенным материалом встречается по обочинам дорог, часто в непосредственной близости от посевов сельскохозяйственных культур в Изобильненском и Ипатовском районах. *Cuscuta campestris* – полевой сорняк, распространяется преимущественно вдоль дорог с засоренным семенным материалом, отходами, почвой, дождевой водой, посредством ветра, путем переноса семян транспортными средствами, животными. Особенно следует остановиться на видах – трансформерах, инвазионных видах, которые в значительной степени преобразуют природные экосистемы, внедряясь в естественные сообщества, вызывая растительные инвазии. Вдоль магистральных трубопроводов и транспортных путей такие виды образуют своеобразные инвазионные транзитные маршруты, в результате чего устанавливается постоянная продолжительная связь между регионом-донором и регионом – реципиентом и осуществляется перенос чужеродных видов. К таким видам-трансформерам относится древесный интродуцент – *Acer negundo*, применяемый в городском озеленении и формировании защитных лесополос. Не меньшую опасность представляют: *Chamomilla suaveolens*, *Conyza canadensis*, *Galinsoga ciliata*, *G. parviflora*.

Подобный процесс унификации растительного покрова, возникающий в результате вмешательства в природные экосистемы, в одних случаях ведет к упрощению структуры степных экосистем (по трассам трубопроводов), в других, к практически полному их уничтожению, появлению синантропных растительных сообществ на некоторых участках территорий компрессорных станций, многочисленных подъездных путях, формируемых в процессе обслуживания нефте- и газопроводов, линии коммуникаций. Следствием этих негативных процессов



является сокращение биологического разнообразия, снижение устойчивости экосистем и способности к саморегуляции. Отмечены качественные отличия флоры серийных сукцессионных группировок вдоль трасс трубопроводов и целинной степной растительности Ставрополя, коэффициент сходства между этими участками варьирует от 12 до 22 % [17, 18].

Заключение

Таким образом, основные транспортные коридоры объектов нефте- и газопроводного транспорта Ставрополя являются благоприятной средой для заноса и последующего распространения нежелательных, зачастую агрессивных компонентов флоры. Исследуемая флора (в границах Изобильненского, Ипатовского, Труновского и Туркменского районов) насчитывает 444 вида сосудистых растений, 152 из них – адвентивный компонент. Проведенный флорогенетический анализ свидетельствует о явной выраженности Средиземноморской (30.2%), Ирано-Туранской (28.3%) и Американской (19%) флор. По степени натурализации во флоре полос отчуждения объектов трубопроводного транспорта преобладают эпекофиты (70.6%), свидетельство прогрессирующей трансформации флоры.

Для предотвращения негативных экологических процессов, складывающихся на полосах отчуждения магистральных трубопроводных систем, а также достижения нормального функционирования окружающего агроландшафта необходимо:

- проведение предпроектных геоботанических обследований территорий, и последующая рекультивация нарушенных нефте- и газопроводами земель и растительности;
- фитосанитарное обследование территорий с целью выявления новых местообитаний карантинных видов и очагов их распространения, нуждающихся в контроле с целью создания оптимальных условий развития природной растительности;
- принятие своевременных мер по ликвидации первичных очагов агрессивных видов.

Список литературы

1. Шенников А.П. Введение в геоботанику. – Л.: Изд-во ЛУ им. А.А. Жданова, 1964. – 447 с.
2. Толмачев А.И. Методы сравнительной флористики и проблемы флорогенеза. – Новосибирск: Наука, 1986. – 195 с.
3. Тахтаджян А.Л. Флористические области Земли. – М.: Наука, 1978. – 248с.
4. Kornaś J. Geograficzno–historyczna klasyfikacja roślin synantropijnych // Mater. Zakl.Fitosocjol. Stos. UW. – 1968. – №25. – S. 33–41.
5. Туганаев В.В, Пузырев А.Н. Гемерофиты Вятско-Камского междуречья. – Свердловск: Изд-во Уральского ун-та, 1988. – 128 с.
6. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб.: Мир и семья, 1995. – 992 с.
7. Thellung A. Zur Terminologie der Adventiv- und Ruderal-flora // Allg. Bot. Zeitschrift. Karlsruhe. – 1918/1919. – Н. 24/25. – S. 36–42.
8. Jalas J. Hemerobe und hemerochrome Pflanzenarten. Ein terminologischer reformversuch // Acta Soc. Fauna Fl. Fenn. – 1955. – 72 (11). – S. 1–15.
9. Schroder F.G. Zur Klassifizierung der Antropochoren // Vegetatio. – 1969. – Vol. 16. – Fasc. 5–6. – S. 225–238.
10. Вынаев Г.В., Третьяков Д.И. О классификации антропофитов и новых для флоры БССР интродуцированных видов растений // Ботаника: Исследования. – 1979. – Вып. 21. – С. 62–73.
11. Гельтман Д.В. Понятие «инвазивный вид» и необходимость изучения этого явления // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ: Мат. научн. конф. – М.: Изд-во Бот. сада МГУ; Тула: Гриф и К°, 2003. – С. 35–36.
12. Alien plants in temperate weed communities: Prehistoric and recent invaders occupy different habitats / P. Pysek, V. Jarosik, M. Chytrý et al. // Ecology. – 2005. – Vol. 86. – Pp. 772–785.
13. Rejmanek M., Richardson D.M., Pysek P. Plant invasions and invisibility of plant communities // Vegetation Ecology. – Blackwell, Oxford, 2005. – Pp. 332–335.
14. Hejda M., Pysek P., Jarosik V. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities // Journal of ecology. – 2009. – Vol. 97. – Pp. 393–403
15. Hugo S., Van Rensburg J., Van Wyk A.E., Steenkamp Y. Alien phytogeographic regions of Southern Africa: numerical classification, possible drivers and regional threats // PLOS One. – 2012. – №5. Vol 7.
16. Дзыбов Д.С. Фитоценотический метод борьбы с амброзией полыннолистной *Ambrosia artemisiifolia* L. // Теоретические основы биологической борьбы с амброзией. – Л., 1989. – С. 227–229.
17. Харченко Т.А. О некоторых последствиях строительства в агроландшафте магистральной трубопроводной системы // Известия Самарского научного центра РАН. – 2009. – Т. 11; №1(3)(27). – С. 528–531.
18. Кукова М.А., Харченко Т.А. Антропогенная трансформация флоры линейных объектов нефтегазового комплекса Ставропольского края // Вестник МГОУ. Сер. «Естественные науки». – 2012. – №5. – С. 34–37.



ANALYSIS OF ADVENTIVE FRACTION OF FLORA ON LINEAR PIPELINE TRANSPORT FACILITIES OF OIL & GAS (ON THE EXAMPLE OF STAVROPOL REGION)

M.A. Kuksova¹, T.A. Kharchenko²

¹*North-Caucasian Federal University,
2 Kulakov Ave., Stavropol, 355029,
Russia*

²*Stavropol State Agrarian University,
12 Zootechnical lane, Stavropol,
355003, Russia*

*E-mail: mkuksova@yandex.ru;
xarchenckotajana@yandex.ru*

The flora in the oil and gas industry infrastructure facilities is inventoried and analyzed. It contains 444 plant species, of them 152 species are adventive component. In the structure of adventive fraction of flora the increased participation of types Irano-Turanian (28.3%), Mediterranean (30.2%), and American (18.5%) groups is revealed. According to the degree of naturalization in the flora epecophytes dominate (70.6%).

Key words: anthropogenically transformed flora, oil and gas facilities, adventive flora, invasive species.



О НОВЫХ РУДЕРАЛЬНЫХ СИНТАКСОНАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАВКАЗА (В ПРЕДЕЛАХ КАБАРДИНО-БАЛКАРИИ)

Н.Л. Цепкова¹, Л.М. Абрамова²,
И.Т. Таумурзаева³

¹ Институт экологии горных территорий им. А. К. Темботова
КБНЦ РАН, Россия, КБР, 360030,
г. Нальчик, ул. Инессы Арманд, д. 37А

² Ботанический сад-институт УНЦ
РАН, Россия, РБ, 450080, г.Уфа,
ул. Менделеева, 195, корп. 3

³ Республиканский детский
эколого-биологический центр, Россия,
КБР, 360009, г. Нальчик,
ул. Дагестанская, д. 105

E-mail: cenelli@yandex.ru;
abramova.lm@mail.ru;
itaumurzaeva@bk.ru

Представлены новые рудеральные синтаксоны, распространенные на территории Центрального Кавказа (Кабардино-Балкарская Республика, КБР) в пределах эльбрусского и терского вариантов поясности – 1 ассоциация, 1 сообщество и 1 базальное сообщество, развивающиеся на нитратных субстратах.

Ключевые слова: рудеральные сообщества, синтаксоны, эколого-флористическая классификация, Центральный Кавказ, Кабардино-Балкария.

Введение

Рудерализация растительного покрова – объективный процесс, обусловленный различными нарушениями естественных местообитаний фитоценозов. Роль антропогенного фактора в этом процессе столь велика, что дало основание говорить об антропогенной эволюции в растительном мире [1, 2]. Поэтому изучение синтаксономического состава и распространения рудеральных сообществ, их структурной организации приобретает все большую актуальность.

Интенсивные исследования рудеральной растительности проводятся в настоящее время не только за рубежом [3-5, и многие другие], но и в России. Наиболее полно исследованы в отношении рудеральной растительности Республика Башкортостан [6-9, и другие], Якутия [10, и другие], ряд других регионов. Проводятся синтаксономические исследования рудеральной растительности и на Кавказе [11-14, и другие]. Нами показано, что на территории КБР ассоциации, в сообществах которых доминирует нитрофильный корневищный многолетник *Urtica dioica* L., распространены как на равнине, так и в горных районах до высоты свыше 2000 м над ур. м. [13]. Некоторые синтаксоны ограничены в своем распространении лишь горными районами. К ним, например, относятся ассоциации *Chaerophyllo aurei-Rumicetum alpini* Tsepkova et al., 2012 и *Alchemillo retinervis-Ranunculetum grandiflorae* Tsepkova et al., 2009. Также установлено, что на территории Кабардино-Балкарского высокогорного заповедника (КБВЗ) распространены синантропизированные сообщества, а на территории национального парка «Приэльбрусье» – синантропизированные и синантропные. Выявление рудеральных сообществ в КБР продолжается. В статье представлены вновь выделенные синтаксоны, сообщества которых распространены в антропогенно нарушенных местообитаниях.

Материал и методы

Материалом послужили геоботанические описания рудеральной растительности, выполненные в 2010–2013 гг. в Кабардино-Балкарской Республике, приоритетной отраслью народного хозяйства которой является сельское хозяйство. В горных и предгорных районах развито преимущественно животноводство, тогда как равнинная территория освоена под пашни, сады, виноградники и др. Окрестности сельских поселений заняты присельными пастбищами.

В соответствии с системой высотно-поясной структуры Кавказа [15] на территории КБР выражены два варианта поясности – эльбрусский и терский восточно-северокавказского типа. Эльбрусский вариант охватывает западную, северо-западную и часть северной территории республики. Особенностью данного варианта является отсутствие пояса широколиственных лесов и доминирование в горных районах субальпийского пояса, занимающего значительную часть Скалистого, Бокового и Главного Кавказских хребтов от 1400–1500 до 2700 м над ур.м. К терскому варианту приурочены в основном восточные и юго-восточные части КБР. К его отличии



тельной особенности относится выраженность лесного пояса, представленного широколиственными лесами из бука восточного и граба кавказского.

Исследования рудеральной растительности проводились в пределах эльбрусского варианта поясности (предгорья Зольского района КБР) и терского (горные ущелья КБВЗ). Описания выполнялись на территориях, прилегающих к животноводческим фермам, а также в окрестностях действующих и заброшенных кошар на пробных площадях от 5 до 100 м². Для оценки обилия видов на пробной площади использовалась 7-балльная шкала: г – встречается редко, + – незначительное участие вида в фитоценозе, 1 – проективное покрытие до 5%, 2 – покрытие 6–15%, 3 – 16–25%, 4 – 26–50%, 5 – более 51% [16].

Эколого-флористическая классификация проведена методом классического синтаксономического анализа [17–19] с использованием дедуктивного метода Копечки-Гейны [20]. Выделение и наименование новых единиц проводилось в соответствии с «Кодексом фитосоциологической номенклатуры» [21]. При этом был использован единый блок диагностических видов, без разделения на характерные и дифференциальные, в чем мы следовали А.Д. Булохову [22]. Названия растений приведены по С.К. Черепанову [23].

Для оценки уровня синантропизированности использован метод, включающий определение доли синантропных видов (индекса синантропизации) во флоре синтаксона и градации, предложенные А.М. Абрамовой [2]:

А. Естественная растительность (доля синантропных видов ниже 10%);

Б. Синантропизированные сообщества (доля синантропных видов 11–80%). Они подразделяются на три группы:

1) сообщества (синтаксоны) слабо синантропизированные, если доля синантропных видов составляет 11–30%;

2) средне синантропизированные сообщества, доля синантропных видов 31–50%;

3) сильно синантропизированные сообщества, доля синантропных видов 51–80%.

В. Синантропные сообщества. Уровень синантропизации выше 80%.

Результаты и их обсуждение

Продромус синтаксонов рудеральной растительности КБР

КЛАСС POLYGONO ARENASTRI-POËTEA ANNUAE Rivas-Martinez 1975 corr. Rivas-Martinez et al. 1991

Порядок Polygono arenastri-Poëtia annuae R.Tx. in Gehu et al. 1972 corr. Rivas-Martinez et al. 1991

Союз Coronopodo-Polygonion arenastri Sissingh 1969

Ассоциация *Plantagini- Polygonetum avicularis* (Кнапп 1945) Pass 1964

Базальное сообщество *Atriplex rosea* [Polygono arenastri-Poëtia annuae]

Союз Saginion procumbentis R.Tx. et Ohba in Gehu et al. 1972

Ассоциация *Alchemillo retinervis-Ranunculetum grandiflorae* Tsepikova et al. 2009

КЛАСС STELLARIETEA MEDIAE R. Tx. et al. ex von Rochow 1951

Порядок Sisymbrietalia J. Tx. in Matuszkiewicz 1962

Союз Atriplicion Passarge 1978

Ассоциация *Descurainietum sophiae* Passarge 1959

Союз Sisymbriion officinalis R. Tx. et al. ex von Rochow 1951

Сообщество *Cannabis ruderalis* [Stellarietea]

КЛАСС ARTEMISIETEA VULGARIS Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951

Порядок Agropyretalia repentis Oberdorfer et al. 1967

Союз ?

Ассоциация *Phalacrolopho annui-Elytrigietum repentis* Tsepikova et al. 2008

Вариант *Ambrosia artemisiifolia*

Порядок Artemisietalia vulgaris Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951

Союз Arction lappae R.Tx. 1937

Ассоциация *Galeopsio bifidae-Urticetum* Tsepikova et al. 2009

Ассоциация *Chaerophyllo aurei – Urticetum* Tsepikova et al. 2009

Базальное сообщество *Artemisia vulgaris* [Artemisietea vulgaris]

Порядок Onopordetalia acanthii Br.-Bl. et R. Tx. 1943

Союз Onopordion acanthii Br.-Bl. 1926

Ассоциация *Carduo nutantis- Rumicetum conferti* Tsepikova et al. 2012

Базальное сообщество *Hyoscyamus niger* [Artemisietea/Stellarietea]

КЛАСС GALIO-URTICETEA Passarge ex Kopecký 1969

Порядок Lamio albi-Chenopodietalia boni-henrici Kopecky 1969

Ассоциация *Heracleo asperi-Urticetum* Tsepikova et al. 2010



Ассоциация *Chaerophylletum bulbosi* Tüxen 1937

КЛАСС MOLINIO-ARRHENATHERETEA R. Tx. 1937

Дериватное сообщество *Phalacrolooma annuum* [Molinio-Arrhenatheretea/Artemisietea vulgaris]

КЛАСС MULGEDIO-ACONITETEA Hadač et Klika in Klika et Hadač 1944

Порядок Rumicetalia alpini Mucina in Karner et Mucina 1993

Союз Rumicion alpini Rubel ex Klika in Klika et Hadač 1944

Ассоциация *Chaerophyllo aurei-Rumicetum alpini* Tserkova et al. 2012

Новыми синтаксонами, включенными в продромус являются базальное сообщество *Atriplex rosea* [*Polygono arenastri-Poëtea annuae*] (табл. 1), сообщество *Cannabis ruderalis* [*Stellarietea*] (табл. 2), ассоциация *Chaerophylletum bulbosi* Tüxen 1937.

Таблица 1

Базальное сообщество *Atriplex rosea* [*Polygono arenastri-Poëtea annuae*]

Площадь описания, м ²	20	15	5	5	Постоянство
Проективное покрытие, %	70	55	55	45	
Средняя высота травостоя, см	5	5	10	12	
Число видов в описании	7	6	6	7	
Номер описания в таблице	1	2	3	4	
Д.в. базального сообщества <i>Atriplex rosea</i> [<i>Polygono arenastri-Poëtea annuae</i>]					
<i>Atriplex rosea</i>	5	5	4	3	V
Д.в. класса <i>Polygono arenastri-Poëtea annuae</i>					
<i>Poa annua</i>	+	+	1	1	V
<i>Polygonum aviculare</i>	+	+	+	+	V
<i>Plantago major</i>	+	+	.	.	III
<i>Matricaria suaveolens</i>	+	+	.	.	III
Д.в. класса <i>Galio-Urticetea</i>					
<i>Urtica dioica</i>	.	+	+	+	IV
Д.в. класса <i>Stellarietea</i>					
<i>Sisymbrium loeselii</i>	.	.	+	+	III
Д.в. класса <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>					
<i>Rumex confertus</i>	.	.	+	+	III

Единично встречены: *Anthriscus ruprechtii* 4 (r); *Chenopodium album* 1 (+); *Urtica urens* 1 (+).

Сообщества описаны нами 18.07. 2012 г. в Суканском ущелье в буферной зоне КБВЗ на высоте 1938 м над ур. м. В прошлом ущелье служило местом выпаса крупного и мелкого рогатого скота. В настоящее время выпас скота в заповеднике значительно ограничен. Несмотря на то, что кошары закрыты, некоторые из них периодически используются для кратковременной стоянки отар овец при перегоне их на высокогорные пастбища в другие ущелья. В окрестностях одной из них обнаружены сообщества с доминированием *Atriplex rosea* L. – однолетнего сорного растения из семейства *Chenopodiaceae*.

В сложении сообществ заметное участие принимают виды класса *Polygono arenastri-Poëtea annuae* (табл.1), что дало основание отнести выделенный синтаксон именно к этому классу и определить его статус в ранге базального сообщества. К характерной особенности класса относится приуроченность его сообществ к местообитаниям, подверженным вытаптыванию в условиях нормального или избыточного увлажнения.

Диагностическим видом базального сообщества является *Atriplex rosea*. В составе ценофлоры насчитывается 11 видов. Индекс синантропизации составляет 91%, следовательно, данный синтаксон является синантропным.



Таблица 2

Сообщество *Cannabis ruderalis* [*Stellarietea mediae*]

Площадь описания, м ²	100	80	60	40	60	40	10	Постоянство
Проективное покрытие, %	100	100	100	100	100	100	100	
Средняя высота травостоя, см	130	140	130	180	110	110	80	
Число видов в описании	10	12	14	10	14	13	7	
Номер описания в таблице	1	2	3	4	5	6	7	
Д.в. сообщества <i>Cannabis ruderalis</i> [<i>Stellarietea mediae</i>]								
<i>Cannabis ruderalis</i>	5	5	4	4	5	4	5	V
Д.в. класса <i>Stellarietea mediae</i> и входящих в него синтаксонов								
<i>Chenopodium album</i>	+	+	2	+	+	+	1	V
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	+	+	+	+	1	+	.	V
<i>Amaranthus retroflexus</i>	+	+	+	.	.	.	.	III
<i>Galinsoga parviflora</i>	+	+	+	+	.	.	.	III
<i>Setaria viridis</i>	.	.	.	+	1	+	.	III
<i>Convolvulus arvensis</i>	.	.	.	+	+	+	.	III
<i>Sisymbrium loeselii</i>	.	+	.	.	1	.	.	II
Д.в. класса <i>Artemisietea vulgaris</i> и входящих в него синтаксонов								
<i>Artemisia vulgaris</i>	+	+	+	+	+	+	1	V
<i>Leonurus quinquelobatus</i>	+	+	.	+	r	.	.	III
<i>Arctium lappa</i>	.	1	+	+	.	.	1	III
<i>Cichorium intybus</i>	.	+	.	+	.	1	.	III
<i>Elytrigia repens</i>	.	.	.	.	2	2	.	II
<i>Artemisia absinthium</i>	r	1	.	.	.	.	.	II
Д.в. класса <i>Galio-Urticetea</i> и входящих в него синтаксонов								
<i>Urtica dioica</i>	+	+	2	2	.	+	.	IV
<i>Galium aparine</i>	.	.	.	.	+	+	.	II
Д.в. класса <i>Polygono arenastri-Poëtea annuae</i> и входящих в него синтаксонов								
<i>Poa annua</i>	.	.	.	1	.	+	.	II
Прочие виды:								
<i>Bromus commutatus</i>	.	.	.	.	+	+	.	II
<i>Cirsium arvense</i>	.	.	r	+	.	.	.	II
<i>Aegilops cylindrical</i>	.	.	.	.	r	r	.	II

Единично встречены: *Capsella bursa-pastoris* 5 (+); *Carduus sp.* 4 (r); *Chaerophyllum bulbosum* 7 (+); *Cyclachaena xanthifolia* 3 (+); *Datura stramonium* 3 (+); *Descurainia sophii* 7 (+); *Lamium album* 3 (+); *Lamium purpureum* 1 (1); *Lapsana communis* 7 (+); *Polygonum aviculare* 6 (+); *Symphytum asperum* 3 (+); *Thalictrum minus* 3 (+); *Triticum durum* 5 (r).

Сообщества описаны в предгорьях Зольского района КБР на территориях животноводческих ферм в окрестностях с. Хабаз (31.07.12) и с. Кичмалка (08.06.12) и в Черекском районе КБР в окрестностях с. Безенги (среднегорье) близ загона для скота (22.07.09).

Диагностическим видом синтаксона является *Cannabis ruderalis* Lanisch. – высокорослый космополитный терофит из семейства *Cannabiaceae*, доминирующий в описываемых сообществах с обилием 4-5 баллов. Общее проективное покрытие травостоя – 100%. Средняя высота травостоя – 126 см. Сообщества маловидовые, содержащие 7-14 видов. Ценофлора синтаксона включает 34 вида. Индекс синантропизации 79%, что соответствует уровню сильно синантропизированных сообществ.



В сложении сообществ участвуют виды следующих классов синантропной растительности *Stellarietea mediae*, *Artemisietea vulgaris*, *Galio-Urticetea* и *Polygono arenastri-Poetea annuae*. Из них более полно в ценофлоре синтаксона представлены виды класса *Stellarietea*, поэтому данный синтаксон отнесен к этому классу в ранге сообщества. Класс *Stellarietea* объединяет сообщества распространенные на интенсивно нарушаемых местообитаниях, а также на богатой нитратами сильно увлажненной почве вблизи ферм, на огородах, залежах и кучах навоза.

Таблица 3

Ассоциация *Chaerophylletum bulbosi* Tüxen 1937

Площадь описания, м ²	100	100	100	35	70	50	100	Постоянство
Проективное покрытие, %	100	95	100	100	100	85	100	
Средняя высота травостоя, см	120	110	100	140	110	100	70	
Число видов в описании	6	8	9	10	9	8	13	
Номер описания в таблице	1	2	3	4	5	6	7	
Д.в. ассоциации <i>Chaerophylletum bulbosi</i>								
<i>Chaerophyllum bulbosum</i>	5	5	4	4	4	2	2	V
Д.в. класса <i>Galio-Urticetea</i>								
<i>Dactylis glomerata</i>	2	1	1	1	1	2	4	V
<i>Urtica dioica</i>	1	1	2	2	.	4	+	V
<i>Cuscuta europaea</i>	.	+	.	.	+	+	+	III
<i>Heracleum chorodanum</i>	.	+	.	.	+	+	+	III
<i>Lapsana communis</i>	+	.	.	.	.	.	+	II
Д.в. класса <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>								
<i>Rumex confertus</i>	.	+	+	.	.	+	.	III
Д.в. класса <i>Artemisietea vulgaris</i>								
<i>Artemisia vulgaris</i>	.	.	1	1	2	.	.	III
<i>Leonurus quinquelobatus</i>	.	.	+	+	.	.	.	II
Д.в. класса <i>Stellarietea</i>								
<i>Sisymbrium loeselii</i>	.	1	1	2	1	.	.	III
Прочие виды								
<i>Hordeum violaceum</i>	+	.	.	.	+	.	+	III
<i>Cerastium arvense</i>	.	.	+	+	.	.	.	II

Единично встречены: *Amoria ambigua* 7 (1); *Arctium lappa* 4 (+); *Asperugo procumbens* 4 (r); *Bromus riparius* 7 (1); *Delphinium dasycarpus* 5 (r); *Delphinium schmalhauseni* 7 (r); *Descurainia sophia* 3 (+); *Agrostis tenuis* 7 (+); *Galium aparine* 4 (+); *Galium verum* 6 (+); *Geranium ruprechtii* 5 (r); *Lamium album* 6 (+); *Origanum vulgare* 6 (+); *Phleum pratense* 1 (+); *Polygonum carneum* 7 (r); *Silene wallichiana* 7 (r); *Symphytum asperum* 2 (r).

Сообщества описаны нами 18.07.09 г. в Черек-Безенгийском ущелье КБВЗ на территориях старых заброшенных кошар, которые в связи с ограничением выпаса домашнего скота в заповеднике были заброшены, постройки с течением времени разрушились. На месте таких кошар в Черек Безенгийском ущелье распространились сообщества с доминированием *Chaerophyllum bulbosum* L. Подземные клубни растения богаты крахмалом, что привлекает диких кабанов, обитающих в заповеднике. Поэтому в местах распространения таких сообществ встречаются порою кабанов.

Диагностическим видом является *Chaerophyllum bulbosum* – крупное (до 120 см высотой) двулетнее растение из семейства *Ariaceae*. Проективное покрытие травостоя в сообществах ассоциации высокое (85–100%), средняя высота травостоя – 107 см, среднее число видов

в сообществе – 9; ценофлора ассоциации содержит 29 видов. Индекс синантропизации 31%, что соответствует уровню средне синантропизированных сообществ.

Заключение

В результате эколого-флористической классификации рудеральных сообществ, приуроченных к животноводческим фермам и кошарам (действующим и заброшенным), в пределах эльбрусского и терского вариантов поясности выделены новые для Кабардино-Балкарии синтаксоны, обладающие общими чертами сходства: они монодоминантные, маловидовые, развиваются на нитрофильных почвах.

В видовом составе сообществ синтаксона *Cannabis ruderalis* [*Stellarietea mediae*], распространенных на территориях, как терского варианта поясности, так и эльбрусского, существенных различий не выявлено.

По уровню синантропизации установлены синантропные, сильно и средне синантропизированные синтаксоны. Средне синантропизированные образуются на месте заброшенных и разрушенных кошар в КБВЗ (табл. 3). В сложении травостоя таких сообществ значительное участие принимают виды окружающей естественной флоры (*Dactylis glomerata* L., *Heraclium chorodanum* (Hoffm.) DC., *Hordeum violaceum* Boiss. et Huet, *Galium verum* L., *Geranium ruprechtii* (Woronow) Grossh., *Origanum vulgare* L., *Polygonum carneum* C. Koch и др.). Таким образом, запрещение выпаса на территории высокогорного заповедника способствует началу восстановительной сукцессии.

Список литературы

1. Абрамова Л.М., Миркин Б.М. Эволюция растительности на стыке тысячелетий // Третьи Любичевские чтения. – Тольятти, 2000. – С. 15–23.
2. Абрамова Л.М. Синантропизация растительности: закономерности и возможности управления процессом (на примере республики Башкортостан): Автореф... д-ра биол. наук. – Пермь, 2004. – 45 с.
3. Aniol-Kwiatkowska J. Zbirowska segetalne walu Trzebnickiego // Pr. Bot. – Wrocław, 1990. – №46. – Pp. 26–58.
4. Jarolimek I., Zaliberova M., Mucina L., Mochnacky S. Rastlinne spolocenstva Slovenska 2. Synantropna vegetacia. – Bratislava, 1997. – 416 s.
5. Silc U., Kosir P. Synantropic vegetation of the city of Kranj (Central Slovenia) // Hacquetia, 2006. – 5/1. – Pp. 213–231.
6. Ишбирдин А.Р. Эколого-географические закономерности формирования синантропных флор и растительности селитебных территорий: автореф. ... д-ра биол. наук. – М., 2001. – 32 с.
7. Рябова Т.Г., Ишбирдина Л.М. О некоторых синтаксономических закономерностях растительности городов Республики Башкортостан // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1996. – Т. 101, №2. – С. 70–75.
8. Абрамова Л.М. Основные закономерности синантропизации разных типов растительности Республики Башкортостан // Экология. – 2010. – №3. – С. 168–72.
9. Голованов Я. М., Абрамова Л.М. Растительность города Салавата (Республика Башкортостан). III. Синантропная растительность (классы *Bidentetea tripartitae*, *Stellarietea mediae* и *Artemisietea vulgaris*) // Растительность России. – 2012. – №21. – С. 34–65.
10. Черосов М.М. Синантропная растительность Якутии: автореф. ... д-ра биол. наук. – Новосибирск, 2006. – 2,5 п.л.
11. Айба Э.А. Сеgetальная растительность Абхазии: автореф. ... канд. биол. наук. – Уфа, 1999. – 16 с.
12. Цепкова Н.Л., Кучмезова И.Т., Абрамова Л.М. Некоторые ассоциации рудеральной растительности города Нальчика // Растительность России. – 2008. – №12. – С. 93–97.
13. Цепкова Н.Л., Абрамова Л.М. 2010. Нитрофильные сообщества с *Urtica dioica* L. в Кабардино-Балкарском высокогорном государственном заповеднике // Труды КубГАУ. – 2010. – №3 (24). – С. 76–79.
14. Цепкова Н.Л., Абрамова Л.М., Таумурзаева И.Т. К синтаксономии синантропной растительности национального природного парка «Приэльбрусье» // Известия КБНЦ РАН. – 2011. – Вып. 6. – С. 49–57.
15. Соколов В.Е., Темботов А.К. Млекопитающие Кавказа: Насекомоядные. – М.: Наука, 1989. – 548 с.
16. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – М.: Наука, 1989. – 223 с.
17. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Grundzüge der Vegetationskunde. – 3 Aufl. Wien – New-York: Springer Verlag, 1964. – 865 s.
18. Westhoff V., Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach // Classification of plant communities. Ed. By R.H. Whittaker. – The Hague, 1978. – Pp. 28–399.
19. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности. – Уфа: Гилем, 1998. – 413 с.
20. Kopecky K., S. Hejny A new approach to the classification of antropogenic plant communities // Vegetatio. – 1974. – Vol. 29. – Pp. 17–20.



21. Вебер, Х.Э., Моравец Я., Терийя Ж.-П. Международный кодекс фитосоциологической номенклатуры. 3-е издание // Растительность России. – 2005. – №7. – С. 3–38.
22. Булохов А.Д. Травяная растительность Юго-Западного Нечерноземья России. – Брянск: Изд-во БГУ, 2001. – 296 с.
23. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). – СПб.: Изд-во «Мир и семья-95», 1995. – 992 с.

ON NEW RUDERAL SYNTAXONS OF THE CENTRAL CAUCASUS (WITHIN KABARDINO-BALKARIA)

**N.L. Tsepkova¹, L.M. Abramova²,
I.T. Taumurzaeva³**

¹ Federal State Budget Scientific
Establishment A.K. Tembotov Institute
of Ecology of Mountain Territories,
Kabardino-Balkar Scientific Center,
RA S, 37-A I. Armand st, Nalchik,
360030 KBR, Russia

² Botanical Garden-Institute
of Ufa Scientific Center, RAS,
195 block 3 Mendeleev St, Ufa,
450080 Republic of Bashkortostan,
Russia

³ Republic Children's Ecological and
Biological Center, 105 Daghestan St,
Nalchik, 360009 KBR, Russia

New ruderal syntaxons of the Central Caucasus (Kabardino-Balkar Republic) and within the Elbrus and Tersk variants of vertical zonation, are represented: 1 association, 1 phytocenosis and 1 basal phytocenosis, which are developed on nitrate substrates.

Key words: ruderal phytocenosis, syntaxons, ecological and floristic classification, Central Caucasus, Kabardino-Balkaria.



УДК 630.561.24

РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ *PINUS SYLVESTRIS* L. В НАСАЖДЕНИЯХ НА МОРЕННЫХ И ВОДНО-ЛЕДНИКОВЫХ ПЕСЧАНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В УКРАИНСКОМ ПОЛЕСЬЕ¹

О.В. Зборовская¹, И.М. Коваль²,
О.В. Жуковский¹

¹ Полесский филиал Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, Украина, 10004, Житомирская обл., Житомирский р-н, с. Довжик, ул. Нескореньх, 2

² Украинский научно-исследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого, Украина, 61024, г. Харьков, ул. Пушкинская, 86
E-mail: zborovska_o@ukr.net

Изучена динамика радиального прироста *Pinus sylvestris* L. в насаждениях разного возраста, растущих в различных условиях местопроизрастания на моренных и водно-ледниковых отложениях под влиянием климата в Украинском Полесье.

Ключевые слова: радиальный прирост *Pinus sylvestris* L., моренные и водно-ледниковые отложения, климат.

Введение

Радиальный прирост сосны обыкновенной зависит от климатических факторов, условий местопроизрастания, положения дерева в древостое, а также фитоценологических и антропогенных условий [1–4]. Используя данный показатель можно достаточно оперативно и объективно охарактеризовать состояние лесных насаждений, степень их соответствия лесорастительным условиям, а также степень повреждения древостоев природными или антропогенными стресс-факторами.

В Полесье в последние десятилетия происходит значительное снижение радиального прироста сосны, которая является основной лесобразующей породой в данном регионе.

Назрела необходимость изучения динамики радиального прироста деревьев для выявления особенностей развития сосновых древостоев на моренных и водно-ледниковых почвообразующих породах, которые характеризуются низким лесорастительным потенциалом. Почвы, которые сформировались на этих отложениях, характеризуются низким плодородием [5]. Изучение радиального прироста сосны обыкновенной дендрохронологическими методами позволяет охарактеризовать состояние насаждений, как во времени, так и в пространстве [1–4].

Объекты и методы исследования

В данной работе изучена динамика радиального прироста деревьев в сосновых культурах разного возраста, созданных в сухих, свежих и влажных борах и свежих субориях в местах моренных отложений в Иршанском лесничестве ГП «Малинское ЛХ» и в свежих борах и субориях на водно-ледниковых отложениях в Липникском лесничестве ГП «Лугинское ЛХ» в Житомирской области. На 22 пробных площадях в насаждениях разного возраста, растущих в различных условиях местопроизрастания отобраны по пятнадцать кернов древесины приростным буравом Пресслера. Годичные кольца сосны измерены с помощью микрометра с точностью до 0.01 мм. Применен метод перекрестной датировки для установления точной даты формирования каждого годичного слоя древесины [1, 2].

С целью исключения индивидуальных особенностей отдельных деревьев провели осреднение индивидуальных серий радиального прироста сосны, которые принадлежат к одной возрастной группе [3]. Выявлены годы максимального и минимального радиального при-

¹ НИР проведена в рамках государственных научно-исследовательских тем УкрНИИЛХА: «Исследовать эффективность использования лесорастительного потенциала лесами Украины (равнинная часть и горный Крым) и разработать систему мер по повышению их производительности и формирования древостоев естественного происхождения» на 2010–2014 гг. (№ ГР 0210U004315); «Разработать систему диагностических показателей почв для оценки их пригодности к облесению» на 2010–2014 гг. (№ ГР 011U001917).



роста сосны для всех насаждений. Созданы индексные хронологии с помощью 11-летней сглаживающей [2].

Проанализована база данных Житомирской метеостанции. В дальнейшем было проведено сопоставление радиального прироста сосны в различных условиях местопроизрастания, а также выявлены связи между радиальным приростом деревьев и климатическими показателями.

Почвы идентифицированы как дерново-слабо и средне подзолистые, песчаные с четко выраженными генетическими горизонтами [5].

Результаты и их обсуждение

Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в насаждениях, растущих в различных лесорастительных условиях на моренных и водно-ледниковых отложениях, представлена по группам возраста (см. рис. 1–7). Более широкие годичные кольца сосны выявлены в свежих суборах, более узкие – в свежих борах. Радиальный прирост деревьев в бедных условиях суборей на водно-ледниковых отложениях оказался выше за счет меньшего количества деревьев, растущих на гектаре (2429 шт./га), в сравнении с насаждением на моренных отложениях, где произрастает большее количество деревьев на гектаре (5156 шт./га). Это повлияло на формирование более широких годовых колец сосны обыкновенной в бедных условиях на водно-ледниковых отложениях, за счет увеличения площади питания для деревьев и улучшения световых условий для них.

В насаждениях возрастной группы 11–20 лет установлены годы минимального радиального прироста для всех насаждений: 2006 и 2009 гг. (рис. 1). Величину радиального прироста деревьев, в данном случае, ограничивали небольшое количество осадков и низкая относительная влажность в течение вегетационного периода. На уменьшение радиального прироста в 2006 году повлияли также низкие зимние и ранневесенние температуры. В 2000, 2005 и 2007 гг. выявлены широкие годичные кольца, образовавшиеся вследствие благоприятных погодных условий (см. рис. 1, 8, 9, 10).

Наименьшие величины радиального прироста деревьев в культурах сосны обыкновенной в возрастной группе 21–40 лет установлены в сухих и влажных борах на моренных отложениях и в свежих борах на водно-ледниковых отложениях, т.е. в бедных для роста деревьев условиях. Более благоприятные условия для радиального прироста выявлены для древостоев, созданных в относительно богатых условиях свежих боров и суборей на моренных отложениях, а также в свежих суборах на водно-ледниковых отложениях. Тренд радиального прироста сосны обыкновенной имел тенденцию к увеличению во всех лесных насаждениях в 1998–2000 гг., за исключением древостоя в свежем бору на водно-ледниковых отложениях. Для этого насаждения в течение 1989–2010 гг. наблюдалась тенденция к уменьшению радиального прироста деревьев (см. рис. 2,3). Снижение радиального прироста наблюдалось в годы с незначительным количеством осадков во всех исследуемых насаждениях – 1992, 2000 гг. (за исключением влажного бора и свежей субори на моренных отложениях, то есть в насаждениях, где влага ограничивала радиальный прирост сосны в меньшей степени) (см. рис. 2, 3, 8). Низкие зимние и ранневесенние температуры ограничивали радиальный прирост деревьев в 1995 г. во всех исследуемых насаждениях, за исключением тех, которые росли в условиях влажного бора на моренных отложениях и свежее бора на водно-ледниковых. Год максимального прироста для всех насаждений – 1997, который характеризуется благоприятным для роста деревьев соотношением тепла и влаги (рис. 2, 3, 8, 9, 10).

В 1958–1967 гг. в насаждениях 41–60 лет, растущих в различных лесорастительных условиях, не прослеживается закономерности относительно дифференциации величины радиального прироста деревьев по почвообразующим породам. Однако, в 1968–2000 гг. выявлено, что деревья в насаждениях на водно-ледниковых отложениях имеют значительно уже годовые кольца, чем те, что растут на моренных отложениях. После 2000 года эта закономерность исчезает (см. рис. 4, 5).

В ходе исследований установлены годы минимального прироста деревьев: 1975 – для влажного бора и свежей субори на моренных отложениях, 1976 – для всех остальных насаждений, за исключением влажного бора и свежей субори на моренных отложениях и 1988 – для всех насаждений. В 1988 году отмечены широкие годовые кольца сосны обыкновенной во всех изучаемых насаждениях (см. рис. 4, 5).

Следует обратить внимание на развитие деревьев в лесных культурах возрастной группы 61–80 лет, которые созданы во влажных борах на моренных отложениях. Насаждения растут в довольно суровых условиях, поэтому в годы (1950, 1964, 1975, 1996 и 2003 гг.) низких зимних и ранневесенних температур происходило усыхание ослабленных деревьев, что вызвало резкое увеличение величины радиального прироста деревьев за счет увеличения площади пи-

тания и улучшения световых условий. Годы минимального прироста для всех насаждений, за исключением свежей субори, на моренных отложениях – 1956, 1963, 1976 гг. Меньшие величины радиального прироста деревьев для всех древостоев, за исключением влажного бора, обнаружены в 1963, 1976 и 1996 гг. Годы максимального радиального прироста сосны для всех древостоев – 1960 (исключением являются насаждения, произрастающие в свежих субориях на моренных отложениях), 1966, 1980 и 2007 (см. рис. 6, 7).

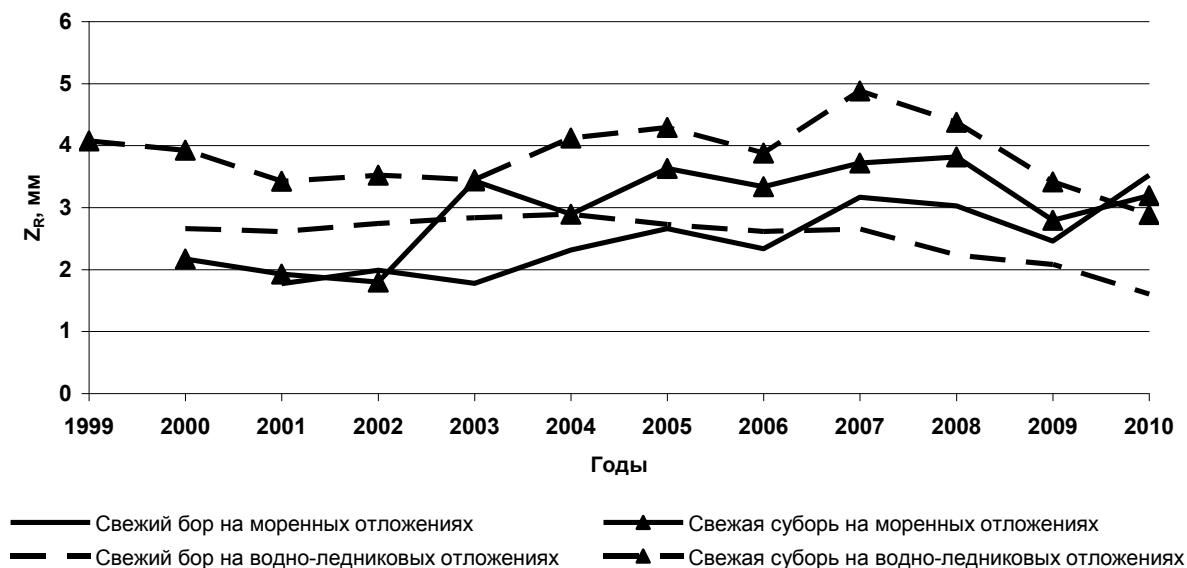


Рис. 1. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в насаждениях 11–20 лет в различных лесорастительных условиях на моренных и водно-ледниковых отложениях



Рис. 2. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в насаждениях 21–40 лет в различных лесорастительных условиях на моренных отложениях

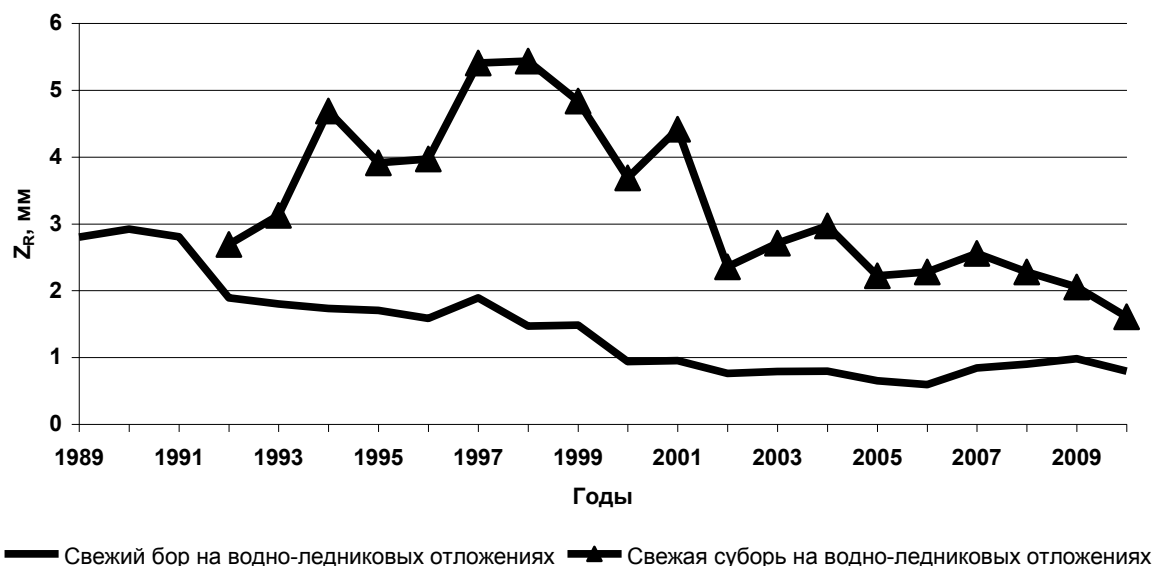


Рис. 3. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в насаждениях 21–40 лет в различных лесорастительных условиях на водно-ледниковых отложениях

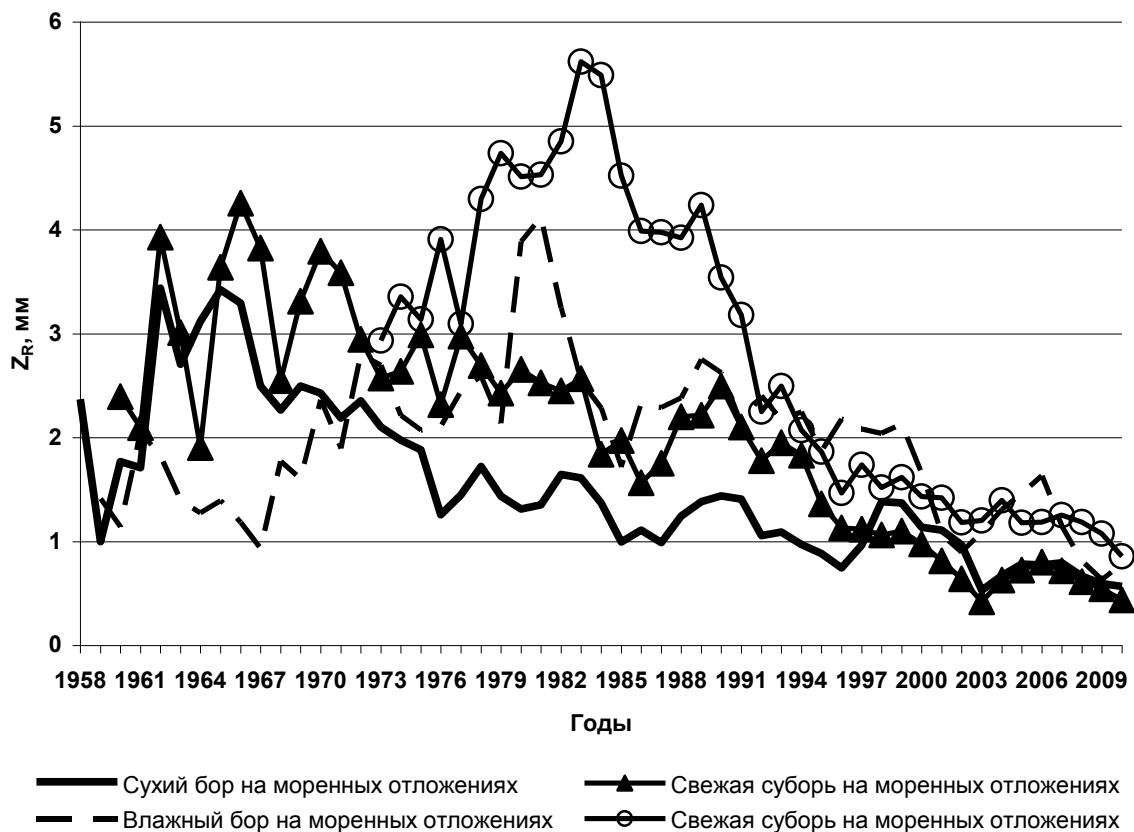


Рис. 4. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в насаждениях 41–60 лет в различных лесорастительных условиях на моренных отложениях



Рис. 5. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в насаждениях 41–60 лет в различных лесорастительных условиях на водно-ледниковых отложениях

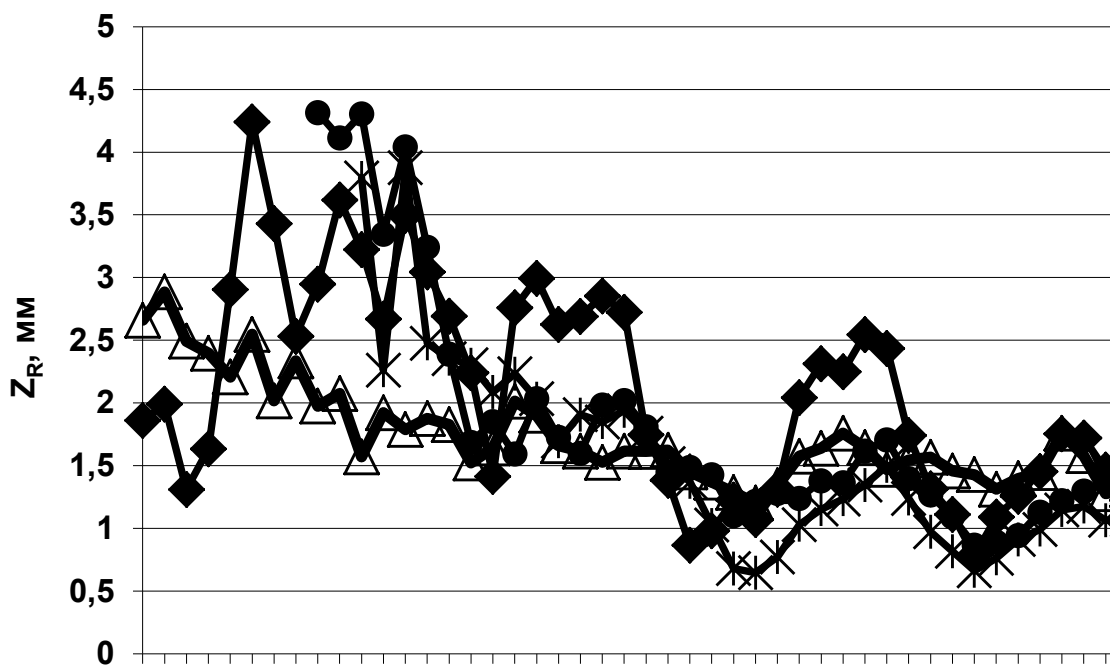


Рис. 6. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в насаждениях 61–80 лет в различных лесорастительных условиях на моренных отложениях



Рис. 7. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в насаждениях 61–80 лет в различных лесорастительных условиях на водно-ледниковых отложениях

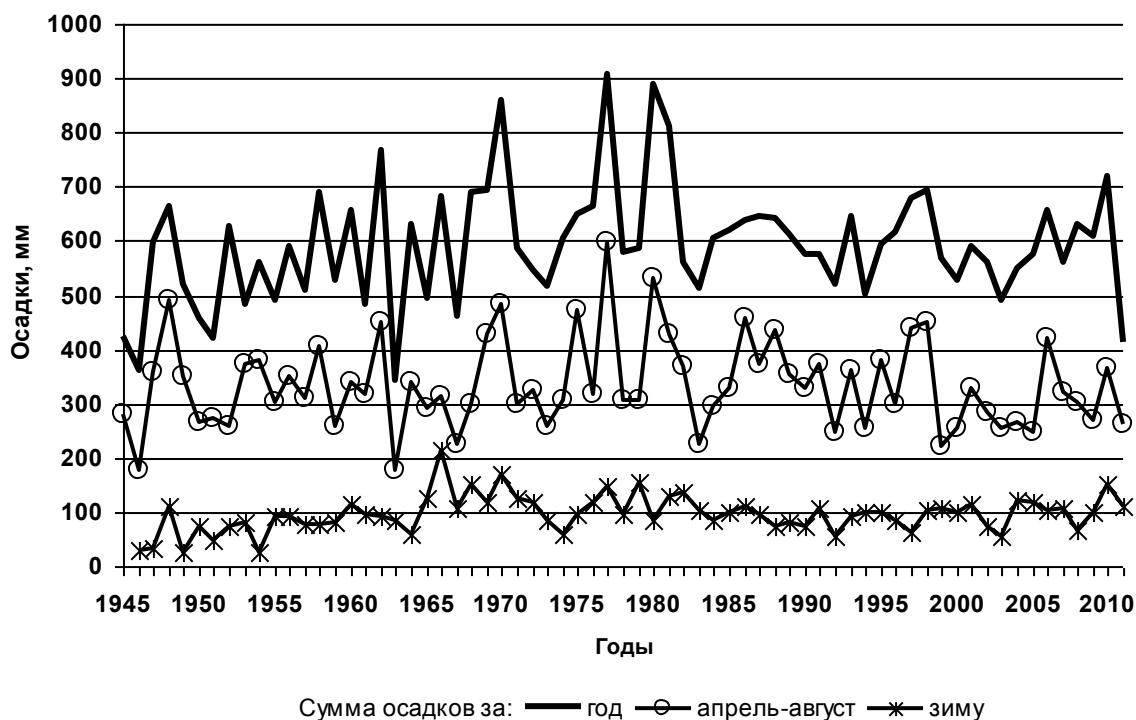


Рис. 8. Динамика осадков по данным Житомирской метеостанции

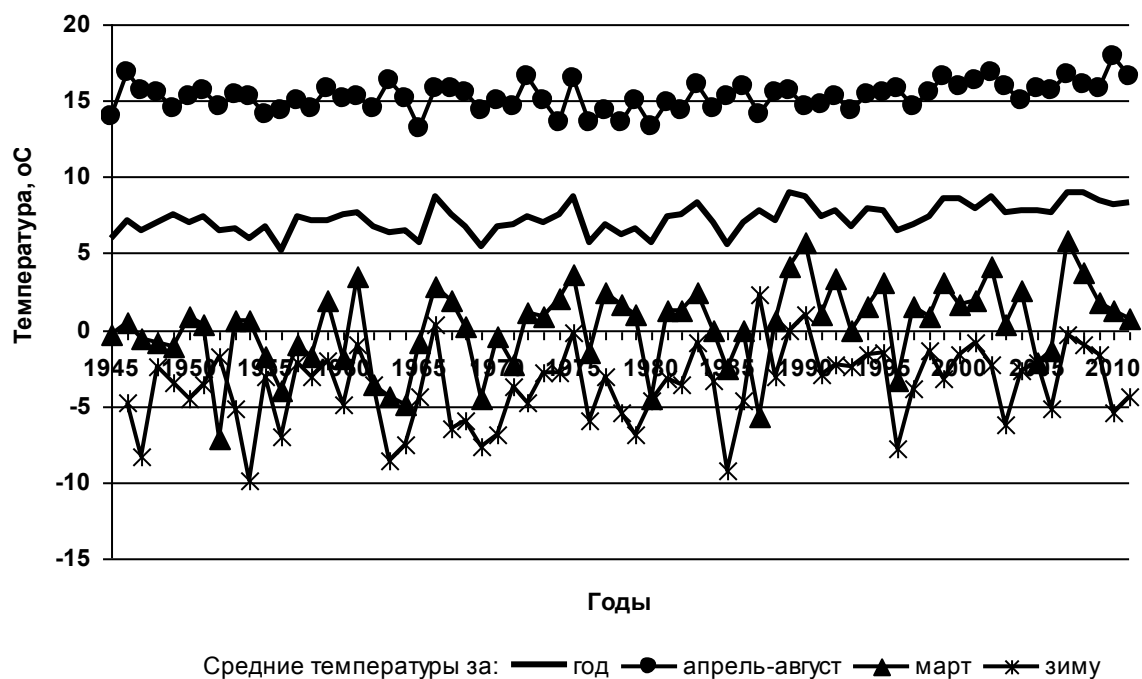


Рис. 9. Динамика температур по данным Житомирской метеостанции

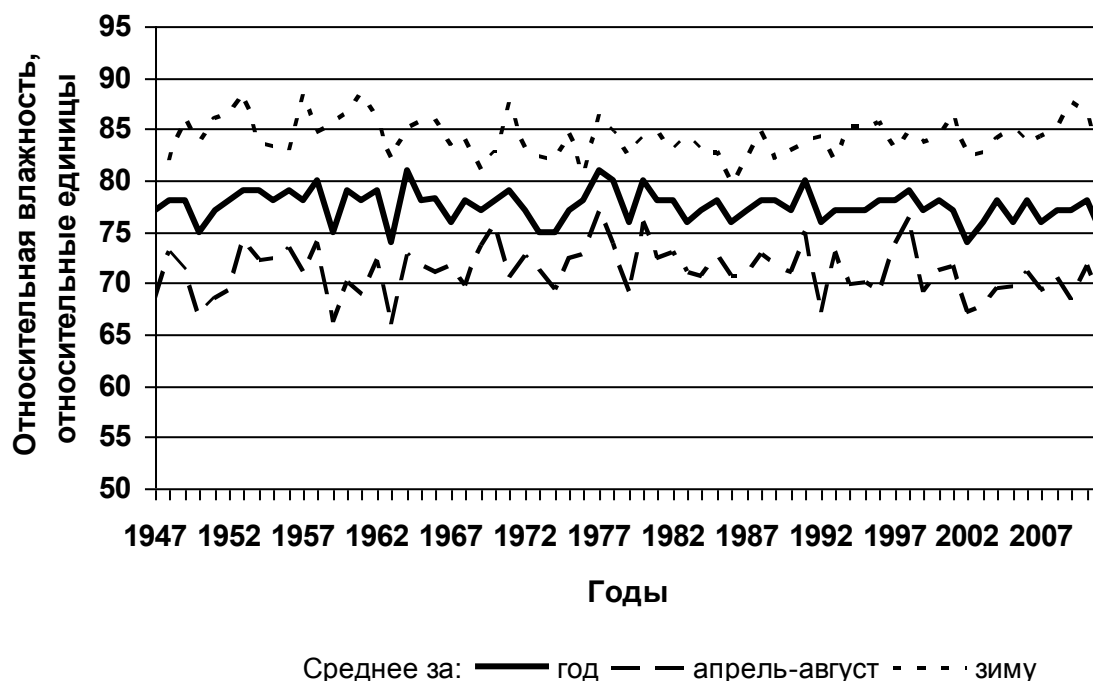


Рис. 10. Динамика относительной влажности воздуха по данным Житомирской метеостанции

Проведен статистический анализ по выявлению различий между средними значениями радиального прироста деревьев в лесных культурах разных возрастных групп, произрастающих на водно-ледниковых и моренных отложениях. Так, в насаждениях в группах 11–20, 21–40 лет прослеживается четкая закономерность: узкие годовые кольца отмечены в древостоях на водно-ледниковых отложениях. Более широкие годовые слои сосны выявлены в пределах этих возрастных групп в свежих борах и суборах на моренных отложениях (табл. 1).



Таблица 1

Разница между средними значениями величин радиального прироста деревьев в культурах сосны обыкновенной, произрастающих на моренных и водно-ледниковых отложениях

Почвообразующие отложения	Группа возраста	Период	Средняя погрешность, мм	t _{пр}	t _{теор.}
Свежий бор					
моренные	11–20	1999–2010	2.5±0.2	0.0	2.1 _{0.05}
водно-ледниковые	11–20	1999–2010	2.5±0.1		
моренные	21–40	1992–2010	3.0±0.2	7.2	3.6 _{0.001}
водно-ледниковые	21–40	1992–2010	1.2±0.2		
моренные	41–60	1973–2010	1.7±0.1	0.8	2.0 _{0.05}
водно-ледниковые	41–60	1973–2010	1.5±0.1		
моренные	61–80	1956–2010	1.5±0.1	0.9	2.0 _{0.05}
водно-ледниковые	61–80	1956–2010	1.4±0.1		
Свежая субурь					
моренные	11–20	2000–2010	3.0±0.2	3.1	2.3 _{0.05}
водно-ледниковые	11–20	2000–2010	3.8±0.2		
моренные	21–40	1992–2010	3.0±0.2	0.94	2.1 _{0.05}
водно-ледниковые	21–40	1992–2010	3.3±0.3		
моренные	41–60	1973–2010	2.8±0.24	6.4	3.7 _{0.001}
водно-ледниковые	41–60	1973–2010	1.3±0.05		
моренные	61–80	1954–2010	1.4±0.05	2.0	2.0 _{0.05}
водно-ледниковые	61–80	1954–2010	1.7±0.13		

Насаждения возрастной группы 41–60 лет на водно-ледниковых отложениях в 1968–2000 гг. имеют более узкие годовые кольца, чем на моренных отложениях. После 2000 года эта закономерность исчезает. В насаждениях возрастной группы 61–80 лет радиальный прирост сосны обыкновенной шире в свежих субурях и борах, по сравнению с сухими борами (см. табл. 1). Во влажных борах на водно-ледниковых отложениях условия для роста деревьев являются самыми суровыми. Так, после экстремальных погодных условий в виде холодных зим и низких ранневесенних температур в 1964, 1976, 1996 и 2003 гг. прослеживается увеличение величины радиального прироста деревьев. Это произошло за счет усыхания ослабленных деревьев, за счет которых улучшились условия для оставшихся деревьев.

Таким образом, для насаждений возрастных групп 21–40, 41–60 и 61–80 лет характерны широкие годовые кольца деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в насаждениях на моренных отложениях, по сравнению с насаждениями, растущими на водно-ледниковых отложениях (см. табл. 1).

Выявлено, что в насаждениях возрастной группы 21–40 лет, которые растут на моренных отложениях, величины радиального прироста деревьев больше на 60 % по сравнению с радиальным приростом деревьев сосны на водно-ледниковых отложениях. В насаждениях в группе возраста 41–60 лет эта разница составляет почти 9 %, 61–80 лет – 9,4 %.

Существенную разницу между величинами радиального прироста для насаждений в условиях свежего бора на моренных отложениях с одной стороны и в местах водно-ледниковых отложений с другой, выявлено для древостоев в возрастной группе 21–40 лет, в условиях свежего бора – для древостоев в возрастных группах 11–20 и 41–60 лет (см. табл. 1).

Проанализованы связи между индексами радиального прироста сосны и климатом для насаждений 61–80 класса возраста, которые растут в условиях свежего бора на моренных и водно-ледниковых отложениях, чтобы выявить реакцию данных насаждений на колебания климата.

Для 1945–1976 гг. выявлено положительное влияние осадков на радиальный прирост сосны для насаждений свежего бора в местах водно-ледниковых отложений, то есть в бедных условиях и с низкой влагоемкостью почвы за год и за вегетационный период. В 1977–2008 гг. эти связи уменьшаются, что объясняется увеличением количества осадков (табл. 2). Сравнивая периоды 1945–1976 гг. и 1977–2008 гг. мы установили, что количество осадков за вегетационный период увеличилось на 5%, а за год – на 7%. Однако, в течение 2001–2010 гг. количество осадков на протяжении вегетационного периода наоборот – уменьшилось на 10%.

Осадки положительно повлияли на радиальный прирост деревьев в насаждениях свежего бора в местах водно-ледниковых отложений (табл. 2).

Негативное влияние температур вегетационного периода на формирование годичных слоев древесины выявлено для насаждений, растущих в наиболее бедных условиях свежего бора на водно-ледниковых отложениях для 1945–1976 гг. Позже, в 1977–2008 гг. это ограничение ослабло в связи с тем, что температура в сравнении с предыдущим периодом 1945–1976 гг. увеличилась за данный период на 0.21°C (1.3%). Скорость потепления ускорилась во втором пе-

риоде 1999–2008 гг., когда температура среднегодовая температура увеличилась на 6 % (на 0.9 °С).

Мартовские температуры во втором периоде (1977–2008 гг.) усилили влияние на радиальный прирост сосны для всех насаждений свежего бора и свежей субори на моренных и водно-ледниковых отложениях вследствие их повышения в сравнении с 1945–1976 гг. на 1,8 °С (на 62%).

Зимние температуры поднялись в 1977–2008 гг. в сравнении с 1946–1976 гг. на 1.5 °С, то есть на 66%. Выявлено позитивное влияние на радиальный прирост зимних температур для насаждения свежего бора на морене для 1977–2008 гг. и в насаждении, растущем в условиях всежего бора на моренно–ледниковых отложениях для 1946–1976 гг.

Таблица 2

Корреляционные связи между индексными древесно-кольцевыми хронологиями сосны обыкновенной, которая растет в насаждениях >80 лет, растущих в местах моренных и водно–ледниковых отложений

Климатические факторы	Свежий бор				Свежая суборь			
	Моренные отложения, годы		Водно-ледниковые отложения, годы		Моренные отложения, годы		Водно-ледниковые отложения, годы	
	1945–1976	1977–2008	1945–1976	1977–2008	1945–1976	1977–2008	1945–1976	1977–2008
Сумма осадков за год, мм	0.3	-0.0	0.4*	-0.1	-0.2	-0.1	0.22	0.03
Сума осадков за апрель–август, мм	0.2	0.0	0.5**	0.0	-0.1	-0.2	0.2	-0.1
Средняя температура за год, °С	0.1	0.3	0.02	0.3	0.0	0.2	0.3	0.3
Средняя температура за апрель–август, °С	-0.0	-0.1	-0.4*	-0.1	-0.3	0.0	-0.2	-0.0
Средняя температура за март, °С	-0.0	0.4*	0.1	0.5**	0.0	0.4*	0.3	0.5**
	1946–1976	1977–2008	1946–1976	1977–2008	1946–1976	1977–2008	1946–1976	1977–2008
Средняя температура за зиму, °С	0.35	0.4*	0.1	0.3	0.3	-0.2	0.4*	0.3
	1947–1976	1977–2008	1947–1976	1977–2008	1947–1976	1977–2008	1947–1976	1977–2008
Относительная влажность за год, относительные единицы	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.0	0.1
Относительная влажность за апрель–август, относительные единицы	0.1	0.3	0.4	0.1	0.6***	0.7***	-0.1	0.1

Примечание: * – уровень значимости 0.05; ** – уровень значимости 0.01; *** –уровень значимости 0.001.

Относительная влажность – интегральный показатель, который отображает соотношение тепла и влаги. Выявлены значущие корреляции между индексами радиального прироста сосны и относительной влажностью за вегетационный период для насаждения, растущего в условиях свежей для обоих периодов: 1947–1976 гг. и 1977–2008 гг. (см. табл. 2).

Таким образом, корреляционным анализом между индексными хронологиями и климатическими показателями установлено, что насаждения в условиях свежего бора на водно-ледниковых отложениях являются наиболее чувствительными к климату. Радиальный прирост во всех насаждениях ограничивают такие климатические факторы осадки, температуры и относительная влажность за вегетационный период, а также зимние и ранне-весенние температуры.

Для 1977–2008 гг. в сравнении с 1945–1976 гг. уменьшилась зависимость радиального прироста сосны от осадков, количество которых увеличилось на 7% за вегетационный период, однако за 2001–2010 гг. происходит обратный процесс – уменьшение количества осадков на протяжении вегетационного периода и ранней весны усилило зависимость радиального прироста от этих температур, которые увеличились соответственно на 1.3 и 62%.



Заключение

1. Установлены годы с минимальным радиальным приростом сосны обыкновенной: 1950, 1956, 1963, 1964, 1975, 1976, 1986, 1992, 1994, 1996, 2000, 2003, 2006, 2009 и 2010 гг., когда к снижению радиального прироста деревьев привели: засухи в течение вегетационного периода, низкие зимние и ранневесенние температуры воздуха. Максимальные величины радиального прироста отмечены в 1955, 1960, 1966, 1980, 1988, 1997, 2007, 2009 годах, которые характеризуются благоприятным для роста деревьев соотношением тепла и влаги. Формирование годичных слоев сосны обыкновенной ограничивают осадки, температуры и относительная влажность за вегетационный период, а также зимние и ранневесенние температуры.

2. В насаждениях возрастной группы 21–40 лет, которые растут на мореных отложениях, величины радиального прироста деревьев выше на 60% по сравнению с радиальным приростом деревьев сосны на водно-ледниковых отложениях. В насаждениях в группе возраста 41–60 лет эта разница составляет почти 9%, 61–80 лет – 9.4%.

3. Количество осадков за год увеличилось на 7%, за вегетационный период – на 5% в 1977–2008 гг. в сравнении с 1945–1976 гг. Однако за 2001–2010 гг. количество осадков на протяжении вегетационного периода наоборот уменьшилось на 10%. В 1977–2008 гг. температура в сравнении с предыдущим периодом 1945–1976 гг. увеличилась на 1.3%. Скорость потепления ускорилась во втором периоде 1999–2008 гг., когда температура среднегодовая температура увеличилась на 6%. Мартовские температуры в 1977–2008 гг. повысились в сравнении с 1945–1976 гг. на 62%. Зимние температуры повысились в 1977–2008 гг. в сравнении с 1946–1976 гг. на 66%.

3. В 1977–2008 гг. в сравнении с 1945–1976 гг. уменьшилась зависимость радиального прироста сосны от осадков, количество которых за вегетационный период увеличилось, однако в 2001–2010 гг. наблюдалось уменьшение количества осадков на протяжении вегетационного периода и ранней весны, что негативно повлияло на радиальный прирост сосны.

4. Исходя из сказанного, лесохозяйственным предприятиям при наличии экстремальных климатических факторов можно рекомендовать вносить коррективы по интенсивности и времени проведения очередных рубок формирования леса и санитарных рубок.

Список литературы

1. Fritts H.C. Tree rings and climate. – London, N.Y., San-Francisco: Academic press, 1976. – 576 p.
2. Битвинскас Т.Т. Дендроклиматические исследования. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 170 с.
3. Арефьев С.П. Оценка устойчивости леса в дендрохронологических рядах // Проблемы взаимодействия человека и природной среды. – Тюмень: Изд-во ИПОС СО РАН, 2001 – С. 83–87.
4. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. – Л.: Наука, Ленинградское отделение, 1979 – 232 с.
5. Краснов В.П., Зборовська О.В. Вплив подючості ґрунту на продуктивність соснових деревостанів у різних типах лісорослинних умов Житомирської області // Агроекологічний журнал. – 2013. – №4. – С. 65–69
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

RADIAL GROWTH OF *PINUS SYLVESTRIS* L. IN STANDS ON MORAINAL AND FLUVIOGLACIAL SAND DEPOSITS IN UKRAINIAN POLISSYA

**O.V. Zborovskaja¹, I.M. Koval²,
O.V. Zhukovsky¹**

¹ Polissya Branch of Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.V. Vysotskij, 2 Neskorenykh St, v. Dovzhyk, Zhytomyr district, Zhytomyr region, 10004, Ukraine

² Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G.V. Vysotskij, 86 Pushkinska St, Kharkiv, 61024, Ukraine

Dynamics of tree radial growth of *Pinus sylvestris* L. in pine stands of different ages growing in different conditions on morainal and fluvio-glacial deposits under influence of climate in Ukrainian Polissya was studied.

Key words: radial growth of *Pinus sylvestris* L., morainal and fluvio-glacial deposits, climate.



УДК 635.924

КОРРЕЛЯЦИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ДИКИХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *MALUS* В КОЛЛЕКЦИИ ГБС ИМЕНИ Н.В. ЦИЦИНА РАН

И.Г. Гуйтар

*Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия, 127550 г. Москва, ул. Тимирязевская, 49
E-mail: i.guytar@gmail.com*

В работе представлены результаты изучения корреляций между морфологическими признаками у диких представителей рода *Malus*, растущих в коллекции ГБС имени Н.В. Цицина РАН и имеющих перспективное значение для декоративного садоводства. Отмечено отсутствие корреляций выше 0,60, выделены пары признаков со средними коэффициентами корреляции, что позволяет использовать их в селекционной работе.

Ключевые слова: яблоня, *Malus*, корреляционный анализ, корреляция, морфологические признаки, анализ изменчивости, полиморфизм.

Введение

В настоящее время род *Malus* рассматривается преимущественно как плодовая сельскохозяйственная культура, в то время как декоративные признаки яблони, особенно дикорастущих видов, зачастую опускаются. Однако многие представители рода обладают большим количеством декоративных признаков и могут быть использованы как для городского, так и для частного озеленения. С целью увеличения ассортимента декоративной яблони необходимо заниматься селекционной работой с постоянным вовлечением новых перспективных с точки зрения декоративности видов яблони. Длительность селекционной работы с древесными декоративными и плодовыми культурами приводит к необходимости использовать современные способы многомерного анализа экспериментальных данных, в том числе, оценивая корреляции между признаками. Выявление закономерностей внутри рода *Malus* является первым этапом в нашей работе по оценке корреляций между морфологическими признаками представителей этого рода.

Объекты исследования представлены 15 видами рода *Malus* коллекции отдела дендрологии и отдела культурных растений ГБС им. Н.В. Цицина РАН, в том числе *Malus coronaria*, *Malus fusca*, *Malus himalaica*, *Malus honanensis*, *Malus ionensis*, *Malus ioensis*, *Malus sargentii*, *Malus sieversii*, *Malus sylvestris* и др.

Методика

По литературным данным для проведения наблюдений были отобраны 24 признака [2] (табл. 1), которые являются наиболее важными при описании видов яблони и имеют определенный вклад в декоративность перечисленных выше видов: габитус растения (1 признак); признаки цветка (8 признаков); признаки плода (4 признака); признаки листа (11 признаков).

Таблица 1

Признаки и шкалы оценки

№ п/п	Признак	Шкала оценки
1	2	3
1	Жизненная форма	порядковая
2	Тип соцветия	номинальная
3	Число цветков в соцветии, шт.	интервальная
4	Диаметр венчика, см.	интервальная
5	Окраска венчика	номинальная
6	Опушение столбика	номинальная
7	Опушение гипантия	номинальная
8	Опушение цветоножки	номинальная
9	Длина цветоножки	интервальная
10	Тип чашечки	номинальная
11	Форма плода	номинальная
12	Окраска кожицы плода	номинальная



Окончание табл. 1

1	2	3
13	Диаметр плода, см	интервальная
14	Тип листовой пластинки	номинальная
15	Форма листовой пластинки	номинальная
16	Форма основания листовой пластинки	номинальная
17	Длина листовой пластинки, см	интервальная
18	Ширина листовой пластинки, см	интервальная
19	Ширина/длина листовой пластинки	интервальная
20	Опушение верхней поверхности листовой пластинки	порядковая
21	Опушение нижней поверхности листовой пластинки	порядковая
22	Тип зазубренности края листовой пластинки	номинальная
23	Длина черешка, см	интервальная
24	Длина черешка/длина листовой пластинки	интервальная

Учеты проводили в течение 2012-2014 гг., описывали от 3 до 5 образцов каждого вида с привлечением независимых наблюдателей, чтобы исключить субъективность оценки качественных признаков.

Для проведения анализа данных, полученные экспериментальные данные заносили в сводную таблицу. Статистическую обработку данных проводили с применением программы Statistica 10.0 (trial) [1]. При расчете коэффициентов корреляции исходную матрицу данных преобразовали в баллы и затем в ранги.

Результаты исследований

Коэффициент корреляции (r) показывает, насколько тесно две переменные связаны между собой. Коэффициент принимает значения в диапазоне от -1 до 1. Принято считать, что коэффициенты корреляции, которые по модулю больше 0,7 говорят о сильной связи, от 0,5 до 0,69 говорят о связи средней силы и меньше 0,5 о слабой связи [2]. В результате проведенных расчетов вычислено 276 коэффициентов корреляции между парами признаков, из которых были выделены пары с максимальными коэффициентами (табл.2).

Таблица 2

Пары морфологических признаков с корреляцией выше 0.50

№ n/n	Признак 1	Признак 2	Коэффициент корреляции
1	Тип листовой пластинки	Жизненная форма	0.50
2	Форма листовой пластинки	Индекс овальности листовой пластинки	-0.52
3	Длина листа	Ширина листа	0.50
4	Ширина листа	Индекс овальности листовой пластинки	0.53
5	Опушение верхней стороны листовой пластинки	Опушение нижней стороны листовой пластинки	0.59
6	Опушение нижней стороны листовой пластинки	Окраска кожицы плода	-0.50
7	Длина черешка	Отношение длины черешка к длине листа	0.56
8	Жизненная форма	Диаметр плода	0.54
9	Опушение гипантия	Опушение цветоножки	0.54
10	Окраска кожицы плода	Опушение нижней стороны листовой пластинки	-0.50

Определение комплекса взаимосвязей морфологических признаков диких представителей рода *Malus* в коллекции ГБС РАН имени Н.В. Цицина показало наличие средней корреляции между некоторыми из признаков.

Выделено 10 пар признаков с наиболее высокими коэффициентами корреляции среди расчетных, среди них 9 признаков листа (тип листовой пластинки, форма листовой пластинки, диаметр листовой пластинки, ширина листовой пластинки, коэффициент отношения ширины листовой пластинки к длине листовой пластинки, опушение верхней поверхности листовой

пластинки, опушение нижней поверхности листовой пластинки, длина черешка, коэффициент отношения длины черешка к длине листа, 2 признака листа (опушение гипантия, опушение цветоножки), 2 признака плода (окраска кожицы плода и диаметр плода) и 1 признак габитуса (жизненная форма).

Так, наиболее высокая корреляция с коэффициентом 0,59 наблюдается между признаками опушения верхней и нижней стороной листовой пластинки.

Сила связи между длиной черешка и коэффициентом отношения длины черешка к длине листовой пластинки составляет 0,56.

Коэффициент корреляции между жизненной формой и диаметром плода 0,54.

Связь между опушением гипантия и опушением цветоножки также характеризуется коэффициентом 0,54.

Коэффициент корреляции между шириной листа и индексом овальности листа равен 0,53.

Отмечается связь близкая к слабой между формой листовой пластинки – и индексом овальности листа ($r=0,52$).

Связь с коэффициентом корреляции 0,50 присутствует между признаком длины листовой пластинки и шириной листовой пластинки.

Представляет некоторый интерес коэффициент корреляции 0,50 характеризующий связь между опушением нижней поверхностью листа и окраской кожицы плода.

Так же, относительно высокие коэффициенты корреляции (приближенные к 0,50) между диаметром плода и опушением нижней поверхности листовой пластинки и окраской кожицы плода - 0,45.

Выводы

По результатам данного исследования можно сделать выводы об отсутствии сильных общих закономерностей среди исследуемых видов внутри диких представителей рода *Malus* коллекции ГБС РАН им.Н.В.Цицина.

Тем не менее, из всех проверенных корреляционных пар морфологических признаков, существующие корреляции позволяют со значительной степенью вероятности определять по виду жизненной формы размеры плода.

По опушению нижней поверхности листовой пластинки на ранних этапах развития растения судить о окраске кожицы плода, что значительно способствует облегчению селекционной работы с целью увеличения ассортимента декоративной яблони.

Высокие коэффициенты между признаками листа и признаками генеративных органов отсутствуют.

Из всего вышесказанного можно сделать выводы о необходимости выявления высоких коэффициентов корреляции внутри отдельно взятых видов для облегчения селекционной работы и проведения отбора на ранних стадиях развития сеянцев.

Список литературы

1. StatSoft Russia: [Эл. ресурс]. 2014 URL: <http://www.statsoft.ru/>. (Дата обращения: 27.07.2014).
2. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. - М.: Высшая школа, 2004. – С. 176–184.

CORRELATION OF MORPHOLOGICAL TRAITS OF WILD SPECIES OF THE GENUS *MALUS* COLLECTION IN N.V. TSITSIN GBG RAS

I.G. Guytar

Russian State Agrarian University –
RGAU-K.A. Timirjazev MSHA, 49
Timirjazevskaja St, Moscow, 127550,
Russia

E-mail: i.guytar@gmail.com

The article presents the results of the study of correlations between morphological features of wild representatives of the genus *Malus* in the collection of N.V.Tsitsin GBG RAS which have long-time significance for decorative horticulture. The absence of correlations above 0.60 has been noted. Pairs of features with an average correlation coefficient have been revealed, which allows their use in selection work.

Key words: apple-tree, *Malus*, correlation analysis, correlation, morphological features, variability analysis, polymorphism.

ДЕКОРАТИВНОЛИСТВЕННЫЕ И ХВОЙНЫЕ ДЕРЕВЬЯ И КУСТАРНИКИ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

**О.Ю. Дубовицкая¹,
Е.В. Золотарева²**

¹ *Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, Россия, 302530, Орловская обл., Орловский р-н, Жилина, 1*

² *Орловский государственный аграрный университет, Россия, 302019, г. Орел, ул. Генерала Родина, 69*
E-mail: dub-ola@mail.ru;
flower64@mail.ru

Приведены данные многолетних исследований биологических особенностей роста и развития декоративнолиственных и хвойных деревьев и кустарников дендропарка Орловского государственного аграрного университета. На основании полученных результатов даны рекомендации по видовому составу декоративнолиственных и хвойных древесных растений для озеленения населенных мест.

Ключевые слова: фенология, декоративнолиственные и хвойные деревья и кустарники, озеленение населенных мест.

Введение

Дендропарк Орловского государственного аграрного университета начал создаваться более 15 лет назад на еще практически неосвоенной территории, с открытием специальности «Садово-парковое и ландшафтное строительство». Одна из важных задач дендропарка Орел ГАУ – создание и изучение коллекции перспективных для озеленения населенных мест древесных видов, сортов и форм на основе применения лучших образцов флоры с других континентов и использования устойчивых и декоративных растений средней полосы России [1].

К настоящему времени на площади 8.7 га произрастает 159 таксонов (видов, сортов и форм) древесных растений, в том числе 107 интродуцентов (рис.1).



Рис. 1. Фрагмент дендропарка Орел ГАУ

Состояние вопроса

Среди основных средообразующих функций, выполняемых зелеными насаждениями, имеющих жизненно важное значение для человека, особенно в техногенных и урбанизированных ландшафтах, на первый план выступает санитарно-гигиеническая роль. В интегральный эффект проявления этой роли значительный вклад вносят фитонциды, продуцируемые растениями [2].

Проблему «живого воздуха» в условиях все ухудшающегося городской среды необходимо решать комплексно, используя растения-«усилители», снижающие количество вредных для человека микроорганизмов (патогенов) и даже вирусов [2, 3].

Размещение растений в группах усиливает их фитонцидные свойства и способность к ионизации воздуха. Ионизация воздуха на территориях с различной степенью озеленения также различна. Посадки березы повислой повышают ионизацию на 9–38%, сосны обыкновенной – на 18–42%, туи западной – на 56–68%. Ионизацию воздуха повышают такие растения, как сосна, туя, лиственница, ель, можжевельник, береза, дуб, рябина, белая акация и другие. Лучше ионизируют воздух смешанные насаждения.

Зеленые растения улучшают микроклимат, являются надежной защитой от ветра, пыли, песка, способствуют проветриванию загрязненного воздуха и благоприятно воздействуют на здоровье и самочувствие человека [4].

Ассортимент растений, используемых обычно для озеленения городов и поселков, довольно однообразен. Между тем имеется много аборигенных и интродуцированных растений, которые с успехом могут быть использованы для целей озеленения. Среди них много лекарственных и фитонцидных растений. Декоративные растения как главные элементы архитектурных композиций городов и поселков определяют санитарно-гигиенические и микроклиматические условия населенных пунктов. Например, белая акация, клены, барбарисы, сирени, скумпия, ель колючая и другие могут поглощать из воздуха значительные количества сернистого ангидрида, а тополь белый, сирень, лох способны поглощать и накапливать в листьях фтористые соединения; бирючина, клен и каштан обладают способностью аккумулировать из воздуха соединения свинца [5].

В процессе многолетних исследований нами установлено, что наиболее перспективными в интродукционном отношении для местных условий являются регионы с богатой дендрофлорой – Южная Европа, Кавказ, Дальний Восток, Северная Америка [6].

При озеленении любых территорий следует стремиться к созданию единого своеобразного ансамбля, гармонически соединяющего элементы живой постоянно изменяющейся природы с имеющимися застройками. Природные факторы – растительность, рельеф, естественные водоемы – должны быть максимально использованы при решении композиционных вопросов и увязаны с архитектурно-планировочной ситуацией, которая включает все застройки на данной территории и сложившуюся планировку [2].

Следует отметить, что декоративнолиственные и хвойные растения не только хорошо улучшают среду обитания человека, но в тоже время являются высокодекоративными растениями. Они могут быть использованы в озеленении как в качестве фона для красивоцветущих, так и самостоятельно.

Форма растения, воспринимаемая объемно, образуется системой построения его надземных частей. Решающее значение имеет система ветвления стебля. Листья являются дополнительным элементом, оказывающим значительное влияние на форму кроны. Качества листа могут не только усиливать эффект основных архитектурных свойств всего древесного растения, но и быть ведущим фактором в композиции зеленых насаждений. Наряду с формой кроны величина, орнамент и цвет листа имеют основное значение при подборе древесных растений для одиночных экземпляров и групп переднего плана. Цветки и плоды декоративнолиственных и хвойных растений, не являясь большей частью высокодекоративными, вносят лишь кратковременные сезонные изменения в фактуру поверхности кроны и ее цвет и потому чаще не являются важной декоративной деталью [7].

Объекты и методы исследования

Исследования проводились в 2010–2012 гг. Объектами научных исследований в дендропарке Орел ГАУ являются ландшафтные группы древесных растений, которые имеют научно-просветительское, учебно-познавательное, эстетическое и санитарно-гигиеническое значение. Все исследуемые древесные растения за время существования дендропарка зарекомендовали себя как достаточно зимостойкие.

У растений на протяжении всего периода исследований изучались фенология, зимостойкость, повреждение вредителями и болезнями; отмечались годовые приросты, эстетическое сочетание растений в группах.

При проведении фенологических наблюдений использовалась методика Главного ботанического сада АН, рекомендованная для всех ботанических садов России. Перед проведением фенологических наблюдений была установлена ботаническая достоверность объектов исследования. Наблюдения заносились в журнал фенонаблюдений в виде формул. Для комплексной оценки сезонного развития растений в целом по каждой наблюдаемой фенофазе отмечались количественные показатели фенофазы путем визуального учета числа органов, вступающих в фенофазу в пределах всей кроны растения. Количественные показатели записывались цифрами перед условными обозначениями фенофазы: 1 – в дни, когда в наблюдаемую фенофазу вступало от 10 до 50% органов; 2 – в фенофазу вступало свыше 50%.

Оценка жаростойкости проводилась по шкале, аналогичной шкале зимостойкости, разработанной в отделе дендрологии Главного Ботанического Сада АН РФ:

растения не без повреждений;

повреждается не более 50 % длины однолетних побегов;

повреждается от 50 до 100 % длины однолетних побегов;

повреждаются более старые побеги;

повреждается надземная часть до скелетных ветвей;

повреждается вся надземная часть;

растение погибло полностью.

Наиболее жаростойкими считаются растения, входящие в I и II группы.

С эстетической точки зрения элементы композиций оценивались с учетом окраски, строения, формы и конфигурации растений на основе давно установившихся, выработанных человеком, принципов: пропорциональность, ритм, выразительность и гармония.

Подбор ассортимента также определяется типом посадок, декоративными свойствами растений и соответствием биологических особенностей древесных и кустарниковых пород условиям произрастания.

Результаты и их обсуждение

1. Фенологические наблюдения.

Проведенные нами исследования показали, что у большинства декоративнолиственных и хвойных видов растений дендропарка Орел ГАУ основные фенологические фазы развития в среднем не отличаются от литературных. Но у отдельных экземпляров, расположенных рядом со зданиями, теплотрассой и шоссе, начало вегетации наступает на несколько дней раньше и заканчивается на несколько дней позже других растений. Основные результаты фенологических наблюдений, проведенных в условиях дендропарка Орел ГАУ, изложены в таблице 1.

Таблица 1

Основные фенологические фазы развития некоторых деревьев и кустарников

Виды растений	Пч1	Пч2	Пб-Пб2	Л1-Л3	Л4-Л5	О1-О2	Ц4-Ц5	Пл-Пл4
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Деревья лиственные								
Береза повислая	6.04 (±3) – 16.04 (±4)	16.04 (±3) – 4.05 (±5)	6.05 (±7) – 3.06 (±5)	20.04 (±7) – 26.05 (±7)	5.09 (±7) – 4.10 (±8)	11.09 (±3) – 7.10 (±5)	–	–
Ива козья	10.04 (±4) – 12.04 (±3)	15.04 (±6) – 25.04 (±4)	10.05 (±8) – 15.07 (±5)	20.04 (±3) – 18.07 (±4)	22.08 (±6) – 10.10 (±5)	5.08 (±5) – 20.09 (±5)	14.04 (±3) – 18.04 (±2)	–
Деревья хвойные								
Ель колючая ф. голубая	28.04 (±4) – 10.05 (±2)	15.05 (±5) – 23.05 (±6)	23.05 (±2) – 2.07 (±5)	25.05 (±6) – 16.07 (±7)	–	5.08 (±5) – 23.08 (±3)	–	–
Лиственница сибирская	5.04 (±2) – 12.04 (±3)	14.04 (±5) – 26.04 (±4)	22.05 (±3) – 16.07 (±4)	26.05 (±5) – 18.07 (±4)	10.09 (±5) – 10.10 (±6)	12.08 (±4) – 24.09 (±5)	–	–



Окончание табл. 1

Кустарники лиственные								
Барбарис Тунберга	12.04 (±4) – 17.04 (±4)	14.04 (±2) – 18.04 (±3)	29.04 (±6) – 25.08 (±5)	17.04 (±5) – 25.08 (±6)	11.09 (±5) – 12.10 (±4)	11.09 (±5) – 10.10 (±6)	–	–
Кизильник блестящий	10.04 (±5) – 15.04 (±4)	15.04 (±6) – 19.04 (±5)	22.04 (±5) – 1.06 (±4)	22.04 (±5) – 18.06 (±4)	5.09 (±6) – 20.09 (±5)	10.08 (±4) – 1.10 (±4)	3.05 (±5) – 14.05 (±4)	22.06 (±5) – 10.08 (±6)
Пузыреплодник калинолистный	4.04 (±2) – 12.04 (±5)	17.04 (±5) – 21.04 (±4)	13.05 (±3) с июня стри-жка	21.04 (±4) – 10.08 (±5)	8.09 (±4) – 4.10 (±6)	10.08(±5) – 15.09 (±3)	27.05 (±2) – 30.05 (±6)	8.07 (±4) – 26.09 (±5)
Снежнаягодник белый	12.04 (±3) – 17.04 (±4)	18.04 (±3) – 23.04 (±5)	1.05 (±7) – 16.06 (±4)	20.04 (±5) – 22.06 (±6)	6.09 (±5) – 23.09 (±4)	12.07 (±5) – 5.09 (±6)	5.06 (±3) – 11.06 (±5)	15.08 (±5) – 20.09 (±6)
Кустарники хвойные								
Можжевельник казацкий	7.04 (±3) – 12.04 (±5)	13.04 (±2) – 18.04 (±4)	15.04 (±5) – 10.05 (±6)	13.04 (±4) – 12.05 (±7)	–	22.08 (±5) – 1.10 (±8)	–	–
Туя западная «Глобозум»	15.04 (±2) – 20.04 (±2)	28.04 (±6) – 4.05 (±5)	22.05 (±4) – 18.07 (±5)	20.05 (±6) – 20.07 (±6)	–	24.08 (±6) – 1.10 (±7)	–	–

2. Годичные приросты хвойных и декоративнолиственных растений.

Не все исследуемые растения развивались одинаково. О силе роста растений можно судить по годичным приростам (табл. 2).

Таблица 2

Годичные приросты растений (см)

Наименование вида	2010	2011	2012
Береза повислая	17±9	26±12	40±10
Ива козья	30±11	28±10	35±12
Ель колючая	25±10	9 ±2	12±4
Лиственница сибирская	20±3	19±7	22±10
Туя западная	8±1	8±2	12±6
Барбарис Тунберга	8±3	14 ±5	17±6
Кизильник блестящий	11±4	15±5	20±8
Клен Гиннала	8±2	14±4	23±9
Пузыреплодник калинолистный	16±4	36±8	55±15
Снежнаягодник белый	23 ±5	24±9	28±6
Сосна обыкновенная	55±5	27±6	29±6
Можжевельник казацкий	20±5	12±4	16±4
Туя западная «Глобозум»	9±3	10±3	13±7

3. Изучение жаростойкости хвойных и декоративнолиственных растений.

Погодные условия 2010 года позволили провести исследования жаростойкости древесных растений дендропарка Орел ГАУ (табл. 3).

Таблица 3

Оценка жаростойкости форм туи западной

Формы туи западной	Наличие повреждений по шкале						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Туя западная	+	+	+				
Туя западная «Вариегата»		+					
Туя западная «Вересковидная»				+	+		
Туя западная «Глобозум»		+	+		+		



Окончание табл. 3

Туя западная «Колумна»	+	+					
Туя западная «Робуста»		+					
Туя западная «Смарагд»	+	+					
Туя западная «Филиформис»	+						

Исследования показали, что аборигенные растения имеют более высокую жаростойкость по сравнению с интродуцентами. Также высокую жаростойкость показали растения, биологическим свойством которых является засухоустойчивость. Например, сосна обыкновенная не только не получила повреждений от высоких температур, но и дала годовые приросты до 60 см (см. табл. 2), чего не наблюдалось в предыдущие годы. Наибольшие повреждения от высоких температур наблюдались у туи западной. Степень повреждения варьирует в зависимости от формы (см. табл. 3).

Выводы

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что наиболее устойчивыми при сохранении своих средообразующих функций и декоративности являются следующие виды растений (табл. 4).

Таблица 4

Перечень декоративнолиственных и хвойных древесных растений, рекомендуемых к использованию в озеленении

Лиственные	Хвойные
Деревья	
Бархат амурский	Ель канадская
Боярышник сибирский	Ель колючая
Дуб красный	Ель корейская
Ива белая ф. плакучая	Ель обыкновенная
Рябина обыкновенная	Лжетсуга Мензиса
Лещина древовидная	Лиственница европейская
Липа мелколистная	Пихта белокорая
Орех маньчжурский	Пихта одноцветная
Сумах пушистый	Сосна Веймутова
Клен остролистный «Глобозум»	Сосна обыкновенная
Клен остролистный «Рейтенбаха»	Туя западная «Колумна»
Кустарники	
Барбарис монетовидный	Кипарисовик горохоплодный
Барбарис обыкновенный	Можжевельники казацкий
Барбарис Тунберга	Туя западная «Вариегата»
Дерен белый	Туя западная «Вересковидная»
Кизильник блестящий	Туя западная «Глобозум»
Пузыреплодник калинолистный	Туя западная «Рейнголд»
Хеномелес мауля	Туя западная «Филиформис»

Используя рекомендованные растения для озеленения населенных мест необходимо придерживаться основных критериев создания композиций – это экономичность, функциональная значимость и красота.

Деревья и кустарники следует размещать в соответствии с их экологическими требованиями, не забывая группировать по высоте, текстуре и форме. В группы необходимо включать как лиственные деревья и кустарники, так и хвойные, чтобы подчеркнуть сезонные изменения в окраске. В качестве солитеров необходимо выбирать виды, формы и сорта, которые будут служить акцентом для общей композиции. В качестве таких акцентов можно рекомендовать различные сорта туи западной («Вариегата», «Глобозум», «Колумна», «Робуста», «Смарагд») и формы лиственных кустарников с нетипичной окраской листьев (различные виды барбарисов с пурпурной или золотой окраской листьев, дерен белый «Шпета», пузыреплодник «Ауреа» или «Атропурпуреа»). При подборе растений в группы необходимо подбирать растения со сходной продолжительностью жизни.

Большинство рекомендованных хвойных и декоративнолиственных деревьев и кустарников подходят для аллеиных и рядовых посадок (бархат амурский, дуб красный, рябина обыкновенная, ель корейская, пихта белокорая и др.) (рис. 2).



Рис. 2. Аллея из лиственницы европейской

В садово-парковом строительстве и ландшафтном дизайне необходимо широко использовать как декоративные, так и средообразующие свойства растений.

Список литературы

1. Дубовицкая О.Ю. Красивоцветущие деревья и кустарники для озеленения объектов малоэтажного строительства / Дубовицкая О.Ю., Золотарева Е.В. // Вестник Орел ГАУ. – 2010. – № 2(23). – С.72-77.
2. Быков В.А. Комплексные средообразующие фитотехнологии 21 века / Быков В.А., Жученко А.А.мл., Рабинович А.М., Батеха Т.И., Орлова Е.В., Дубовицкая О.Ю. // Лекарственное растениеводство: Сб. научн. тр. – М. 2000. – С.148-155.
3. Дубовицкая О.Ю. Создание устойчивых сельскохозяйственных фитотехнологий для улучшения среды обитания человека // Вестник Российского Университета Дружбы Народов. Серия: Сельскохозяйственные науки. Агротехнология. – 2002. - № 8. – С. 16-23.
4. Акимов И.С. Значение зеленых насаждений // Природные богатства Орловского края. – Орел: Орелиздат, 1997. – С.94-98.
5. Телитченко М.М. Введение в проблемы биохимической экологии / М.М. Телитченко, С.А. Остроумов. – М.: Наука, 1990. – С.59-79.
6. Золотарева Е.В. Видовой состав и состояние древесных интродуцентов в насаждениях г. Орла / Золотарева Е.В., Самошкин Е.Н. // Лесной журнал. – 2012. – №3. – С.41-45.
7. Колесников А.И. Декоративная дендрология / А.И. Колесников. – М: Лесная пром-сть, 1974. – 676 с.

ORNAMENTAL DECIDUOUS AND CONIFEROUS WOODY PLANTS FOR ARRANGEMENT OF GREEN SPACES IN CITIES AND TOWNS OF OREL REGION

O.Y. Dubovitskaya¹,
E.V. Zolotareva²

¹All Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 1 Zhilina, Orel region, 302530, Russia

²Orel State Agrarian University, 69, General Rodin St, Orel, 302019, Russia
E-mail: dub-ola@mail.ru; flow-er64@mail.ru

In article the data of long-term researches of biological features of growth and development deciduous and coniferous trees and shrubs in the arboretum of Orel State Agrarian University are presented. Based on these results there are recommendations for the selection of species composition of deciduous and coniferous plants for the arrangement of green spaces in cities.

Key words: phenology, trees and shrubs, arrangement of green spaces in cities.



УДК 582.573.21:635.01

ОСОБЕННОСТИ ВЫГОНКИ НАРЦИССОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА БЕЛГОРОДА¹

А.С. Коротких, Ю.Е. Волобуева

Ботанический сад Белгородского государственного национального исследовательского университета, Россия, 308015, Белгород, ул. Победы 85
E-mail: Vorobjeva_a@bsu.edu.ru

Изучена возможность использования для выгонки луковицы нарциссов величиной меньше 3.9 см с различными вариантами хранения луковиц. Проведены учеты количественных морфологических признаков во время цветения растений. Установлена длительность выгоночного периода нарциссов при температуре 16°C.

Ключевые слова: выгонка, нарциссы, величина луковицы, период хранения, грунт, температура.

Введение

Промышленное цветоводство является одной из самых развитых и высокодоходных отраслей аграрного производства многих стран мира. В ассортименте цветочных культур особое место занимают луковичные, которые широко используются как отличная выгоночная культура на срез и применяются для оформления различных озеленительных объектов. Опыт отечественного и зарубежного цветоводства показывает, что максимального удовлетворения спроса населения на цветы в зимний и ранневесенний периоды можно достичь с помощью выгоночных луковичных культур, среди которых ведущее место занимают нарциссы [1].

Выгонка – это комплекс мероприятий, направленный на то, чтобы обеспечить цветение растений в несвойственное для них время года [2]. Возможность получения цветущих нарциссов в необычные сроки (в том числе зимой) была установлена в Голландии довольно давно. С этой целью луковицы: высаживали в парники или теплицы и подвергали их специальной подготовке [3].

Для выявления особенностей выгонки нарциссов из луковиц, сформировавшихся в условиях г. Белгорода, и уточнения наиболее важных факторов, влияющих на качество выгонки, проводили выгонку нарциссов при различных условиях охлаждения луковиц и культивирования.

Целью работы являлось изучение возможности использования для выгонки луковиц нарциссов величиной меньше 3.9 см с различными вариантами хранения луковиц.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи: изучить возможность использования для выгонки луковиц нарциссов величиной меньше 3.9 см, определить выгоночный период у нарциссов сорта 'Actaea', выявить морфологические особенности нарциссов в защищенном грунте.

Объекты и методы исследования

Сорт 'Actaea' был выбран для выгонки, так как он наиболее распространен в г. Белгороде на приусадебных участках и более доступен для использования на выгонку. Выгонку нарциссов проводили в условиях подсобного отапливаемого помещения, в котором температура воздуха была ниже, чем в жилом и в среднем составляла около 16°C днем, 10–12°C ночью, с влажностью воздуха около 75%.

Луковицы сорта 'Actaea', выкопанные в начале октября, были разделены на группы по 10 шт. каждой фракции по величине (крупные, средние и мелкие). Крупные луковицы (диаметром 2.7–3.6 см, имеющих от 1 до 3 вершин) соответствовали II и III разборам общепринятой шкалы, средние (диаметром 2.0–2.5 см, имеющих от 1 до 3 вершин) – детке 1 категории, мелкие (диаметром менее 1.9 см, имеющих 1 и 2 вершины) – детке 2 категории [3].

После выкопки и разбора луковицы высаживали в питательный малоцентрированный слабокислый грунт, изготовленный ЗАО «МНПП «ФАРТ», производимый из верхового торфа низкой степени разложения с высоким содержанием гуминовых кислот; с добавлением

¹ Исследования выполнены при поддержке областного конкурса грантов 2014 г. для студентов и аспирантов департамента кадровой и внутренней политики Белгородской области, по теме «Разработка мероприятий по культивированию амариллисовых в городе Белгороде».

известняковых материалов, агроперлита и серийно производимых, высоко эффективных гранулированных органоминеральных удобрений длительного действия.

Луковицы каждой фракции по величине (крупные, мелкие и средние) хранили до выгонки в разных условиях – в холодильнике без субстрата при температуре 6°C, погребе при температуре 4°C и прикопе в открытом грунте (по 3 луковицы каждой фракции по величине).

По истечению периода хранения 2 февраля 2013 г. луковицы нарциссов разной величины были перенесены из холодильника, прикопа и подвала в помещение для выгонки, среднесуточная температура в котором поддерживалась около 13–14°C.

Результаты исследования и их обсуждение

К моменту постановки на выгонку во всех вариантах хранения луковиц началось отрастание листьев, длина которых над уровнем почвы достигала 4–8 см. Отрастание цветоносов наблюдалось 5–9 марта через 31–35 суток после постановки, начало цветения – 11–14 марта (рис. 1).



Рис. 1. Цветение растений сорта 'Actaea' при различных условиях хранения луковиц: а – в прикопе, б – в холодильнике, в – в погребе

В данных условиях выгоночный период длился около 40 суток. Цветоносы развивались интенсивно, в течение 5–6 суток. Продолжительность жизни 1 цветка составляла около 6–8 суток. С учетом разницы времени начала зацветания отдельных растений фаза цветения длилась около 10 суток.

У нарциссов с величиной луковиц 2.7–3.6 см (крупные) количество цветущих побегов составило 10 шт., величиной 2.0–2.5 см (средние) – 10 шт. Цветоносы не развились в луковицах величиной менее 1.9 см (мелкие). Высота цветоносных побегов у изученного сорта варьировала в пределах 24–32 см. В целом сорт оказался пригодным для внесезонной выгонки и срезки.

Для гарантированного получения цветоносов ввиду небольшого числа крупных луковиц нарциссов, формирующихся в условиях г. Белгорода, для выгонки можно использовать одно-верхушечные луковицы диаметром 2.0–3.6 см (III разбора и детки 1 категории).

После посадки луковиц в контейнеры контролировали в динамике развитие листьев (рис. 2). Рост листьев приостанавливался 20–25 марта, в конце цветения у генеративных растений, и, независимо от возраста растений, в эти же календарные сроки у виргинильных растений. Длина листьев у генеративных растений составила около 30 см, у виргинильных – 25 см.

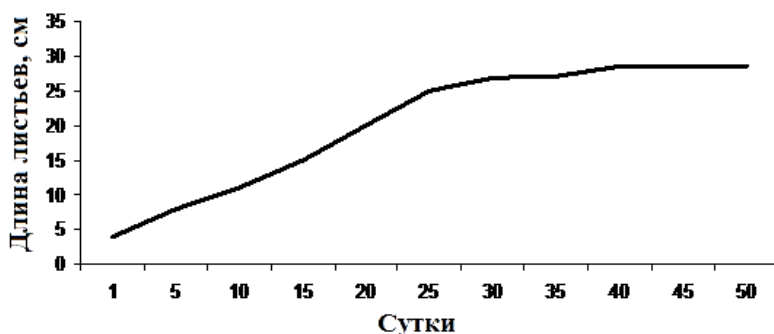


Рис. 2. Динамика роста листьев во время выгонки у сорта 'Actaea'

Сопоставляя продолжительность фенофаз в условиях выгонки и открытого грунта, выявлены различия между ними – в условиях открытого грунта период от начала отрастания до начала цветения короче на 5–12 суток в зависимости от особенностей метеорологических условий весны (табл. 1).

Таблица 1

Ритмы развития *Narcissus poeticus* в условиях открытого грунта и выгонки по средним датам

Условия	Год	Даты наступления фаз		Продолжительность отрастания до начала цветения, сутки
		Начало отрастания	Начало цветения	
Открытый грунт	2011	31.03.2011	05.05.2011	35
	2012	22.03.2012	19.04.2012	28
Защищенный грунт	2013	02.02.2013	13.03.2013	40

В условиях выгонки этот период длиннее, очевидно, в связи с более низкой освещенностью. Также, период выгонки зависит от температурного режима: к началу цветения нарциссов в открытом грунте среднесуточная температура в 2012 г. достигала 18°C, и в этот год отмечен наиболее короткий период отрастания побегов. В 2011 г. в условиях открытого грунта и в опыте продолжительность отрастания побегов до начала цветения отмечалась слабая, и составила 35–40 суток.

Важно, отметить, что при более низкой освещенности даже при условии искусственного досвечивания растений следует поддерживать не высокие температуры (не выше 16–17°C), что препятствует интенсивному иссушению субстрата. Неустойчивое увлажнение субстрата в период выгонки также является одной из причин абортирования бутонов.

Не обнаружено различий в зависимости от условий хранения луковиц нарциссов на успешность выгонки, во всех вариантах наблюдалось цветение нарциссов. Наиболее длинный период отрастания побегов до цветения отмечен в варианте с хранением луковиц в подвале, что связано с более поздним началом отрастания побегов по учетам высоты развившихся к началу выгонки листьев, при этом различия с другими вариантами по продолжительности выгонки не превышали 3–5 суток (рис. 3).

Условия хранения	Февраль			Март	
	I	II	III	I	II
Холодильник					
Подвал					
Прикоп					

Рис. 3. Феноспектры сорта 'Actaea' в условиях выгонки в вариантах с различными условиями хранения луковиц:

■ – отрастание побегов, ▨ – отрастание цветоносных побегов, ▩ – цветение

Во время цветения растений были проведены учеты количественных морфологических признаков (число листьев, длина и ширина листьев, высота цветоносов) у всех особей. Средние данные с учетом величины луковицы и числа вершин у растений нарциссов приведены в таблицах 2, 3.

Таблица 2

Морфологическая характеристика побегов нарциссов сорта 'Actaea'

Признак	Число вершин	Параметры листьев у растений с луковицами различной величины		
		Крупные Средняя	Средние Средняя	Мелкие Средняя
Среднее число листьев, шт. НСР ₀₅ =0.7	1	5.2 ± 0.2	3.3 ± 0.3	3.3 ± 0.1
	2	9.6 ± 0.2	8.1 ± 0.3	5.4 ± 0.1
	3	13.6 ± 0.3	11.4 ± 0.3	–
Средняя ширина листьев, мм. НСР ₀₅ =0.5	1	7.5 ± 0.1	6.7 ± 0.2	6.2 ± 0.3
	2	6.2 ± 0.2	6.8 ± 0.2	4.3 ± 0.2
	3	5.9 ± 0.1	6.3 ± 0.1	–
Средняя длина листьев, см. НСР ₀₅ =2.7	1–3	24.8 ± 0.7	26.5 ± 1.2	25.0 ± 0.9

Таблица 3

Изменчивость морфологических признаков побегов нарциссов сорта 'Actaea'

Признак	Величина луковиц	Средняя	V, %
Длина листьев, см	К	24.8 ± 0.7	15.8
	С	26.5 ± 1.2	23.9
	М	25.0 ± 0.9	19.1
Ширина листьев, см	К	6.5 ± 0.1	12.5
	С	6.6 ± 0.2	11.1
	М	5.2 ± 0.2	12.1
Число листьев, шт	К	9.5 ± 0.2	18.1
	С	7.6 ± 0.3	8.6
	М	4.3 ± 0.1	5.7
Высота цветоносных побегов, см	К	28.3 ± 0.8	12.7
	С	27.5 ± 0.9	13.3
	М	–	–

Примечание: К – крупные луковицы, С – средние, М – мелкие луковицы; V – коэффициент вариации.

Результаты исследований отражают закономерное увеличение числа листьев с увеличением числа вершин и величины луковиц. Не выявлено отличий по числу листьев у мелких и средних по величине луковиц. Выявлено слабое варьирование числа листьев у растений с мелкими и средними луковицами и среднее – с крупными. Обнаружена высокая прямая связь между шириной листьев и их числом, то есть чем шире лист, тем больше листьев у растений ($r = 0.9$).

Ширина листьев, зависящая от возраста растений, была минимальной у растений с 2-вершинными мелкими луковицами и возрастала у растений с более крупными луковицами и у растений с меньшим числом вершин. У растений с 1-вершинными крупными луковицами ширина листьев была максимальной. Отмечено среднее варьирование ширины листьев в пределах 11–12.5%. Выявлена средняя прямая связь между длиной листьев и шириной ($r = 0.5$), т. е. чем длиннее лист, тем он шире. Для оценки онтогенетического состояния растений можно использовать ширину листьев – чем шире лист, тем взрослее луковица.

Средняя длина листьев не зависела от величины и числа вершин луковиц и была довольно стабильной (25.0–26.5 см) в отличие от показателей числа и ширины листьев. Однако средняя длина листьев сильно варьировала в пределах одного растения – коэффициент вариации достигал 24%.

Заключение

Таким образом, в условиях выгонки при поддержании среднесуточной температуры воздуха в помещении около 16°C выгоночный период длится около 40 суток. Для гарантированного получения цветоносов ввиду небольшого числа крупных луковиц нарциссов, формирующихся в условиях г. Белгорода, для выгонки можно использовать одноверхушечные луковицы диаметром 2.0–3.6 см (III разбора и детки 1 категории).

По данным исследований установлено, что средняя длина листьев не зависела от величины луковиц и числа развивающихся побегов возобновления и размножения и была стабильной (25.0–26.5 см) в отличие от показателей числа и ширины листьев. Однако средняя длина листьев сильно варьировала в пределах одного растения – коэффициент вариации достигал 24%.

Список литературы

1. Тамберг Т.Г. Тюльпаны, лилии, нарциссы, гладиолусы. – Спб.: ООО Динамит; Агропром-издат, 2001. – 400 с.
2. Малова Н. Тюльпаны. – М.: Олма-пресс, 2001. – 96 с.
3. Былов В.Н. Методика и новая технология выгонки декоративных луковичных растений. – М.: Наука, 1973. – С. 86–106.



FEATURES OF FORCING TREATMENT OF DAFFODILS IN THE CONDITIONS OF THE CITY OF BELGOROD. A.S. KOROTKIKH, Y.E. VOLOBUEVA

A.S. Korotkikh, Y.E. Volobueva

Botanic garden of Belgorod state national research university, Pobedy St, 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: Vorobjeva_a@bsu.edu.ru

The article studies the possibility of using for forcing bulbs daffodils size less than 3,9 cm with a variety of storage options bulbs. Surveys of quantitative morphological traits in flowering plants are conducted. The duration of the forcing period of daffodils at 16°C is set.

Key words: forcing treatment, daffodils, bulb size, storage period, ground, temperature.

УДК 582.736.3:581.16(470.325)

ЭЛЕМЕНТЫ СЕМЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ У ОДНОЛЕТНИХ ВИДОВ ЛЮПИНОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДА БЕЛГОРОДА

**И.В. Князева¹,
О.А. Сорокопудова²**

¹ Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет, Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: knyazewa.inna@yandex.ru

² ГНУ ВСТИСП, Россия, 115589,
г. Москва, ул. Загорьевская, 4

В данной статье освещены результаты исследований семенной продуктивности видов *Lupinus albus*, *L. succulentus* в условиях г. Белгорода за 2012–2013 гг. При сравнении двух годов исследования 2012 год оказался более прохладным и влажным в отличие от 2013 г., который был теплее примерно в 1.5 раза и суше. Наиболее высокие показатели семенной продуктивности и всех ее отдельных элементов были выше у американского вида *L. succulentus* по сравнению с *L. albus* 'Дега' средиземноморского происхождения. Установлено, что у *L. succulentus* урожайность семян зависела от числа бобов, семян на главном и боковых побегах, у *L. albus* 'Дега' – зависела, главным образом, от их числа на главном побеге. У исследуемых видов максимально реализовывались бобы из цветков в первый год вегетации. Большую роль в формировании элементов семенной продуктивности сыграли метеорологические условия, особенно для средиземноморского вида *L. albus*.

Ключевые слова: *Lupinus albus*, *L. succulentus*, интродукция, семенное размножение.

Введение

Люпин (*Lupinus* L.) является одной из перспективных зернобобовых культур. Все однолетние виды обладают рядом ценных биологических свойств, в силу которых приобретают все большее значение в кормопроизводстве, растениеводстве, земледелии и цветоводстве. Это связано, прежде всего, с тем, что люпины кроме своего прямого назначения (как кормовые и декоративные растения), способствует биологической интенсификации земледелия, продукционных и средообразующих процессов. Высокий биологический и экономический потенциал люпина делает возможным его выращивание и использование во многих регионах РФ [1, 2].

По своему происхождению все виды люпина делят на две основные группы, имеющие самостоятельные ареалы: восточную, или средиземноморскую, и западную, или американскую [3]. Центрами происхождения культивируемых нами однолетних видов люпинов являются страны Средиземноморского побережья, (*L. albus* L.), западная часть Северной Америки, (*L. succulentus* Dougl.), поэтому по эколого-географическому происхождению данные люпины относятся к числу относительно теплолюбивых растений. Однако каждый вид имеет свои определенные особенности, которые связаны с почвенно-климатическими условиями их мест естественного обитания и происхождением [4].

Lupinus albus L. (люпин белый) на территории бывшего СССР возделывается в Закавказье, Северном Кавказе, степи Украины, Центрально-Черноземной зоне, Полесье Украины, Белоруссии, Прибалтике на плодородных, слабокислых или нейтральных почвах с хорошей влагообеспеченностью [5]; используется в основном как кормовая культура (зеленый корм, силос), семена – и в качестве высокобелковой добавки в рацион крупно рогатого скота, свиней, птиц, а также в пищевых технологиях [6].

Государственная комиссия по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур внесла в Государственный реестр селекционных достижений сорт 'Дега' с допуском к использованию по РФ в 2004 году. Согласно Госреестру *L. albus* 'Дега' имеет разновидность – *L. albus* var. *vulgaris* с крупными цветками светло-голубого оттенка с темно-синей лодочкой. Сорт 'Дега' технологичен, устойчив к растрескиванию бобов и осыпанию семян на корню, не боится перестоя, не израстает при избытке осадков, обладает генетически законченным ростом. Бобы формируются на главном побеге и укороченных боковых побегах первого-второго порядка. Растения имеет диплоидный набор хромосом, $2n = 50$ [7,8].

L. succulentus (люпин суккулентный или мясистый) широко распространен по всей территории штата Калифорния и прилегающего к нему штата Аризона США, а также в некоторых местах Северной Мексики, возделывается как декоративная культура [9]. В некоторых научных учреждениях и ботанических садах под названием *L. succulentus* значится вид *L. barkeri* Lindl. (люпин Баркера) [8]. Данный вид отличается большим полиморфизмом, включает большое



число разновидностей (*succulentus*, *brandegeei*, *layneae*). Числовой набор хромосом у большинства соматических клеток *L. succulentus* равен 48. Дынный вид является одним из самых скороспелых в роде *Lupinus* [8,9].

Многие авторы утверждают, что метеорологические условия оказывают сильное влияние не только на рост и развитие люпина, но и на урожайность семян [10–13]. Урожайность семян уменьшается в засушливые годы и, наоборот, в благоприятные годы заметно увеличивается. Метеорологические условия, а также потенциал сорта и вида влияют и на соотношение элементов продуктивности люпина. Чем больше местные условия соответствуют биологическим требованиям конкретной культуры, тем выше ее урожай [14,15]. Взаимодействие комплекса условий произрастания и растений реализуется в изменении параметров элементов их продуктивности [16]. Поэтому закономерности урожайности можно определить лишь при исследовании динамики основных элементов продуктивности.

Основными элементами структуры продуктивности семян люпина являются число растений на единицу площади и продуктивность одного растения. Однако эти показатели включают в себя ряд других элементов, от которых зависит урожайность, имеющих решающее значение в отдельные годы. К таким элементам относятся: число цветков на растении, число бобов, число семян в них, а также масса 1000 семян [11].

Данные по элементам продуктивности вида *L. albus*, входящего в состав средиземноморской группы, немногочисленны; по данным Т.Б. Чиримановой в условиях Новгородской области число бобов на одном растении варьирует от 10.9 до 12.2 шт. [17]. В условиях Белгородской области семена *L. albus* имеют длину в среднем 1.1 ± 0.01 см; ширину 0.89 ± 0.01 см, масса 1000 семян составляет 250–350 г. По данным ряда авторов в одном бобе формируется от 3 до 6 семян [4, 7, 18].

У американских видов на примере *L. ornatus* Dougl. (люпин изящный) у одного растения формируется в среднем 24.3–24.4 бобов, причем у отдельных растений данный параметр достигал до 40 штук. Вид *L. ornatus* представлен однолетними травянистыми растениями, произрастает в Северной Америке и возделывается там как декоративное растение; некоторые его формы имеют практическую ценность в качестве зеленого удобрения [17]. *L. succulentus* обладает определенными признаками, которые в целом характерны для американской группы видов, в частности многосемянностью (6–9 семян в одном бобе), мелкими семенами (0.40 ± 0.006 см в длину; 0.27 ± 0.004 см в ширину) коричнево-серого цвета с темным рисунком. Масса 1000 семян составляет 26–30 г [3, 18].

Несмотря на изученность многих аспектов урожайности *L. albus* сорта 'Дега', параметры элементов их семенной продуктивности и уровень потенциала продуктивности, как и у *L. succulentus*, в Белгородской области исследованы недостаточно полно. Цель данной работы – изучение семенной продуктивности у однолетних видов и сортов люпинов в условиях г. Белгорода.

Материал и методы исследования

Изучение семенной продуктивности у средиземноморских и американских видов, относящихся к роду *Lupinus*, проводилось в 2012–2013 гг. на интродукционном участке ботанического сада НИУ «БелГУ» (г. Белгород). Объектами изучения являлись однолетние виды и сорта люпинов: *L. succulentus* Douglas (американский вид), *L. albus* L. (средиземноморский вид) – сорт 'Дега'. Для расчета средних показателей элементов продуктивности в 2012–2013 гг. использовали выборку по 30 растений каждого вида и сорта. Коэффициент семенной продуктивности рассчитывали из среднего числа семян образовавшихся в 1 плоде, деленное на потенциальную семенную продуктивность, выраженную в %.

Оценка семенной продуктивности приведена с использованием методических указаний по семеноведению интродуцентов [19] в фенологические фазы цветения и плодообразования с учетом характерных для Белгородской области почвенно-климатических условий. Кроме основных элементов продуктивности (число цветков, бобов, семян, масса 1000 семян), учитываемых на главных и боковых побегах, исследовалась и длина соцветий.

Результаты и их обсуждение

По данным Г.В. Бадиной сумма положительных температур от посева до созревания в зависимости от вида и сорта должна составлять не менее 1900–2600°C [22]. Нами установлено, что в условиях Белгородской области изученные виды и сорта однолетних представителей рода *Lupinus* L. проходят полный цикл развития и относятся к весенне-летнезеленым растениям. В тесной зависимости от погодных условий происходит рост и развитие люпинов, что в значительной степени определяет величину их биологической продуктивности.

Известно, что наиболее оптимальные условия, обеспечивающие высокий урожай семян средиземноморского вида *L. albus*, складываются при среднесуточной температуре воздуха 15–16°C и 200–250 мм осадков за период «всходы-спелость». Любые отклонения от оптимальных величин приводят к сокращению урожая [20]. У американского вида *L. succulentus* оптимальная среднесуточная температура воздуха колеблется в более широком диапазоне – 12–21°C [9]. У всех видов люпина различия во влажности почвы сказываются сильнее на продуктивности семян, чем на приросте зеленой массы. Повышение влажности почвы во время бутонизации и цветения растений оказывает положительное влияние на урожай семян и зеленой массы [20, 21].

В годы исследования растения *L. albus* 'Дега' и *L. succulentus* отличались основными элементами семенной продуктивности (табл. 1). Среди этих элементов, определяющих продуктивность, число бобов на растении оказался наиболее варибельным признаком. При достаточном увлажнении и количестве дней с суммой температур выше 5°C процесс цветения и образования плодов у люпинов может длиться очень долго, почти до уборки. Однако семена формируются не во всех бобах и плоды – не из всех цветков. Ранее отмечалось, что потенциальная способность люпинов формировать бутоны, цветки и бобы достаточна высока, но ее реализация во многом зависит от внутренних и особенно внешних факторов. Поэтому число плодов на одном растении варьирует в довольно широких пределах [23, 24].

По результатам наших исследований в годы изучения у американского вида *L. succulentus* показатели всех элементов семенной продуктивности были выше, особенно в первый год исследования, чем у *L. albus* 'Дега'; при этом разница по числу цветков на главном побеге составляла 11.1 шт., на боковых побегах – 8.8 шт., по числу бобов на главных побегах – 7.2 шт., боковых побегах – 4.8 шт., по длине кисти главных побегов – 4.9 см, боковых – 2.4 см.

Таблица 1

Элементы семенной продуктивности у однолетних видов люпинов в Белгородской области (средние данные, 2012–2103 гг.)

Вид, сорт	Год	Длина кисти, см		Число цветков		Число бобов	
		ГП ¹	БП ²	ГП	БП	ГП	БП
<i>L. albus</i> 'Дега'	2012	8.67±0.2	5.37±0.1	13.40±0.5	6.79±0.1	7.17±0.2	3.10±0.1
	2013	6.37±0.1	4.73±0.1	10.80±0.1	6.33±0.4	5.30±0.1	2.33±0.1
<i>L. succulentus</i>	2012	13.57±0.4	7.73±0.2	24.52±0.6	15.60±0.5	14.43±0.4	7.93±0.2
	2013	11.30±0.3	6.30±0.4	21.63±0.7	10.70±0.9	11.78±0.4	5.45±0.4

Примечание: ¹ГП – главный побег, ²БП – боковой побег.

Общее среднее число бобов, развившихся из цветков, варьировало в разные годы культивирования. У *L. succulentus* в 2012 г. плоды сформировались в среднем у 59.9% цветков, развившихся на главных побегах, и у 50.1% цветков, развившихся на боковых побегах; в 2013 г. – у 54.5% цветков, развившихся на главных побегах, и у 47.9% цветков, развившихся на боковых побегах. У *L. albus* 'Дега' аналогичные показатели в 2012 г. на главных побегах составили 53.5%, на боковых – 45.6%; в 2013 г. на главных побегах – 49.1%, на боковых – 36.8%.

Метеорологические условия оказывали существенное влияние на формирование цветков и плодов люпинов; условия 2013 года были менее благоприятными для формирования семян, особенно у *L. albus* 'Дега', поскольку данный год отличались более сухим вегетационным периодом (табл. 2). Так, различия по длине кисти (ГП) у сорта 'Дега' *L. albus* средиземноморского происхождения между сравниваемыми годами составили 2.3 см ($t=10.3$; $p < 0.001$), по числу цветков 2.6 см ($t=5.1$; $p < 0.001$), а также по числу бобов 1.87 ($t=8.4$; $p < 0.001$). У американского вида *L. succulentus* при сравнении элементов продуктивности по изученным годам наблюдается похожая картина, различия по длине кисти составили 2.3 см ($t=4.5$; $p < 0.001$), по числу бобов 2.7 см ($t=4.7$; $p < 0.001$), по числу цветков 2.9 см ($t=3.1$; $p < 0.001$). Все показатели элементов семенной продуктивности у изученных люпинов в 2012 году были выше по сравнению с 2013 годом. В засушливый вегетационный период 2013 года уменьшалось как число цветков, так и число бобов по сравнению с более теплым и влажным 2012 годом. Таким образом, наши исследования подтверждают данные, что с повышением температуры воздуха и уменьшением количества осадков число формирующихся элементов семенной продуктивности снижается.



Таблица 2

**Метеорологические условия вегетационного периода в годы исследований
(Белгород, п. Гонки)**

Месяц	Среднемесячная температура воздуха, °С			Осадки, мм		
	2012 г.	2013 г.	Среднемого- летняя	2012 г.	2013 г.	Среднемого- летние
Апрель	12.8	25.0	7.5	22.2	4.6	41.0
Май	18.6	22.1	14.6	41.1	27.0	47.0
Июнь	20.0	23.0	17.9	31.4	67.0	63.0
Июль	23.0	22.3	19.9	50.7	59.5	69.0
Август	20.4	21.4	18.7	99.3	19.0	56.0
Сумма	2885.6	3458.4	2392.5	244.7	177.1	286.9

Повышение среднемесячной температуры воздуха в вегетационном периоде с апреля по август 2013 г. по сравнению со среднемоголетней температурой и недостаток влаги, особенно в период формирования плодов, способствовали снижению завязываемости бобов на главных и боковых побегах у средиземноморского вида *L. albus* 'Дега' на 8.8%, у вида *L. succulentus* американского происхождения – на 5.4% по сравнению с 2012 годом.

Выявлена прямая связь между числом бутонов в соцветии, способных к зацветанию, и длиной соцветий – чем больше на кистях развивается цветков, тем они длиннее; при этом сильная связь характерна для боковых соцветий $r=0.91$, для соцветий главных побегов эта связь гораздо слабее ($r=0.30$). В зависимости от года исследований цветки на главных осях побегов располагаются не одинаково, разреженно или более плотно, в результате чего на длинных кистях может образовываться мало цветков, а на укороченных соцветиях, напротив, больше. Установлены средние и сильные прямые связи между числом развившихся цветков и числом сформировавшихся бобов: у американского вида *L. succulentus* на главных и боковых побегах между этой парой признаков $r = 0.53$ и $r = 0.76$ соответственно, у *L. albus* 'Дега' – $r = 0.74$ на главных побегах. На боковых побегах – $r = 0.23$, слабая зависимость, из-за небольшого числа цветков на боковых побегах. Также установлена прямая средняя связь между числом цветков и длиной соцветий ($r = 0.42$) на главных побегах.

Важными элементами семенной продуктивности являются число бобов и семян на 1 растении, среднее число семян в одном плоде. Число бобов, сформировавшихся на одном растении вида *L. succulentus* с учетом всех развившихся боковых побегов, значительно отличалось от их числа у *L. albus* 'Дега'. Наибольшее количество бобов у всех изученных представителей, как и других элементов продуктивности, сформировалось в 2012 году. Общее число бобов на 1 растении у *L. succulentus* было более чем в 2 раза больше, чем у *L. albus* 'Дега': за два года исследований среднее число бобов на одном растении у *L. albus* 'Дега' составило 13.4 шт., у *L. succulentus* – 33.2 шт. (табл. 3).

Таблица 3

Семенная продуктивность у однолетних видов люпинов в условиях города Белгорода

Вид, сорт	Год	Среднее число бобов на 1 растении, шт	Среднее число семян в 1 плоде, шт	Среднее число семян на 1 растении, шт	Потенциальная семенная продуктивность, шт	КСП ¹ , %
<i>L. albus</i> 'Дега'	2012	16.47	4.10±0.11	67.53	4.85±0.09	84.5
	2013	10.56	3.30±0.09	34.85	4.33±0.13	76.2
<i>L. succulentus</i>	2012	38.22	7.96±0.08	304.23	8.54±0.09	93.2
	2013	28.12	6.53±0.09	183.62	8.73±0.17	74.8

Примечание: КСП – коэффициент семенной продуктивности.

Другой элемент продуктивности – число семян в бобе – оказался наименее варьирующим признаком. Это связано с тем, что все завязи содержат почти одинаковое число семязачатков. У средиземноморского вида *L. albus* 'Дега' среднее число семян в бобе за два года исследований составляло 3.7 ± 0.1 шт. при коэффициенте семенной продуктивности: 80.4%. У *L. succulentus* американского происхождения среднее число семян в бобе было выше почти в 2 раза: 7.2 ± 0.1 шт. при коэффициенте семенной продуктивности 84.0%. В итоге семенная продуктивность 1 растения у *L. succulentus* была выше, чем у *L. albus* 'Дега' в 1.9 раз.

Значительно меньшая урожайность семян у люпинов в 2013 году обусловлена относительно малым количеством цветков и бобов на растениях, сформировавшихся в условиях более высоких температур в фазы бутонизации и цветения, которые проходили в более сжатые сро-

ки. Низкая влагообеспеченность в фазу плодообразования приводила к абортированию до 50% цветков и плодов у всех изученных люпинов и способствовала раннему растрескиванию плодов на растениях *L. succulentus*.

Слабо варьировал и такой показатель, как число генеративных побегов на 1 растении. Наибольшее их число развивалось у американского вида *L. succulentus* – в среднем за два года исследования 4.6 ± 0.21 шт., у сорта 'Дега' *L. albus* средиземноморского происхождения число побегов было значительно меньше и варьировало от 2.3 ± 0.45 шт. в 2013 г. до 3.1 ± 0.06 шт. в 2012 г. У *L. succulentus* урожайность семян зависела от числа бобов, семян на главном и боковых побегах, у *L. albus* 'Дега' – главным образом от их числа на главном побеге.

Масса 1000 семян – важнейший элемент структуры урожая семян на последних этапах роста и развития люпина, когда урожай зависит от крупности и выполненности семян. Достаточная обеспеченность влагой в первой половине генеративного развития способствует увеличению массы, а в период созревания более благоприятна сухая погода. В соответствии с Международным классификатором рода *Lupinus* по массе семена люпинов подразделяется на 5 групп: очень мелкие (<21 г), мелкие (21–80 г), средние (81–250 г), крупные (251–450 г) и очень крупные – свыше 450 г [25]. По результатам наших исследований семена сорта 'Дега' были крупными, масса 1000 семян варьировала от 273.5 до 288.7 г. У вида *L. succulentus* семена мелкие, масса 1000 шт. составляла 23.0–24.2 г, что ниже по сравнению с литературными данными. Крупнее семена формировались в 2012 г., более благоприятном по режиму влагообеспеченности в течение вегетации, однако в целом у изученных люпинов в оба года исследований формировались выполненные семена.

Выводы

В результате анализа элементов семенной продуктивности установлено, что все показатели у *L. albus* 'Дега' и *L. succulentus* были выше в 2012 г., отличающимся от 2013 г. более близкими к среднегодовым данным метеоусловиями, отсутствием засухи весной.

В условиях города Белгорода наиболее высокие показатели семенной продуктивности и всех ее отдельных элементов выше у американского вида *L. succulentus* по сравнению с сортом 'Дега' – внутривидового гибрида средиземноморского вида *L. albus*, за исключением величины семян: средняя масса 1000 семян у *L. succulentus* меньше, чем у *L. albus* 'Дега' в 11,9 раз, что обусловлено эколого-географическим и генетическим происхождением этих люпинов. Однако среднее число семян, формирующееся на 1 растении у *L. succulentus*, превышала этот показатель у *L. albus* 'Дега' в 4,2 раза. У *L. succulentus* урожайность семян зависела от числа бобов, семян на главном и боковых побегах, у *L. albus* 'Дега' – главным образом от их числа на главном побеге. В целом основные элементы семенной продуктивности у однолетних видов существенно различаются по годам. У сорта 'Дега' *L. albus* средиземноморского происхождения, а также у американского вида *L. succulentus* наибольшие различия по средним значениям характерны для параметра числа цветков на главном побеге, соответственно 2.6 шт ($t=5.1$) и 2.9 шт ($t=3.1$).

Установлены прямые сильные связи между числом цветков и длиной соцветий, числом цветков и числом бобов (у *L. succulentus* $r=0.91$ и $r=0.76$, у *L. albus* 'Дега' – $r=0.42$ и $r=0.74$ соответственно). В целом условия города Белгорода и районов Белгородской области со сходными почвенно-климатическими характеристиками благоприятны для культивирования изученных люпинов – коэффициент семенной продуктивности в засушливый год достигал 75%, в более благоприятных условиях – более 80–90%.

Список литературы

1. Понаморенко Ю.А. Корма, кормовые добавки, биологически активные вещества для сельскохозяйственной птицы – М.: 2009. – 656 с.
2. Лихачёв Б.С., Саввичева И.К., Агеева П.А., Лукашевич М.Л., Бернацкая М.Л. Селекция люпина: направления, результаты, перспективы // Состояние и перспективы выращивания люпина в Северо-Западной зоне Российской Федерации. – Великие Луки, 1996. – С. 28–36.
3. Курлович Б.С., Репьева С.И. Генофонд и селекция зерновых бобовых культур – СПб., 1995. – 324 с.
4. Курлович, Б.С. Эколого - географическая классификация люпина и ее использование в селекции. Методические указания. – ВИР. – Л., 1991. – 189 с.
5. Гортлевский А.А., Макеев В.А. Высокобелковые культуры (соя, горох, люпин, рапс). – М.: Знание, 1984. – 64 с.
6. Репьев С.И., Бухтеева А.В. Бобовые культуры и их роль в производстве белка. Л.: Знание, 1985. – 32 с.
7. Сорта растений, включенные в Государственный реестр селекционных достижений. – 2014. – Режим доступа: <http://www.gossort.com>.



8. Атабекова А.И. Географические группы люпина // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1962. – №8. – С. 120–122.
9. Harding J, Mankinen CB. Genetics of *Lupinus*: Evidence for genetic differentiation and colonization in *Lupinus succulentus* (Fabaceae). – 1972. – С. 222–235.
10. Артюхов АЛ, Шкабуиов С.М. Подготовка люпина к уборке на семена // Кормопроизводство – 1998. – №7 – С. 24.
11. Вишнякова М.А. Стратегия семенного размножения однолетних и многолетних бобовых растений // Сб. науч. тр. Бобовые культуры в современном сельском хозяйстве. – Новгород, 1998. – С. 144–145.
12. Жуковский П.М. Мировые сортовые ресурсы люпина // Проблема безалкалоидного люпина: Тр. по прикладной ботанике, генетике и селекции. Приложение 54. – Л., 1932. – С.52–62.
13. Задорин А.Д. Зернобобовые культуры в кормопроизводстве и полеводстве // Кормопроизводство. – 2001. – №7 – С. 9–11.
14. Каюмов М.К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. – М.: Агропромиздат, 1989. – 320 с.
15. Лихачев Б.С., Кирдашин Б.М., Павровский С.В. Результаты испытания селекционного материала люпина в южных районах Северо-Западного региона России // Сб. науч. тр. Бобовые культуры в современном сельском хозяйстве. – Новгород, 1998. – С. 170–173.
16. Совершенствование селекции и технологии возделывания зерновых, бобовых и крупяных культур // Сб. науч. тр. – Орел: ВНИИЗБК, 1992. – 244 с.
17. Чириманова Т.Б. Влияние способа посева на продуктивность видов и сортов люпина в условиях Новгородской области: Автореф. дис. к.с.х. наук. – Великий Новгород, 2006. – 28 с.
18. Князева И.В., Сорокопудова О.А. Особенности морфологии и элементного состава семян некоторых видов рода *Lupinus* L. // Вестник «БелГУ». – 2013. – №24 (167), выпуск 25. – С. 51–56.
19. Методические указания по семеноведению интродуцентов. – М.: Наука, 1980. – 64 с.
20. Дюбин В.Н. Агроклиматическое обоснование возделывания различных видов люпина на семена // Бюлл. ВИР. – Л., 1978. – Вып. 76. – С. 55.
21. Панников В.Д., Минеев В.Г. Почва, климат, удобрение и урожай. – М.: Колос, 1977. – 416 с.
22. Бадина Г.В. Возделывание бобовых культур и погода. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 128 с.
23. Новые устойчивые сорта (крупяные, бобовые, кормовые культуры) // Защита и карантин растений. – 2003. – №2. – С. 41–44.
24. Van Driesshe. Structure and function of leguminosae // Lectins И Adr. Iction. Res. – 1988. – Vol. 1. Pp. 73–134.
25. Степанова С.И. Международный классификатор СЭВ рода *Lupinus* L. – Л., ВИР, 1985. – 45 с.

ELEMENTS OF SEED PRODUCTION IN ANNUAL SPECIES OF LUPINE IN THE CONDITIONS OF THE BELGOROD CITY

I.V. Knyazeva¹,
O.A. Sorokopudova²

¹ Belgorod National Research University,
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia,
E-mail: knyazeva.inna@yandex.ru

² All-Russia Selection-Technological
Institute of Horticulture and Nursery,
Zagorevskaya St., 4, Moscow, 115598,
Russia

This article presents the results of research seed production of species *Lupinus albus*, *L. succulentus* in terms of Belgorod for the 2012-2013 years. When comparing the two years of study in 2012 was more cool and humid in contrast to 2013, which was warmer than about 1.5 times and the dry. The highest rates of seed production, and all of its elements were higher in the American species *L. succulentus* compared with *L. albus* 'Degas' Mediterranean origin. Found that *L. succulentus* seed yield depended on the number of bean seeds on the main and side shoots from *L. albus* 'Degas' - depended mainly on their number on the main shoot. At the most studied species implemented beans from the flowers in the first year of vegetation. A major role in the formation of the elements of seed production played meteorological conditions, especially for Mediterranean species *L. albus*.

Keywords: *Lupinus albus*, *L. succulentus*, introduction, seed reproduction.

ВЛИЯНИЕ ПРЕПОСЕВНОЙ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН БАКТЕРИАЛЬНЫМИ ПРЕПАРАТАМИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ НУТА (*CICER ARIETINUM* L.)

**Е.В. Попова¹, В.П. Нецветаев¹,
В.Г. Правдин²**

¹ ГНУ Белгородский НИИСХ РАСХН,
Россия, 308001, г. Белгород,
ул. Октябрьская, 58

² ООО «НТЦ БИО», Россия, 309292,
Белгородская обл., г. Шебекино,
ул. Докучаева, 2

E-mail: netsvetaev@bsu.edu.ru;
ntebio@mail.ru

Исследовалась реакция сортов нута Приво 1 и Краснокутский 36 на обработку семян Ризоторфином и «Нитрагином Н» с нутowymi штаммами клубеньковых бактерий. В условиях 2013 года, который характеризовался повышенными температурами в течение всего вегетационного периода и низким количеством осадков в первую половину вегетации по сравнению со среднемноголетними данными для Белгородской области, сорт Краснокутский 36 – не отреагировал на бактериальные удобрения, сорт Приво 1 – положительно отреагировал на обработку семян в обоих вариантах (Ризоторфин, «Нитрагином Н»), значительно превысив стандарт по урожайности бобов, соответственно, на 17 и 12%. Рост урожайности при инокуляции был обусловлен увеличением массы боба.

Ключевые слова: нут, бактериальные удобрения, сорта, урожайность.

Введение

Во всем мире остро стоит проблема увеличения производства белка. Центральное место в этой проблеме по праву должно быть отведено зернобобовым культурам как наиболее высокобелковым из всех возделываемых сельскохозяйственных культур.

Так, Белгородская область является лидирующим производителем мяса птицы и свинины. Для удовлетворения потребности населения нашей области и страны в целом в продуктах животноводства, и прежде всего в мясе, необходимо увеличить производство кормов богатых белком, высевая бобовые культуры. В Белгородской области в последние годы наблюдается тенденция увеличения посевных площадей, занятых соей – от 56.5 тыс. га в 2011 г. до 92.9 тыс. га в 2012 г., площадь, занимаемая горохом, в среднем за последние годы составляла 55 тыс. га [1].

Возделывание разных по биологии зернобобовых культур позволит повысить устойчивость производства их в разные по увлажнению годы за счет биоклиматической взаимокompенсации и послужит более полному удовлетворению потребностей населения в разнообразных продуктах питания. Поэтому внедрение в севооборот новых зернобобовых культур, пригодных для возделывания в нашей климатической зоне является перспективным направлением.

Одной из таких культур является нут, перспективность его использования в качестве кормовой и продовольственной культуры обуславливается не столько количеством белка, содержащегося в его семенах, сколько его полноценностью. В сухих семенах нута содержатся витамины: РР₁, А, В₁, В₂, В₆; микроэлементы – кобальт, медь, железо, а также лецитин и аскорбиновая кислота [2]. В 100 кг семян нута содержится 122 кг кормовых единиц и 18.6 кг переваримого протеина, и добавление в рацион животных бобов нута значительно повышает переваримость других кормов, богатых углеводами [3].

Он очень засухоустойчив, не поражается брuxусом, нетребователен к почвам (устойчив к песчаным, смытым глинистым, даже засоленным почвам), пригоден для прямого комбайнирования (не полегает и не растрескивается) [4].

Кроме того, на 1 га посева растениями нута в результате совместной деятельности растений и бактерий усваивается от 100 до 480 кг атмосферного азота за вегетацию [5, 6].

Инокуляция семян нута клубеньковыми бактериями повышает урожай за счет дополнительного фиксированного азота воздуха. Фиксация азота воздуха нутом осуществляется при наличии на корневой системе растений клубеньков, внутри которых развиваются клубеньковые бактерии *Rhizobium cicer* [2, 5].

Для эффективной симбиотической фиксации азота бобовыми растениями необходимо, чтобы штамм клубеньковых бактерий, заражающих данную культуру, принадлежал к соответствующей группе и был вирулентен и активен по отношению к данному виду, а в некоторых случаях и сорту бобового растения [7].



В связи с этим, целью наших исследований было изучение влияния предпосевной обработки семян нута бактериальными препаратами на рост, формирование элементов продуктивности и урожайность.

Условия, материал и методы

Исследование проводили в 2013 г. на опытных полях ГНУ Белгородский НИИСХ Россельхозакадемии, расположенных в западном агроклиматическом районе Белгородской области.

Почва опытного участка представлена черноземом типичным среднemosным малогумусным, тяжелосуглинистым, содержащем в пахотном слое 5.4% гумуса, 75 мг/кг подвижного фосфора и 120 мг/кг подвижного калия по Чирикову, $pH_{\text{сол}} - 5.6$.

В исследовании использовали сорта нута Волгоградской и Саратовской селекции: Приво 1 и Краснокутский 36, соответственно, которые в севообороте размещали после черного пара. Весной проводили боронование. Инокуляция велась в день посева путем смачивания растворами семян нута в концентрациях и дозах, рекомендованных производителями препаратов. Посев был выполнен 18 апреля 2013 года. После посева провели опрыскивание опытов почвенным гербицидом клоцет (д.в. ацетохлор+кломазон) в дозе 1.5 кг/га. Для создания экрана от сорняков внесение гербицида провели без заделки в почву. В качестве инокулянтов были использованы ризоторфин и «Нитрагин Н» с нутowymi штаммами клубеньковых бактерий. Для контроля брали семена без обработки. Повторность в опыте четырехкратная, площадь учетной деланки 10 м²; норма высева семян 0.7 млн. семян на 1 га. Способ посева обычный рядовой. Анализ структуры урожая выполняли по пробным снопам, отобраным с площади 0.25 м² с каждой деланки.

Математическую обработку данных выполняли по Б.А. Доспехову [8] с использованием компьютерных программ StatNov и Nirsmain.

Схема опыта.

1. Контроль (без обработки семян)
2. Инокуляция ризоторфином 0.3 кг/га норму семян.
3. Инокуляция «Нитрагин Н» 1 л – на гектарную норму высева семян, содержащий 80 г «Нитрагин Н» и 100 мл ОМК.

Результаты и их обсуждение

Высота растений нута, характерная для сорта Краснокутский 36, должна варьироваться от 45 до 55 см [7]. Однако в условиях исследований она была большей. Вероятно, повышенные температуры в течение всей вегетации 2013 года способствовали интенсивному росту: в фазе созревания высота растений в зависимости от вариантов составляла от 62.7 до 65.8 см (табл. 1). В то же время, внесение почвенного гербицида при долговременном отсутствии осадков и повышенных температурах оказалось не эффективным.

Таблица 1

Высота растений нута и высота прикрепления нижнего боба в зависимости от обработки семян бактериальными удобрениями, см (п. Гонки, 2013 г.)

Вариант	Фенологическая фаза					Высота прикрепления нижнего боба, см
	бутонизация	цветение	плодообразование	налив семян	созревание	
Приво 1 Контроль	36.2	53.8	58.9	61.8	63.5	27.70
Приво 1 Нитрагин	40.3	55.5	61.5	63.0	65.2	27.84
Приво 1 Ризоторфин	40.4	56.1	62.4	64.8	67.0	27.09
НСР _{0.95}	1.4	2.9	1.6	1.4	1.9	9.57
Красн. 36 Контроль	29.6	51.3	58.1	60.2	62.7	31.68
Красн. 36 Нитрагин	30.4	50.6	58.0	61.4	63.4	29.93
Красн. 36 Ризоторфин	29.8	54.9	60.9	62.8	65.8	31.98
НСР _{0.95}	3.4	5.0	5.5	4.1	3.2	7.52

Для сорта Приво 1 высота растений в зависимости от варианта варьировала от 63.5 до 67.0 см, что соответствовало значению показателя для данного сорта (от 46 до 70 см) [7].

По фазам развития высота существенно увеличивалась при образовании генеративных органов, максимального значения достигая в фазе созревания семян (см. табл. 1).

Применение бактериальной обработки семян существенно повлияло на высоту растений нута сорта Приво 1. Так, к фазе созревания сорт Приво 1 при применении ризоторфина превысил контроль на 3.5 см. Различия по высоте между вариантами с применением нитрогена и ризоторфина находились в пределах ошибки опыта. В целом, действие обоих препаратов было однотипным.

Краснокутский 36 слабо отреагировал на обработку семян бактериальными удобрениями. Различия по высоте на всех фазах развития находилось в пределах ошибки опыта (см. табл. 1).

Высота прикрепления нижнего боба по вариантам колебалась незначительно, и зависела больше от сортовых особенностей, нежели от обработки семян. Так, в среднем по всем вариантам опыта высота прикрепления нижнего боба у сортов Приво 1 и Краснокутский 36 составляла, соответственно, 27.54 и 31.20 см ($НСР_{0.95} = 3.55$), т. е. различия существенны.

Продуктивность растений нута состоит из элементов структуры урожая, которые изменяются в зависимости от сложившихся погодных условий. Бактериальные препараты также по своему повлияли на формирование элементов структуры урожая (табл. 2).

Таблица 2

Элементы структуры урожайности нута в зависимости от обработки семян бактериальными удобрениями (п. Гонки, 2013 г.)

Варианты	Число растений перед уборкой, шт./м ²	Количество бобов на 1 растении, шт.	Количество семян в 1 бобе, шт.	Масса семян с 1 растения, г	Масса 1000 семян, г
Приво 1 (контроль)	34.2	49.70	1.24	12.15	241.53
Приво 1 (Нитрагин)	32.5	49.67	1.30	14.29	257.68
Приво 1 (Ризоторфин)	47.8	34.73	1.26	9.86	260.47
НСР _{0.95}	15.1	27.12	0.17	7.11	12.69
Краснокутский 36 (контроль)	37.7	36.83	1.21	7.86	235.90
Краснокутский 36 (Нитрагин)	26.4	46.53	1.16	9.96	247.95
Краснокутский 36 (Ризоторфин)	30.6	44.39	1.98	10.17	246.31
НСР _{0.95}	20.6	22.64	0.50	3.68	56.07

Применение ризоторфина и нитрогена привело к значительной прибавке массы 1000 семян у сорта Приво 1, что явилось ведущим фактором, определившим продуктивность растений. Так, масса 1000 семян сорта Приво 1, инокулированных ризоторфином составила 260.47 г, что превзошло контроль на 18.94 г, при использовании нитрагина превышение данного показателя над контролем составило 16.15 г.

На сорте Краснокутский 36 применение обоих препаратов показало тенденцию к превышению данного показателя над контролем, которое не выходило за пределы ошибки опыта.

Таким образом, два сорта по-разному отреагировали на инокуляцию семян бактериальными удобрениями. На сорте Приво 1 обработка семян ризоторфином привела к увеличению массы 1000 семян, по другим элементам структуры урожайности различия были не существенны. Сорт Краснокутский 36 не значительно отреагировал на обработку бактериальными препаратами.

Корреляционный анализ показал сильную положительную связь между урожайностью нута и массой 1000 семян ($r = 0.8386 \pm 0.2723^{**}$). В результате, предпосевная инокуляция семян ризоторфином и нитрагином положительно сказалась на увеличении урожайности сорта Приво 1 (табл. 3.).

Таблица 3

Урожайность нута в зависимости от обработки семян бактериальными удобрениями, ц/га (п. Гонки, 2013 г.)

Вариант	Урожайность	± к контролю
1	2	3
Приво 1 (Контроль)	22.50	-
Приво 1 (Нитрагин)	25.24	+2.74
Приво 1 (Ризоторфин)	26.34	+3.84
НСР _{0.95}	2.63	X
Краснокутский 36 (Контроль)	20.05	-



Окончание табл. 3

1	2	3
Краснокутский 36 (Нитрагин)	20.48	+0.43
Краснокутский 36 (Ризоторфин)	20.15	+0.10
НСР _{0.95}	4.58	X

Примечание: по сорту Приво 1 доля влияния варианта – 53.2%, среды – 23.2 %, случайные отклонения – 23.6%; по сорту Краснокутский 36 доля влияния варианта – 0.7%, среды – 28.9%, случайные отклонения – 70.4%.

Так, урожайность зерна на контроле составила 22.5 ц/га, при обработке семян перед посевом ризоторфином 26.34 ц/га, нитрагином – 25.24 ц/га, т. е. в обоих случаях было достоверное превышение показателя урожайности над контролем.

Обработка семян нута сорта Краснокутский 36 дала прибавку урожая при обработке бактериальными удобрениями по сравнению с контролем в пределах ошибки опыта, т. е. была малоэффективной.

В целом, сортовые различия показали доминирующее влияние на урожайность. Доля влияния сорта составила 79.1%, бактериальных удобрений 11.5%, случайные ошибки 9.4%. Характерно, что сорт Приво 1 по сравнению с Краснокутским 36 более эффективно отреагировал на обработку клубеньковыми бактериями (см. табл. 3).

Оценка симбиотического аппарата данных сортов показала слабое развитие клубеньков на всех вариантах опыта. В то же время, предпосевная инокуляция семян нута ризоторфином, как в опытах Волгоградской, так и Орловской областях [9, 10], способствовала образованию активных клубеньков на обоих сортах. Здесь большее их количество было в фазе плодообразования на сорте Приво 1–1.52 млн. шт./га с массой 119 кг/га. Вероятно, такая ситуация с реакцией на обработку семян бактериями в 2013 году связана со сложившимися погодными условиями года. Так, в апреле выпало около 12% осадков от нормы, а в мае около половины среднемесячной нормы. В июне осадков выпало близко к среднемноголетним данным для данной зоны. В то же время среднемесячные температуры в эти месяцы превышали среднемноголетние величины, соответственно, на 4, 7.5 и 5°C, что обостряло дефицит влаги в почве. Следовательно, недостаток влаги в первый период вегетации, по-видимому, явился основной причиной значительного снижения эффективности почвенного гербицида и бактериальных удобрений.

Итак, данные исследования показали, что дефицит влаги в начальный период вегетации приводит к снижению эффективности бактериальных удобрений на культуре нута. В сложившихся погодных условиях 2013 года лучшими урожайными свойствами, отзывчивостью на инокуляцию семян клубеньковыми бактериями обладал сорт нута Приво 1 по сравнению с сортом Краснокутский 36. Ведущим фактором роста урожайности сорта Приво 1 при инокуляции явилось увеличение массы боба, при этом наблюдалось увеличение высоты растений. На всех вариантах в 2013 году сорт Приво 1 по урожайности превышал Краснокутский 36.

Список литературы

1. <http://belg.gks.ru>
2. Федотов В. А. Растениеводство: учебное пособие. – Воронеж, 1993. – 140 с.
3. Мартынова А. И. Зернобобовые: распространение, закупки, химический состав и ценность // Зерновые культуры. – 2001. – №1. – С. 24–25.
4. Зерно – ключевая проблема / Под ред. Г.В. Коренева. – Воронеж: Центр.-Чернозем. кн. изд-во, 1986. – 208 с.
5. Зерновые бобовые культуры / Под ред. Е.Н. Осиповой. – М.: Сельхозгиз, 1960. – 480 с.
6. Посыпанов Г.С. Методические аспекты изучения симбиотического аппарата бобовых культур в полевых условиях // Известия ТСХА. – 1983. – №5. – С. 17–26.
7. Столяров О.В., Федотов В.А., Демченко Н.И. Нут (*Cicer arietinum* L.). – Воронеж: изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2004. – 256 с.
8. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 351 с.
9. Балашов В.В., Демченко М.М., Кудинов В.В. Влияние предпосевной инокуляции ризоторфином на развитие симбиотического аппарата и урожайность зерна нута // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2013. – Т. 1; №1-1. – С. 20–23.
10. Лобков В.Т., Донская М.В., Васильчиков А.Г. Повышение эффективности симбиотических систем нута (*Cicer arietinum* L.) // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 30; №3. – С. 39–42.

INFLUENCE OF PRESOWING SEED INOCULATION LEGUME BACTERIA ON THE PRODUCTIVITY OF CHICK-PEA VARIETIES (*CICER ARIETINUM*L.)

**E.V. Popova¹, V.P. Netsvetaev¹,
V.G. Pravdin²**

¹ *Belgorod State Research Institute of
Agricultural, Oktyabr'skaya St, 58,
Belgorod, 308001, Russia*

² *«Sc.Tech.Centr BIO», Dokuchayeva St,
2, Shebekino, Belgorod Region, 309292,
Russia*

*E-mail: netsvetaev@bsu.edu.ru;
ntcbio@mail.ru*

The reaction of chick-pea Privo 1 and Krasnokutsky 36 varieties was investigated to treatment of seed under Rhizotorfin and "Nitrogin N" with the strains of rhizobiums. In the conditions of 2013, that was characterized by elevated temperatures during all vegetation period and a low amount of precipitation in the first half of vegetation as compared to long-term by data for the Belgorod area, the Krasnokutsky 36 variety did not react to bacterial fertilizers. The Privo 1 variety positively reacted to treatment of seed in both variants (Rhizotorfin and "Nitrogin N") considerably exceeding the standard of the productivity of beans, respectively, by 17 and 12%. Yield growth when inoculated was due to increased bean weight. In all variants the variety Privo 1 to yields exceeded Krasnokutsky 36.

Key words: chick-pea, bacterial fertilizers, varieties, productivity of beans.



СЛИЗИСТЫЙ БАКТЕРИОЗ КАПУСТЫ (НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР)

**А.М. Лазарев¹, В.И. Коробов²,
И.Н. Надточий¹, Ф.А. Попов³**

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Россия, 186207, г. Санкт-Петербург, ш. Подбельского 3

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

³ РУП «Институт защиты растений», Беларусь, 223011, Минская область,

г. Прилуки, улица Мира, 2

E-mail: allazar54@mail.ru;

vikt-korobov@yandex.ru;

fedorpopov@yandex.by

Приведены сведения по симптоматике слизистого бактериоза капусты и биологическим признакам его возбудителя. Описаны ареал и зона вредоносности этого заболевания на территории бывшего Советского Союза. Даны меры борьбы со слизистым бактериозом капусты.

Ключевые слова: слизистый бактериоз капусты, симптоматика, ареал, вредоносность, меры борьбы.

Введение

Роль капусты настоящей кочанной (*Brassica oleracea* L. *conv.* *capitata* L.) в жизни человека очень велика, так как она удовлетворяет большую долю потребности его пищевого рациона в витаминах. Ее повсеместно культивируют на территории бывшего СССР. Это растение является основной овощной культурой на большей его территории и площади ее высадки неизменно остаются значительными практически во всех почвенно-климатических зонах Российской Федерации [1].

Однако большие потери урожаю этой культуре причиняют болезни, среди которых высокой вредоносностью характеризуется слизистый бактериоз. Первые признаки данного заболевания отмечают во второй части вегетационного сезона в период образования кочанов. Его возбудитель проникает в растение через повреждения покровных листьев или через кочерыгу из почвы. На пораженных листьях наблюдают расплывчатые маслянистые пятна. Эти пятна быстро распространяются на всю листовую пластинку. Со временем большие листья темнеют, становятся слизкими и гнивают. Пораженная кочерыга размягчается и имеет сначала кремовый, позднее – светло-серый цвет. Во время медленного гниения кочерыги инфекция может достичь точки роста, но болезнь остается незамеченной длительное время. При сильном поражении такие кочаны в полевых условиях переламываются. Когда зараженные изнутри кочаны попадают в хранилище, они гнивают полностью. Как правило, они становятся очагами мягкой гнили. Условия хранения кочанов капусты могут влиять на развитие этой инфекции слизистого бактериоза в течение зимнего периода. Так, низкие температуры (от –1°C до +2°C) замедляют процессы гниения в значительной степени. Однако эти процессы активно идут во время вегетации после высадки пораженных кочерыг в поле. Внутренняя часть кочерыг гниет, поэтому можно наблюдать выпадение части уже растущих семенников [2].

Бактериоз причиняет наибольший вред в районах с высокой температурой и повышенной влажностью воздуха во время вегетационного периода. Наиболее интенсивное гниение происходит при температуре 25–27°C и продолжительной влажной погоде (особенно при выпадении достаточного количества дождевых осадков и влажности воздуха выше 50%). Вредоносность слизистого бактериоза на капусте складывается из поражений растений в рассаднике и в открытом грунте, во время хранения, а также в гибели маточников, высаженных для получения семян. Значительный ущерб от этого заболевания наблюдают в период транспортировки и хранения урожая кочанов при высокой температуре.

Так, по результатам наших двухлетних наблюдений в разных типах хранилищ спустя 4 месяца после закладки кочанов капусты, развитие слизистого бактериоза при искусственном охлаждении (около 0°C) было самым низким – 2%, а в хранилище же с принудительной вентиляцией (при +2–3°C) доходило до 9.5–11.7% [3]. Кроме того, мокрая гниль часто следует за другими заболеваниями (например, за килой или сосудистым бактериозом). Особенно она выскока в хранилищах и на семенниках в поле, если на длительное хранение заложена продукция,

зараженная внутренней инфекцией патогена. Так, во время наших многолетних обследований, ряд партий капусты, заложенных на базах Ленинградской области на зимний период в первоначально благоприятном виде (внешне здоровых), к весне оказывались пораженными комплексной инфекцией кочанов, включая, кроме слизистого бактериоза, белую и серую гниль, чаще из-за несоблюдения режима хранения – 45–70% (при этом около 10% – с поражением кочерыги). Потери урожая семян от слизистого бактериоза в годы эпифитотий составляют 50–70% [4]. Интенсивность развития этого заболевания связана как с агротехникой культуры, так и с общим состоянием растений. Потери урожая могут также зависеть от восприимчивости и скороспелости культивируемого сорта. Например, при повсеместном распространении слизистого и сосудистого бактериозов в вегетативном сезоне 2011 года в Беларуси пораженность этими болезнями растений ранних сортов белокочанной капусты была выше, чем поздних, и колебалась в пределах 4–19% [5].

Специфичностью этой культуры является ее двухгодичность (на второй год вегетации получают семена).

Возбудитель данного бактериоза поражает широкий круг культурных и сорных растений (более 100 видов), принадлежащих к различным семействам. Кроме растений семейства крестоцветных (все виды капусты, редис, репа и другие), в их число входят картофель, морковь, лук, сельдерей, спаржа, перец, томат, цикорий, кориандр, огурец, дыня, земляника, груша, гиацинт, ирис, табак, фасоль и другие) [6]. В лабораторных условиях изоляты бактерий, полученные нами из картофеля (сорт Детскосельский), успешно заражали листья капусты (красно- и белокочанной, кольраби и цветной), дольки корнеплода моркови, лука репчатого, огурца, растения фасоли и сои, а выделенными из капусты белокочанной (сорт Амагер) штаммами инокулировали клубни и растения картофеля, кусочки моркови, растения фасоли и сои (с последующей положительной реакцией). Источники бактериальной инфекции слизистого бактериоза капусты служат зараженные растительные остатки и кочерыги, поливная вода, ризосфера овощных и некоторых сорных растений, насекомые [2, 7].

Клетки возбудителя бактериоза *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* Bergey, Harrison et al. (ЕСС) (син.: *Pectobacterium carotovorum*) представляют собой подвижные (посредством перитрихальных жгутиков) прямые палочки, размером $0.6\text{--}1.8 \times 1.7\text{--}5.1$ мкм; располагаются одиночно, попарно или цепочками. Грамотрицательные. Факультативные анаэробы, покоящейся стадии (спор) не имеют. На картофельном агаре колонии мелкие, голубые, округлой формы (но края неровные), особенно хорошо они заметны после 2–3 суток роста. На среде Логана патоген формирует голубые колонии в больших чашевидных углублениях, а на комплексной среде (2%-ный картофельный агар + 0.5% дрожжевого экстракта + 0.5% глюкозы) – специфически окрашенные колонии [6]. На стерильном картофеле бактериальный налет блестящий, светло-желтый или кремовый (ткань картофеля при этом становится серой). На МПБ вызывают помутнение, а некоторые штаммы образуют дополнительно слабую пленку, кольцо и осадок. Бактерии ЕСС обладают комплексом пектолитических и протеолитических ферментов, мацерируют растительную ткань. Они разжижают желатин, не гидролизуют крахмал, редуцируют лакмусовое молоко (отдельные штаммы пептонизируют). Сероводород и аммиак выделяют, индол не образуют. Каталазоположительные и оксидазоотрицательные. Оптимальная температура роста составляет $24\text{--}28^\circ\text{C}$, максимальная – 37°C [7, 9].

Защиту капусты от слизистого бактериоза строят из комплекса агротехнических, организационно-хозяйственных, профилактических приемов, с учетом применения химических и биологических препаратов для снижения или подавления вредоносности возбудителя болезни. Эти мероприятия должны быть направлены на создание оптимальных условий возделывания для роста и развития растений [2, 10, 11].

Наиболее надежным средством получения экологической продукции считают использование сортов, устойчивых к этим болезням. Подбор и возделывание устойчивых сортов, сортообразцов и гибридов капусты, характеризующихся комплексной устойчивостью не только в период вегетации, но и для длительного хранения [12]. Для многомесячного зимнего содержания из-за высокой вредоносностью в этот период слизистым бактериозом предлагают позднеспелые гибриды белокочанной капусты Амтрак, Бартоло, Галлакси, Леннокс, Альбатрос, Лежкий, Монарх [13].

Ввиду специфичности возделывания капусты как двухлетней культуры, мероприятия на первом этапе (первая вегетация) осуществляют при выращивании рассады (условия теплицы), получении кочанов (поле) и зимнем содержании последних, а на втором этапе (вторая вегетация) – при высадке кочерыг для сбора семян и в период вегетации. На первом этапе с осени подготавливают парники и рассадники (побелка деревянных частей раствором извести, сплошная дезинфекция почвы теплиц от инфекции путем пропаривания или химических препаратов). Для посева используют высококачественные (наиболее полновесные) семена с обяза-



тельной их оценкой на зараженность патогенной микрофлорой. Необходимо использовать высокочувствительные серологические методы для ранней диагностики семенной инфекции [13, 14, 15]. Важно заблаговременное протравливание или применение термической обработки семян перед посевом (в течение 20 мин. при 48...50°C непосредственно перед посевом с последующим быстрым охлаждением в воде при 10°C и сушкой до сыпучего состояния [16]. Интересные результаты для борьбы с бактериозом показывает антибиотик сельскохозяйственного назначения фитолавин-300 (продуцент штаммов стрептотрицинового комплекса почвенных актиномицетов) в составе болтушки из глины и коровяка путем обработки корневой системы растений перед высадкой в поле [17]. Высокую эффективность получают при обработке корневой системы молодых растений перед высадкой в грунт совместно с комплексом микроэлементов, в который вводят в болтушку из глины и коровяка сернистый марганец (0.05%), молибденовокислый аммоний (0.05%), сернистую медь (0.02%) [18]. В течение ряда лет нами получены положительные результаты по действию на чистые культуры фитопатогенных бактерий рода *Erwinia* и в мелкоделяночных полевых опытах японского сельскохозяйственного антибиотика касумин, синтетического полимера катапол и его комплексных форм [19, 20, 21, 22, 23, 24]. Дрожирование (инкрустирование) семенного материала позволяет вводить в особый оболочкающий слой, кроме питательной смеси, специальные препараты, которые не только обеспечивают семена в начальный период их прорастания и развития семян запасом необходимых элементов, но и защищают их от почвенной патогенной микрофлоры. Применение касетного способа или торфоперегнойных горшков при выращивании рассады капусты благоприятствует одновременно хорошо развитой рассаде и снижению вредоносности бактериоза, так как предохраняет корневую систему растений от механических повреждений при их пересадке в открытый грунт. При появлении всходов целесообразен полив слабым раствором марганцовокислого калия. Первую подкормку проводят при наличии второго настоящего листа (10 л 0.2–0.3%-ного водного раствора аммиачной селитры на м² либо сильно разбавленным перебродившим настоем навоза). Вторую подкормку осуществляют за 7–10 дней до высадки рассады в поле. Оптимальными для посадки в открытый грунт (хорошо дренированные почвы) считают растения с 4–5 листьями. Следует исключить механические повреждения растений (особенно при пикировке растений), удалять увядшие и больные растения (их выбирают вместе с прилегающей к корневой системе землей) при фитопрочистках. Вносят сбалансированные нормы удобрений, избегая их одностороннего внесения (особенно азотных). Правильно размещают культуры в севообороте с подбором непоражаемых предшественников, из которых лучшие – бобово-злаковые смеси, бобовые, злаки и чистый пар, крайне нежелательно после картофеля [2, 10, 11]. Не допускают загущения посадок капусты, учитывая особенности каждого сорта. Так, при высадке белокачанной капусты позднеспелого сорта Амагер свыше 36 тыс. растений/га может произойти увеличение пораженности растений слизистым бактериозом с 3 до 12–15%. Систему подкормки капусты в открытом грунте осуществляют в два приема (через 2 недели после высадки в поле и в период смыкания рядков). Для повышения устойчивости капусты к комплексу вредных объектов в фазу рыхлого кочана (формирование на внутренней кочерыжке зародышевых цветочных почек), нуждающейся в макро- и микроэлементах (особенно в калии и цинке), целесообразна обработка растений 0.5–1% раствором калийной соли или калимагнезии [2, 25]. Положительные результаты по снижению вредоносности бактериоза оказывает опрыскивание растений гамаином, ТАБ. (трехкратное: первое – в фазе 4-5 настоящих листьев, последующие – с интервалом 15–20 дней) при расходе рабочей жидкости 10 л на 100 м², или витопланом, СП (титр 10¹⁰ + 10¹⁰ КОЕ/г) (из расчета 40–80 г/ га) (4–5-кратное с интервалом 19–20 дней) с расходом рабочей жидкости 300 л/га [26]. Систематическая борьба в течение вегетационного сезона с крестоцветными сорняками, насекомыми и слизнями, являющимися резервуарами патогенов, значительно уменьшает вероятность накопления инфекции патогена. В числе приоритетных агротехнических мероприятий в период вегетации и при отборе кочанов для хранения являются фитопрочистка и отбор незараженных бактериозом кочанов. В профилактических целях при складировании маточников капусты белокачанной на хранение целесообразно погружение кочерыг перед закладкой или во второй половине хранения в смесь из 1.5% беназола или фундазола, СП (500 г кг) + 5% метилцеллюлозы + 16% мела + 77.5% (в объемных процентах) [26]. Для благополучного содержания и будущего воспроизводства капусты во время зимнего хранения заблаговременно осуществляют тщательную очистку хранилищ от растительных остатков и дезинфекцию инвентаря и контейнеров, отбор для хранения и будущей посадки только здоровых кочерыг, отдельное хранение (в отдельных помещениях) продовольственных партий и капусты, предназначенной для семенных целей, температурный режим для продовольственных партий – 0–1°C, для семенных – 0–2°C.

На втором этапе защитных мероприятий при выращивании капусты на семена в открытом грунте выдерживают оптимально ранние сроки высадки семенников и в течение веге-

тации осуществляют общепринятые мероприятия по уходу за посадками, избегая травмирования корневой системы, а также отбор материала на семена только от здоровых маточников.

Слизистый бактериоз капусты распространен во всех странах мира [6]. Заболевание зафиксировано на территории б. СССР - в Российской Федерации [6, 7, 13, 25, 27–29, 30–35], а также в Казахстане, Узбекистане, Азербайджане, Беларуси, Литве, Молдове, Грузии и на Украине [14, 36–54].

При составлении ареала и зон вредоносности бактериоза на территории Российской Федерации и сопредельных государств за основу взята карта распространения капусты [55], а также использованы опубликованные в открытой печати литературные источники. Карта векторная (рис. 1) состоит из трех тематических слоев, характеризующих зону распространения и зоны высокой и средней вредоносности болезни на капусте [56].

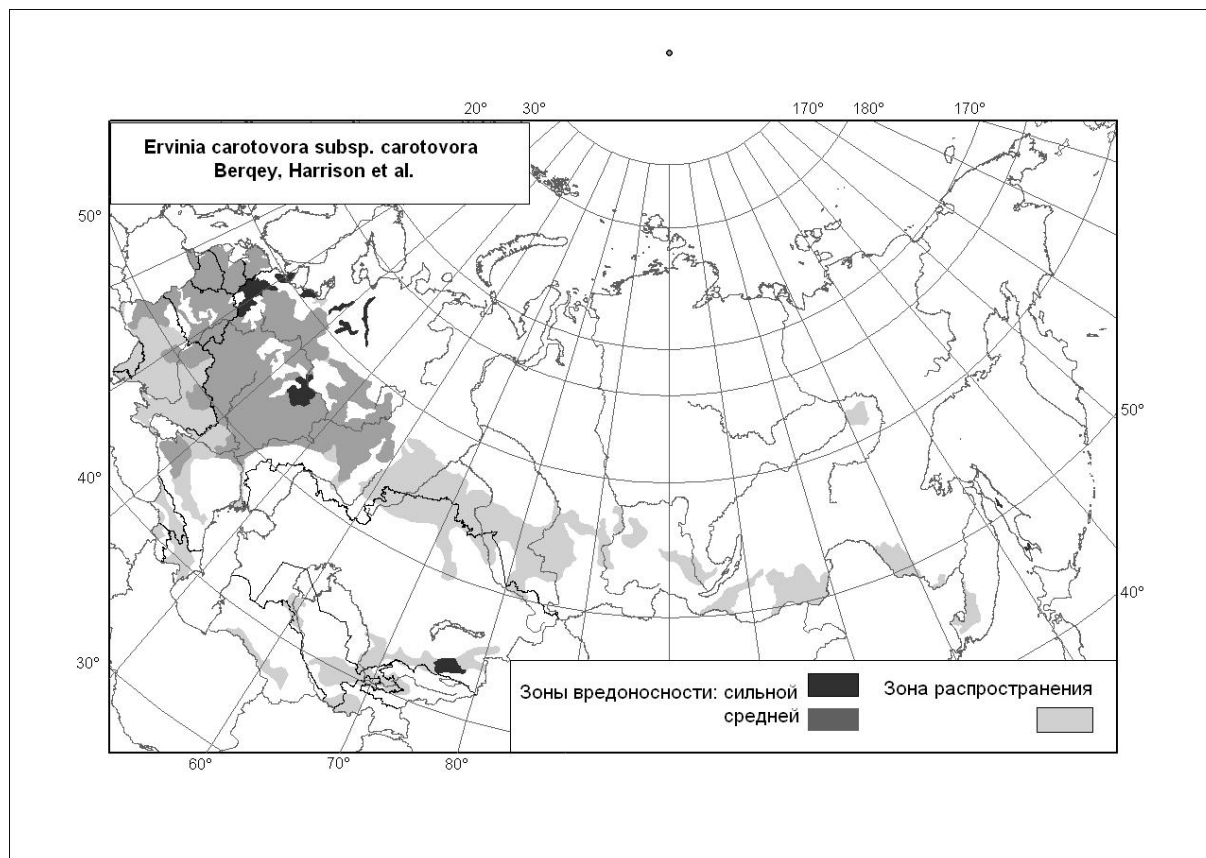


Рис. 1. Векторная карта ареала и зон вредоносности слизистого бактериоза капусты *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* Bergey, Harrison et al.

Зона средней вредоносности этой болезни определена в тех регионах, где количество больных растений составляет 5–15%, зона высокой вредоносности – 16–100%. Она включает Ленинградскую, Костромскую, Ярославскую, Псковскую, Новгородскую, Тверскую, Московскую, Тульскую, Рязанскую, Владимирскую, Смоленскую области [27, 28, 31, 33]. Зона высокой вредоносности включает Астраханскую, Волгоградскую и Саратовскую области, Приморский край, Беларусь, Украину, Молдову, Грузию, Казахстан [7, 14, 15, 30–32, 34, 36, 41–45, 47, 51, 52, 54]. Например, в условиях Приморья, муссонный климат которого благоприятствует развитию слизистого бактериоза, пораженность производственных посадок белокочанной капусты при соблюдении севооборота в зависимости от состава районированных сортов, количество больных растений составляет 24–44% (развитие болезни 8–39%) [30], а в Ленинградской области – 1–15% в зависимости от сорта [31]. В Грузии отмечают 25–57% больных растений в зависимости от условий вегетативного сезона [44]. При обследованиях на территории Беларуси в течение 2006–2010 гг. максимальное проявление бактериоза наблюдали в 2010 г., минимальное – в 2008 г. Так, на примере в КУСХП совхоза-агрофирмы «Рассвет» Минской области (2010 г.) поражаемость слизистым бактериозом сортов капусты белокочанной Белорусская 85 и Мара составила 56.3 и 40.0, а гибридов Тюркиз F1, Леон F1и Маратон F1 – 18.4, 22.0 и 35.0 соответственно [15]. Развитию болезней способствуют как биотические, так и абиотические факторы, среди которых определяющими являются гидротермические условия вегетационного периода,



наличие инфекции и болезнеустойчивость сорта. Белорусскими учеными установлена прямая зависимость между пораженностью капусты слизистым бактериозом и потенциальными потерями ее урожая. Так, при заболеваемости 5% растений потери составляют 5.0%, 10 – 9.9, 15 – 14.9, 20 – 19.8, 25 – 24.8 и 30% – 29.8% соответственно.

Векторная карта распространения бактериоза выполнена в масштабе 1:20 000 000 в проекции Равновеликая Альберса на СССР, 9, 1001, 7, 100, 0, 44, 68, 0, 0 с помощью средств ГИС-технологий.

Основная часть работы выполнена в рамках проекта МНТЦ N 2625.

Список литературы

1. Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н. Агроэкологический атлас России и сопредельных государств: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения (Интернет-версия 2.0). 2008. <http://www.agroatlas.ru>.
2. Лазарев А.М., Рогачев Ю.Б. Бактериальные болезни капусты и меры борьбы с ними / Методические рекомендации. – СПб.: ГНУ ВИЗР, 2004. – 56 с.
3. Попов Ф. А. Болезни капусты белокочанной в период хранения / Защита растений и карантин, 2011. - № 9. – С. 25–28.
4. Матвеева Е.В. Как снизить пораженность белокочанной капусты бактериозами / Защита и карантин растений, 1999. – N 4. – С. 44.
5. Попов Ф.А., Прищепка И.А., Колядко Н.Н. Вредители и болезни овощных культур открытого грунта / Обзор распространения вредителей, болезней и сорняков сельскохозяйственных культур в 2011 году и прогноз их появления в Республике Беларусь в 2012 году. РУП «Науч. – практ. центр НАН по земледелию», Минск, 2012. – С.82–102.
4. Израильский, В.Д., Шкляр С.Н. Слизистый бактериоз, мягкая гниль капусты / Бактериальные болезни растений. - М.: Колос, 1979. – С. 176–179.
5. Билай, В.И., Гвоздык Р.И., Скрипаль И.Г. Микроорганизмы - возбудители болезней растений. - Киев: Наукова думка, 1988. – 552 с.
6. Лазарев А.М. Использование ТТХ для разделения вирулентных и авирулентных штаммов бактерий *Egwinia phytorphthoга* / Бюлл. ВНИИСХМ. – 1985^а. – Вып. 41. – С. 34–36.
7. Лазарев А.М. Биологические особенности возбудителя черной ножки картофеля в северо-западной зоне РСФСР и методы его диагностики / Дисс. ... канд. биол. наук. – Л., 1985^б. – 202 с.
10. Прищепка И.А., Волчкевич И.Г., Попов Ф.А. Масленкина И.К., Эффективность комплекса биологических и химических мероприятий по ограничению вредоносности сорняков, вредителей и болезней в посевах и посадках капусты белокочанной / Земляробства і ахова раслін, 2012. – N 1(80). – С. 38–48.
11. Прищепка И. А., Колядко Н. Н., Попов Ф. А. Масленкина И.К. Система защиты капусты белокочанной от вредных организмов при безрасадном способе возделывания // Наше сельское хозяйство, 2011. – № 5. – С. – 67–72.
12. Налобова В.Л. Опимах Н.С., Налобова Ю.М., Шайтуро И.В., Вотехович И.М., Ивановская М.В. Результаты оценки сортообразцов на пораженность грибами, бактериальными и вирусными патогенами // Мат. науч.- пркт. конф. «Теоретические и прикладные основы современной фитопатологии и иммунитета растений» (Минск – Самохваловичи, 13-15 июля 2011 г.). – Минск, 2011. – С. 61–62.
13. Ахатов А.К., Джалилов Ф.С., Белошапкина О.О. Защита овощных культур в закрытом грунте / Справочник. - М.: Тов-во науч. изданий КМК, 2002. – 464 с.
14. Попов Ф.А. Вредоносность бактериозов капусты и способы ее снижения / Фитопатогенные бактерии. Фитонцидология. Аллелопатия: Сб. статей участников Международной научной конференции. – Киев: Державн. Агроекол. ун-т, 2005. – С. 159–161.
15. Попов Ф.А., Лазарев А.М., Мямин В.Е. По проблеме слизистого бактериоза белокочанной капусты / Защита растений в современных технологиях возделывания сельскохозяйственных культур: мат. науч.-практ. конф. (г. Новосибирск, 24-26 июля 2013 г.). - Новосибирск, 2013. – С. 283–287.
16. Самохвалов А.Н., Игнатов А.Н., Рогачев Ю.Б., Колесников Н.М. Сосудистый бактериоз капусты: биология и методы защиты // Картофель и овощи, 1997. – № 2. – С. 25–26.
17. Матвеева Е.В., Сергеева Н.А., Павлова Г.М. Для борьбы с бактериозами капусты // Защита растений, 1989. – N 11. – С. 24–25.
18. Попов Ф.А. Способ борьбы с болезнями капусты и улучшение её качества / Патент RU 2052242 CL. – 1992.
19. Лазарев А.М. Действие касумина на фитопатогенные бактерии / Науч. разработ. и пер. опыт – производству Псковской области (мат. XXX науч.- производ. конф.) (март 1992). – Великие Луки, 1992. – С. 57–59.
20. Лазарев А.М. Влияние касумина на патогена черной ножки // Бактериальные болезни картофеля и овощных культур и методы борьбы с ними (тр. ВНИИФ). – М., 1994. – С. 133–134.
21. Лазарев А.М., Лубенцова О.В., Панарин Е.Ф. Действие полимерного антибиотика катапол на возбудителей основных бактериозов картофеля и овощных культур / Биологическая и техническая интенсификация с.-х. производства (мат. XXII науч.-производств. конф., апрель 1996). – Великие Луки, 1997. – С. 65–66.
22. Лазарев А.М., Тютюрев С.Л. Подбор препаратов против фитопатогенных бактерий // Бактериальные болезни картофеля и овощных культур и методы борьбы с ними (тр. ВНИИФ). – М., 1994. – С. 132.

23. Тютерев С.Л., Панарин Е.Ф., Новожилов К.В., Попова Э.В., Хацкевич Л.К., Кочеткова И.С., Дорофеева Т.Б., Лазарев А.М., Азанова В.В. Перспективы использования синтетического полимерного препарата катапол в качестве средства защиты растений // Вестник защиты растений, 2002. – № 3. – С. 3–13.
24. Тютерев С.Л., Панарин Е.Ф., Попова Э.В., Лазарев А.М., Кочеткова И.С., Азанова В.В., Дорофеева Т.Б. Антимикробные синтетические полимерные препараты как средства защиты растений от бактериозов // 36. статей учасн. Міжн. Наук. Конф. (4-6 жовтня 2005 г.). Фітопатогенні бактерії. Фітонцидологія. Алелопатія. – Киев, 2005. – С. 192–197.
25. Асякин Б.П., Лазарев А.М. Защита белокочанной капусты от бактериозов / Информационный листок. СПб, 2000. – 2 с.
26. Список пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации / Приложение к журналу "Защита и карантин растений". – 2014. – № 4. – М., 2014. – 692 с.
27. Сальникова А.Ф. Болезни капусты и меры борьбы с ними в условиях Дальнего Востока. – Хабаровск: Хабаровское книжное изд-во, 1957. – 94 с.
28. Аведжанова Г.П., Бушкова Л.Н. Бактериозы овощных культур // Распространение болезней сельскохозяйственных культур в СССР в 1967 г. – Л.: ВАСХНИЛ, 1968. – С. 59–64.
29. Осницкая Е.А. Болезни овощных культур // Распространение вредителей и болезней сельскохозяйственных культур в РСФСР в 1970 г. и прогноз их появления в 1971 г. – М.: ВАСХНИЛ, 1971. – С. 187–189.
30. Ванюшкин В.А. Испытание сортов белокочанной капусты на устойчивость к слизистому бактериозу в условиях Приморского края // Молодые ученые – сельскому хозяйству Нечерноземной зоны (тез. докл. к науч.–произв. конф. Одинцов. р-на Московск. обл.). – М.: РУ НИЦентра Росагропром НОПТ, 1990. – С. 74–75.
31. Лазарев А.М. Слизистый бактериоз капусты в Ленинградской области // Молодые ученые – сельскому хозяйству Нечерноземной зоны (тез. докл. к науч.–производ. конф. Одинц. р-на Москов. обл.). – М.: РУ НИЦентра Росагропром НОПТ, 1990. – С. 63–64.
32. Машара Н.А., Пшебеш Г.В. Химическая иммунизация белокочанной капусты в борьбе со слизистым бактериозом // Фитонциды. Бактериальные болезни растений: мат. конф. – Киев–Львов: КГТ–2, 1990. – Вып. 2. – С. 123.
33. Рогачев Ю.Б. Разработка методов оценки белокочанной капусты на групповую устойчивость к бактериозам и киле: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М.: ВНИИССОК, 1991. – 24 с.
34. Машара Н.А., Федяй В.П., Ванюшкин В.А., Зайнанитдинов К.М. Влияние биологических препаратов, микроэлементов, химических иммунизаторов на слизистый бактериоз капусты // Бактериальные болезни картофеля и овощных культур и методы борьбы с ними. – М.: Россельхозакадемия, 1994. – С. 135–136.
35. Джалилов Ф.С. Бактериальные болезни капусты (диагностика, патогенез, иммунитет, защитные мероприятия): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – М.: МСХА., 1996. – 32 с.
36. Ишпайкина Е.И. Болезни капусты в Алма-Атинской области и меры борьбы с ними // Тр. республ. станции защиты растений. – Алма-Ата: Казахское гос. изд-во, 1954. – Вып. 2. – С. 290–346.
37. Халилова З.Г. Слизистый бактериоз капусты в условиях Азербайджанской ССР и меры борьбы с ним // Мат. сес. Закавказ. Сов. по координации науч.–иссл. работ по защите растений. – Баку: Элм, 1969. – Вып. 4. – С. 99–100.
38. Халилова З.Г. Слизистый бактериоз капусты и его распространение в Азербайджане // Вестник с.-х. науки, № 4, 1970. С. 92–95.
39. Анисимов А.М. Обоснование системы мероприятий по борьбе с грибными и бактериальными болезнями капусты в левобережной Украине: автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. – Киев: Украинская ордена трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия. – 1972. – 52 с.
40. Нитиевская В.И. Основные болезни капусты и биологический способ борьбы с ними в условиях БССР: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Минск: БелНИИКПО, 1973. – 24 с.
41. Гиоргобиани Н.Ш., Циросани Г.А., Канчавелли Л.А. Влияние внешних факторов на слизистый бактериоз капусты и его возбудителей *Pectobacterium aroideae* (Tows) Waldee и *Pectobacterium carotovorum* (Jones) Waldee. – Тбилиси: МСХ ГрузССР, 1974. – С. 107–111.
42. Гиоргобиани Н.Ш., Циросани Г.А., Палавандишвили И.В. Бактериальные болезни белокочанной капусты в Грузии / Третья Всес. конф. по бактериальным болезням растений: тез. докл. – Тбилиси: Мецниереба, 1976. – С. 123–125.
43. Гиоргобиани Н., Элиашвили П., Кешелава Р. Слизистый бактериоз капусты и меры борьбы с ним. – Тбилиси: Акад. с.-х. наук ГрузССР (сб. науч. тр.). – 2001. – С. 52–57.
44. Гиоргобиани Н.Ш., Элишвили П.К., Кешелава Р.Ф., Элиашвили Т.Д. Представители рода *Egwinia* – патогены гнилей картофеля и белокочанной капусты в Грузии // Фитопатогенные бактерии. Фитонцидология. Алелопатия: сб. статей участников Междун. науч. конф. – Киев: Державн. агрокол. ун-т, 2005. – С. 40–43.
45. Дорожкин Н.А., Куневич Л.Р. Слизистый бактериоз капусты в БССР. – Минск: ВАСХНИЛ, 1980. – С. 75–76.
46. Куневич Л.Р. Поражаемость капусты слизистым бактериозом в условиях БССР // Защита растений в республиках Прибалтики и Белоруссии (тез. докл. науч.–производ. конф.). – Вильнюс, 1981. – Вып. 2. – С. 75–76.
47. Куниченко Н.А. Бактериозы овощных культур в Молдавии // Бактериальные болезни растений: тез. докл. – Киев: Наукова думка, 1985. – Вып. 2. – С. 67–68.



48. Пуйпене Й. Устойчивость некоторых сортов капусты к бактериальным болезням // Защита плодовоовощных культур от болезней, вредителей и сорняков при интенсивной технологии возделывания. – Вильнюс: Гос. агропромкомитет ЛитССР, 1988. – С. 59–60.

49. Пуйпене И., Григальюнайте Б. Грибные и бактериальные болезни капусты в открытом грунте // Защита плодово-овощных культур от болезней, вредителей и сорняков при интенсивной технологии возделывания. – Вильнюс: Гос. агропромкомитет ЛитССР, 1988. – С. 47–48.

50. Сильванович Н.А., Сильванович С.Ф. Особенности проявления бактериозов капусты и огурца в Белоруссии // Конф. мол. ученых. Экологические проблемы защиты растений (тез. докл.). – Л.: ВИЗР, 1990. – С. 111–112.

51. Попов Ф.А. Вредоносность слизистого бактериоза семенников капусты // Эколого-экономические основы усовершенствования интегральных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков: тез. докл. науч.– произв. конф. – Минск: ПКФ "Экаунт", 1996. – Вып. 2. – С. 115–116.

52. Попов Ф.А. Особенности симптомокомплекса основных болезней семенников капусты в условиях Беларуси / Актуальные проблемы фитовирусологии и защиты растений: мат. науч. конф. – Минск: ПКФ Экаунт, 1997. – С. 114–115.

53. Сидляревич В.И., Колядко Н.Н., Попов Ф.А., Прищепа Л.И. Овощные культуры // Интегрированные системы защиты сельскохозяйственных культур от вредителей, болезней и сорняков: рекомендации. – Барановичи: Баранов. укрупн. тип., 1998. – С. 189–243.

54. Марченко А.Б. Бактеріози капусти ранньої та їх першоджерела в умовах правобережного л соstepу України // Фитопатогенные бактерии. Фитонцидология. Аллелопатия: сб. статей участников Междун. науч. конф. – Киев: Державн. агрокол. ун–т, 2005. – С. 43–47.

55. Терехина Н.В. Brassica oleracea L. convar capitata L. – Капуста настоящая кочанная. (Интернет-версия 2.0). 2008. <http://www.agroatlas.ru>.

56. Лазарев А.М. *Erwinia carotovora* subsp. *carotovora* Bergey, Harrison et al. – Слизистый бактериоз капусты. Атлас экономически значимых растений и вредных объектов в России и сопредельных государств (Интернет-версия 2.0). 2008. <http://www.agroatlas.ru>.

SLIMY BACTERIOSIS OF CABBAGE (SCIENTIFIC AND ANALYTICAL REVIEW)

**A.M. Lazarev¹, V.A. Korobov²,
I.N. Nadtochiy¹, F.A. Popov³**

¹ *All-Russian Research Institute for Plant Protection, 3, w. Podbelskogo St, Petersburg, 186207, Russia*
E-mail: allazar54@mail.ru

² *Belgorod State National Research University, Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia*
E-mail: vikt-korobov@yandex.ru

³ *Institute of Plant Protection, 2 Mira St, Priluki, Minsk Reg., 223011, Belarus*
E-mail: fedorpopov@yandex.by

There are presented symptoms of slimy bacteriosis of cabbage and its biological properties of this pathogen. There are described the area and zone of harmfulness of this disease area on the territory of the former Soviet Union. The control measures against slimy bacteriosis of cabbage are given.

Key words: slimy bacteriosis of white head cabbage, symptoms, range, harmfulness, control measures.

УДК 635.918:581

ВЛИЯНИЕ БИОСТИМУЛЯТОРОВ НА УКОРЕНЕНИЕ ЮККИ АЛОЭЛИСТНОЙ В УСЛОВИЯХ ОРАНЖЕРЕИ**З.Н. Сулейманова, Г.Г. Кашаева,
В.В. Якупова**Ботанический сад - институт Уфимского
научного центра Российской академии
наук, Россия, 450080, г.Уфа, ул Менде-
леева 195/ 3

E-mail: zugura-ufabotsad@mail.ru

Проведено вегетативное размножение (черенкование) при интродукции монокарпического вида юкки алоэлистной (*Yucca aloifolia* L.). Наиболее высокий процент корнеобразования отмечен при обработке гумиксом (100%), с экстрактом алоэ (80%), в контроле - (60%). Растения, обработанные экстрактом алоэ, имеют лучшие морфологические и декоративные признаки.

Ключевые слова: вегетативное размножение, растительные экстракты, интродукция.

Введение

В коллекциях оранжереи ботанических садов привлекательны и декоративны суккуленты, кактусы, в особенности представители рода юкка. Растения из семейства агавовых и другие виды-суккуленты признаны наиболее интересными не только в декоративном отношении, но и в практическом.

Изучение интродукции растений, методов размножения, создание определенных условий освещенности, влажности, температуры, питания для направленного воспитания растений позволяет рекомендовать наших интродуцентов для успешного использования в озеленении.

В последние годы в озеленении наиболее широко используется богатый ассортимент тропических и субтропических растений. Коллекция оранжереи Ботанического сада - института УНЦ РАН в оранжерее собраны в соответствии с их приуроченностью к тропической или субтропической растительной зоне. Каждая экспозиция отражает флору одной или нескольких ботанико-географических провинций, родственных во флористическом отношении и принадлежащих к одной флорогенетической области. Экспозиционные участки создавались также с учетом реакции растений на свет. С восточной стороны располагаются экспозиции, нуждающиеся в интенсивном освещении (кактусы, суккуленты). В оранжерее часть коллекции, состоящей из кактусов и суккулентов, высажена в грунт и представлена в пейзажном стиле в виде композиции. Основу этой композиции составляют представители: из сем. молочайные молочай тирукале (*Euphorbia tirucalli* L., Вост. и Юж. Африка) высотой 15 м, 6 экземпляров агавы американской (*Agava americana* L.), юкка алоэлистная (*Yucca aloifolia* L.) из семейства агавовых (*Agavaceae* Endl.) и др. На этом экспозиционном участке их насчитывается 40 видов, относящихся к сем. кактусовые (*Castaceae* L.), лилейные (*Liliaceae* Juss.), сложноцветные (*Asteraceae* Dumort.), толстянковые (*Crassulaceae* D.C.).

Юкка алоэлистная (*Yucca aloifolia* L.) из семейства агавовых (*Agavaceae* Endl.). В роде известно 30 видов. В диком виде встречаются в странах Центральной Америки, Мексике. Интродукция юкки алоэлистной началась с 1971 года, растение привезено из ГБС (г. Москва). На экспозиционном участке в грунте их насчитывается 8 шт., высотой 450 - 550 см.

Целью данной работы явилась разработка методов ускоренного вегетативного размножения из семейства агавовых юкки алоэлистной в условиях оранжереи.

В задачи исследований входило: выявление эффективных методов вегетативного размножения с использованием биостимуляторов для обработки черенков и выделение из них наиболее эффективно действующих.

Материал и методы работы

Вегетативное размножение (черенкование) проводили по методике [1, 2]. При проведении экспериментального опыта по вегетативному размножению (черенкованию) юкки алоэлистной, каждое растение распиливали на 3 части: верхушечная, средняя, нижняя часть (более одревесневающая). И из каждой части для укоренения отобрали черенки т.е (части кусков) - по 10 шт. каждого варианта опыта, состоящие из верхушечной, средней, оснований (размеры даны ниже в таблице морфологических параметров укорененных черенков). В опытах все черенки обрабатывали активированным углем, 2 часа подсушивали и обрабатывали экстрактом алоэ древовидного, гумиксом (биостимулятор), а контрольный вариант не обрабатывали.

Субстратом для черенкования являлся промытый речной песок, предварительно обработанный раствором перманганата калия (0.5%). Укореняемость опытных черенков проверя-

лась через месяц. Критерий укоренения черенков - формирование через шесть месяцев полноценных растений.

Результаты и их обсуждение

Укореняемость у двух опытных черенков (верхушечных частей), обработанных гумиксом спустя 4 месяца (2 июня 2004 г) отметили появление корней (0.7; 2.0 см). Укорененные черенки были высажены в соответствующую земляную смесь в кашпо, оставшиеся укорененные варианты опытных растений высаживали в сентябре 2005 года. Результаты укоренения опытных черенков показаны в таблице 1. Исследованиями выявлено, что из всех видов черенков, верхушечные части во всех вариантах отличаются по высоте основного побега, а по образованию количество листьев - у черенков (основание) и в (средней части). Наибольшее количество листьев (38 – 74 шт) отмечено у черенков, обработанных гумиксом и экстрактом алоэ, а в контроле (38 - 48). Морфологические параметры укорененных растений в 2013 году показаны в таблице 2.

Таблица 1

Морфологические параметры укорененных черенков юкки алоэлистной (2005 г.)

Вариант опыта	Части ствола	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Размеры листьев, см		Количество побегов, шт.	Длина основного / бокового побега, см	Диаметр в средней части побега, см
				длина × ширина мин./макс.	длина × ширина мин./макс.			
Контроль	верхушечная часть	51.5	48	41.0×1.8	41.0×1.8	-	19.5	3.5
	средняя часть	36.0	38	32.0×1.5	32.0×1.5	-	21.0	3.0
	основание	41.5	40	35.0×3.0	35.0×2.2	4	17.5	3.0
Экстракт алоэ	верхушечная часть	40.0	44	35.0×1.8	41.0×2.0	2	28.0	3.5
	средняя часть	12.0	70	32.0×2.0	45.0×1.5	-	29.0	4.0
	основание	27.1	50	32.0×1.8	41.0×2.5	3	42.0	7.0
Гумикс	верхушечная часть	36.2	38	30.0×1.2	58.0×2.0	1	48.5	5.0
	средняя часть	11.5	64	39.2×2.5	48.0×3.0	1	50.0	4.0
	основание	24.2	74	52.0×3,х3.5	53.0×2.5	2	60.2	7.0

Таблица 2

Морфологические данные укорененных черенков юкки алоэлистной (2013 г.)

Вариант опыта	Части ствола	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Размеры листьев, см		Количество побегов, шт.	Высота побега, см	Диаметр в средней части побега, см
				длина × ширина мин./макс.	длина × ширина мин./макс.			
Контроль	верхушечная часть	55.5	64	14.0×0.84	4.0×2.0	-	26.0	3.5
	средняя часть	39.0	63	29.0×2.0	53.0×2.0	-	22.0	3.5
	основание	58.0	48	16.0×1.2	47.0×2.0	4	23.0	3.0
Экстракт алоэ	верхушечная часть	80.0	52	14.0×1.2	47.0×2.0	2	27.0	3.5
	средняя часть	87.5	70	39.0×3.2	41.0×2.0	-	4.0	4.0
	основание	89.5	52	35.0×3.0	60.0×2.0	3	55.0	7.0
Гумикс	верхушечная часть	62.0	63	26.0×1.5	49.0×2.5	1	74.0	5.0
	средняя часть	35.0	71	22.0×0.9	44.5×3.0	1	69.0	4.0
	основание	74.0	82	43.0×2.0	53.0×3.5	2	121.0	7.0

В течение четырех лет роста и развития укорененных растений в контрольном варианте наибольший прирост отмечался у черенков из верхушечных частей - на 43.0 см; максимальное увеличение количества листьев наблюдалось у черенков из средних частей побегов (на 25 шт); наименьший прирост (3.5 см) и минимальное количество листьев (8 шт) - у черенков из основания.

Наибольший прирост отмечен у черенков, обработанных экстрактом алоэ (средней части) – 75.5 см, размеры листьев оставались без изменения; наименьший прирост – у верхушеч-

ной части (на 40.0 см.). Отмечали увеличение числа листьев (8-10 шт.). Максимальное увеличение листьев отмечено у черенков (основание) на 26 шт.

У обработанных гумиксом черенков наибольший прирост (23.5 см) отмечен у черенков, взятых из средних частей, увеличение числа листьев на 8 шт; наименьший прирост – у черенков (с верхушечных частей) – 12.0 см, увеличение листьев на 25 шт.

Исследования за 4 года показали, что опытные растения по морфологическим признакам отличаются. Черенки, срезанные из средних и верхушечных частей, имеют наибольший прирост, взятые из средних частей образовали максимальное количество листьев по сравнению с другими вариантами опыта.

Наиболее высокий процент корнеобразования отмечен при обработке гумиксом (100%), с экстрактом алоэ (80%), в контроле – (60%).

Выводы

Таким образом, выявлен наиболее эффективный метод черенкования с использованием растительных экстрактов при обработке черенков юкки алоэлистной. Растения, обработанные экстрактом алоэ, имеют лучшие морфологические и декоративные признаки.

Изучение роста и развития, морфологических показателей свидетельствует об успешном прохождении интродукции в условиях оранжереи юкки алоэлистной. Результаты данного исследования показывают перспективность применения биостимуляторов, что позволяет рекомендовать их для массового размножения юкки алоэлистной.

Список литературы

1. Мак-Миллан Броуз Ф. Размножение растений. - М.: Мир, 1987. 192 с.
2. Сулейманова З.Н. Особенности биологии и вегетативного размножения некоторых видов семейства агавовых (*Agavaceae* Endl.) при интродукции в условиях оранжереи // Бюлл. Бот. сада Саратовского гос. ун-та им. Н.Г. Чернышевского. – Саратов. – 2011. – Вып. 10 – С. 94–96.

INFLUENCE OF BIOSTIMULYATORS ON ROOTING OF *YUCCA ALOIFOLIA* IN THE GREENHOUSE

**Z.N. Zuleymanova, G.G. Kashaeva,
V.V. Yakupova**

Botanical Garden-Institute
of Ufa Scientific Center of
RAS, 195/3 Mendeleev St,
Ufa, 450045, Russia

E-mail: zugura-ufabotsad@mail.ru

Vegetative propagation (cutting) of monocarpic species of *Yucca aloifolia* L. is conducted under the conditions of introduction. The highest percentage of rooting is noted when treating by gumix (100%), when using extract of aloe (80%), 60% in control. Plants treated by extract of aloe have the best morphological and decorative traits.

Key words: vegetative propagation, plant extracts, introduction.



УДК 1595.7:591.53:633.11(470.325)

НАСЕКОМЫЕ ВРЕДИТЕЛИ ПШЕНИЦЫ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ (РОССИЯ)

**Хади Абдулджалил Наас,
Хади Мирза Хамза Хади,
А.В. Присный**

Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет. Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: prisniy@bsu.edu.ru

Уточненный состав энтомокомплекса вредителей пшеницы на территории Белгородской области включает 52 вида. Приведенные, как новые, 12 видов-вредителей пшеницы на исследуемой территории относятся к таксонам плохо изученным в регионе – цикадовым и тлям: *Calligipona striatella* Fall., *Javesella pellucida* F., *Dicranotropis hamata* Boh., *Oliarus* sp., *Hyaletthes obsoletus* Sign., *Empoasca pteridis* Dahlb., *Psammotettix striatus* L., *Metopolophium dirhodum* Walk., *Metopolophium festucae* Theob., *Rhopalosiphum maidis* Fitch., *Cephus brachycerus* Thoms., *Cephus cultratus* Eversm. Основные экономически значимые виды насекомых-вредителей пшеницы в Белгородской области: *Eurygaster integriceps* Put., *E. maura* L., *E. austriacus* Schrk., *Ae. acuminata* L., *S. avenae* F., *Sch. graminum* Rond., *A. sputator* L. Локально и не каждый год вредят *Z. tenebrioides* Goeze, *A. segetum* Hbst., *O. pusilla* Mg., *M. destructor* Say.

Большинство экономически значимых насекомых-вредителей пшеницы на территории Белгородской области – это широко распространенные, преимущественно степные, виды.

Ключевые слова: пшеница, Белгородская область, насекомые-вредители.

Введение

В структуре посевных площадей Белгородской области зерновые культуры (озимая пшеница, ячмень, овес, рожь, просо, кукуруза) занимают около 46% с доминированием пшеницы. Известно, что урожайность этой культуры, при оптимальной агротехнике выращивания, определяется, в первую очередь, климатическими факторами и потенциальной продуктивностью районированных сортов, а во вторую – наличием и обилием вредящих ей организмов (патогенов, специализированных и неспециализированных фитофагов).

Основную группу фитофагов, связанных с пшеницей в южной лесостепи (большая часть территории Белгородской области), составляют насекомые. В европейской России, характеризующейся относительно четкой зональной структурой, большинство потребителей пшеницы – это виды с широкими ареалами, включающими степную и лесостепную зоны. Поэтому общий видовой состав вредителей пшеницы хорошо известен [1]. В то же время, ландшафтные особенности отдельных регионов и происходящие изменения климата [2], сопровождающиеся расширением границ ареалов степных видов на лесостепь, требуют постоянного уточнения комплекса вредителей культурных растений, вообще, и пшеницы, в частности.

Результаты изучения энтомофауны региона (юг Среднерусской возвышенности) представлены в сотнях публикаций (тезисы, статьи и монографии), но они, почти без исключений, посвящены условно естественным и техногенным биоценозам и отдельным экономически значимым видам. Сведения, основанные на многолетних наблюдениях и учетах, проводимых сотрудниками и аспирантами кафедры биоценологии и экологической генетики (ныне – экологии, физиологии и биологической эволюции) НИУ «БелГУ», были опубликованы лишь частично [3, 4, 5, 6, 7]. Проведенные в последние годы исследования, включающие полевые учеты и дообработку ранее собранного материала, свидетельствуют о неполноте обнародованных списков вредителей пшеницы в административной Белгородской области.

Материал и методы

Полевые учеты в 2014 г. проводили на полях Белгородской ГСХА в окрестностях пос. Майский (Белгородский район) и Белгородского НИИСХ РАСХН в окрестностях пос. Гонки (Яковлевский район). Удаленность мест учета друг от друга составляет около 22 км. Биогеоценозные условия – сходные: плакор; чернозем типичный; высокий агротехнический фон; северо-западные обочины полей граничат с лесными урочищами. Однако имеются и отличия не только в видовом составе древесно-кустарниковой и травянистой растительности обочин и лесных массивов (во втором – почти вдвое больше), но и в способах обработки почвы (поверхностная и отвальная, соответственно).



В 2010–2013 гг. (дообработанный материал) пункты сборов и учетов включали: Белгородский район, окрестности пос. Майский (50°31'13"; 36°25'38"); опытные поля БелГСХА; Вейделевский район, западнее с. Зенино (50°10'33"; 38°16'14"); Волоконовский район, 2,5 км северо-западнее с. Волчья Александровка (50°30'42"; 37°32'11"); Грайворонский район, 2 км западнее с. Косилово (50°39'31"; 35°37'.07"); 5,3 км восточнее-северо-восточнее с. Мокрая Орловка (50°32'.70"; 35°35'17"); окр. с. Масычево (50°30'96"; 35°44'40"); северо-западнее пос. Грайворон (50°34'59"; 35°35'55"); Губкинский район, 2 км северо-восточнее г. Губкин (51°19'28"; 37°41'49"); Прохоровский район, восточнее с. Покровка (50°53'29"; 36°28'40"); Ровеньский район. 1 км северо-западнее пос. Ровеньки (49°56'30"; 38°53'36"); Старооскольский район, 2 км северо-восточнее «Ямской Степи» (51°11'10"; 37°40'16"); Шебекинский район, северо-восточнее с. Сурково (50°30'.29"; 37°16'45"); Яковлевский район, пос. Гонки (50°44'19"; 36°31'06"), опытные поля Белгородского НИИ сельского хозяйства. Еще ряд пунктов специальных учетов вредной черепашки не приведен.

Сборы, учеты и камеральная обработка материала велись как по стандартным методикам [8, 9, 10, 11, 12], так и по авторским [5, 13].

Результаты исследований

Уточненный состав энтомокомплекса вредителей пшеницы на территории Белгородской области включает 52 вида (табл.). В перечень не включены виды-фитофаги, собранные в единичных экземплярах (случайные посетители), олигофаги, не связанные со злаками, и почвенные полифаги, имеющие устойчиво низкую численную плотность. Виды, впервые указываемые конкретно для территории области, отмечены в таблице знаком «*».

Таблица

Комплекс насекомых, вредящих пшенице на территории Белгородской области

Отряд Прямокрылые – Orthoptera			
Семейство Саранчовые настоящие – Acrididae			
1	<i>Итальянский прус – Calliptamus italicus L.</i>	полифаг	Второстепенный вредитель культур, включая пшеницу, на окраинах полей, прилегающих к обочинам
2	<i>Перелетная саранча – Locusta migratoria L.</i>	полифаг	Второстепенный вредитель культур, включая пшеницу
Отряд Полужесткокрылые – Heteroptera			
Семейство Слепняки – Miridae			
3	<i>Клопик пушистый – Lygus rugulipennis</i> Popr.	полифаг	Второстепенный вредитель культур, включая пшеницу
4	<i>Клопик полевой – Lygus pratensis L.</i>	полифаг	Второстепенный вредитель культур, включая пшеницу
5	<i>Хлебный клопик – Trigonotylus ruficornis</i> Geoffr.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
6	<i>Trigonotylus coelestialium</i> Kirk.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
Семейство Щитники-черепашки – Scutelleridae			
7	<i>Австрийская черепашка – Eurygaster austriacus</i> Schrk.	олигофаг	Один из основных вредителей хлебных злаков (локально)
8	<i>Вредная черепашка – Eurygaster integriceps</i> Put.	олигофаг	Один из основных вредителей хлебных злаков
9	<i>Маврская черепашка – Eurygaster maura L.</i>	олигофаг	Один из основных вредителей хлебных злаков
10	<i>Влаголюбивая черепашка – Eurygaster testudinarius</i> Geoffr.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
Семейство Щитники настоящие – Pentatomidae			
11	<i>Элия остроголовая – Aelia acuminata L.</i>	олигофаг	Один из основных вредителей хлебных злаков
12	<i>Элия носатая – Aelia rostrata</i> Boh.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
13	<i>Элия сибирская – Aelia sibirica</i> Reut.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
14	<i>Красноватокрылый щитник – Carpocoris purpureipennis</i> Deg.	полифаг	Второстепенный вредитель культур, включая пшеницу



Продолжение табл.

15	Черношпильный щитник – <i>Carpocoris fuscispinus</i> Boh.	полифаг	Второстепенный вредитель культур, включая пшеницу
16	Ягодный клоп – <i>Dolycoris baccarum</i> L.	полифаг	Второстепенный вредитель культур, включая пшеницу
Отряд Равнокрылые – Homoptera			
Подотряд Цикадовые – Cicadoidea			
Семейство Свинушки – Delphacidae			
17	* <i>Calligipona striatella</i> Fall.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков. Переносчик вирусов закукливания и бледно-зеленой карликовости злаков
18	* <i>Javesella pellucida</i> F.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
19	* <i>Dicranotropis hamata</i> Boh.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
Семейство Циксииды – Cixiidae			
20	* <i>Oliarus</i> sp.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
21	* <i>Hyaletthes obsoletus</i> Sign.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
Семейство – Cicadellidae			
22	* <i>Empoasca pteridis</i> Dahlb.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
23	* <i>Psammotettix striatus</i> L.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
Подотряд Тли – Aphidinea			
Семейство – Aphididae			
24	Большая злаковая тля – <i>Sitobion avenae</i> F.	олигофаг	Значимый вредитель. Чаще – на пшенице и ржи, реже – на ячмене
25	Бересклетовая тля – <i>Aphis evonymi</i> F.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
26	Обыкновенная злаковая тля – <i>Schizaphis graminum</i> Rond.	олигофаг	Значимый вредитель хлебных злаков
27	Черемухово-злаковая тля – <i>Rhopalosiphum padi</i> L.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
28	*Розанно-злаковая тля – <i>Metopolophium dirhodum</i> Walk.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
29	*Овсянцевая тля – <i>Metopolophium festucae</i> Theob.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
30	*Сорговая тля – <i>Rhopalosiphum maidis</i> Fitch.	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
Отряд Трипсы – Thysanoptera			
Семейство - Phlaeothripidae			
31	Пшеничный трипс – <i>Haplothrips tritici</i> Kurd.	олигофаг	Вредит хлебным злакам
Отряд Жесткокрылые – Coleoptera			
Семейство Жужелицы – Carabidae			
32	Обыкновенная хлебная жужелица – <i>Zabrus tenebrioides</i> Goeze.	олигофаг	Вредит хлебным злакам
Семейство Пластинчатогусые – Scarabaeidae			
33	Хрущ полевой, или красун – <i>Anisoplia segetum</i> Hbst.	олигофаг	Спорадически – один из основных вредителей хлебных злаков
34	Хлебный жук, или кузька – <i>A. austriaca</i> Hbst.	олигофаг	Вредит хлебным злакам
35	Крестоносец – <i>A. agricola</i> Poda.	олигофаг	Вредит хлебным злакам
Семейство Щелкуны – Elateridae			
36	Щелкун посевной – <i>Agriotes sputator</i> L.	полифаг	Вредит хлебным злакам
37	Щелкун степной – <i>A. gurgistanus</i> Fald.	полифаг	Вредит хлебным злакам
38	Щелкун полосатый <i>A. lineatus</i> L.	полифаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
39	Щелкун бурнозгий – <i>Melanotus brunnipes</i> Germ.	полифаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
40	Щелкун черный – <i>Athous niger</i> L.	полифаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
41	Щелкун узкий – <i>A. jejunus</i> Kiesw.	полифаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков



Окончание табл.

Семейство Чернотелки – Tenebrionidae			
42	<i>Песчаный медляк – Opatrum sabulosum L.</i>	полифаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
Семейство Листоеды – Chrysomelidae			
43	<i>Пьявица синяя – Oulema galloeciana Heyd.</i>	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
44	<i>Пьявица красногрудая – Lema melanopus L.</i>	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
45	<i>Большая стеблевая хлебная блошка – Chaetocnema aridula Gyll.</i>	олигофаг	Повреждает всходы хлебных злаков, особенно ярового ячменя
46	<i>Полосатая хлебная блошка – Phyllotreta vittula Redt.</i>	олигофаг	Повреждает всходы хлебных злаков, особенно ярового ячменя
Отр. Нуменоптера			
Сем. Cephidae			
47	<i>*Cephus brachycerus Thoms.</i>	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
48	<i>*Cephus cultratus Eversm.</i>	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
49	<i>Cephus pygmaeus L.</i>	олигофаг	Второстепенный вредитель хлебных злаков
Отряд Чешуекрылые – Lepidoptera			
Семейство Совки – Noctuidae			
50	<i>Совка озимая – Scotia segetum Schiff.</i>	полифаг	Преимущественно на хлебных злаках
Отряд двукрылые – Diptera			
Семейство Злаковые мухи – Chloropidae			
51	<i>Ячменная шведская муха – Oscinella pusilla Mg.</i>	олигофаг	Значимо вредит хлебным злакам
Семейство Галицы – Cecidomyiidae			
52	<i>Гессенская муха – Mayetolia destructor Say</i>	олигофаг	Значимо вредит хлебным злакам

Приведенные, как новые, 12 видов-вредителей пшеницы на исследуемой территории относятся к таксонам плохо здесь изученным. К числу «новых» не отнесены обычные широко распространенные виды, даже если сведения о них конкретно для Белгородской области не опубликованы.

Основные экономически значимые виды насекомых-вредителей пшеницы в Белгородской области: *E. integriceps*, *E. maura*, *E. austriacus* (рис.), *Ae. acuminata*, *S. avenae*, *Sch. graminum*, *A. sputator*. Локально и не каждый год вредят *Z. tenebrioides*, *A. segetum*, *O. pusilla*, *M. destructor*.

			Губкинский	Старооскольский		
		Ивнянский	Прохоровский	Чернянский	Красненский	
Краснояружский	Ракинянский	Яковлевский	Корочанский	Новооскольский	Красногвардейский	Алексеевский
		Яковлевский				
Грайворонский	Борисовский	Белгородский	Шебекинский	Волоконовский	Красногвардейский	Алексеевский
		Белгородский				
				Валуйский	Вейделевский	Ровенский

<1,0	1-3	4-10	11-30	>30	экз. / м ²
------	-----	------	-------	-----	-----------------------

Рис. Численная плотность взрослых щитников-черепашек *Eurygaster* spp. на полях хлебных злаков (пшеница, рожь, ячмень) на период начала уборки урожая в 2011 г.



Учеты в местах зимовки клопов (опушки и приопушечные зоны лесных массивов вглубь до 20 м) в 2014 году показали, что в условиях спада численности популяций щитников-черепашек и щитников настоящих, связанных с растениями семейства Мятликовые, после пика в 2011-2012 гг., зимующий запас живых особей (в конце апреля), в сумме, составлял у полей БГСХА около 0.6 экз./ м², а у полей БелНИИСХ – менее 0.1 экз./ м².

В 2014 г. заселение посевов пшеницы клопами в обоих пунктах началось в конце первой декады мая, а максимальная численная плотность (1.6 экз./ м² и 0.6 экз./ м², по пунктам, соответственно) отмечалась в начале июня при доминировании щитников-черепашек. По мере уборки озимой пшеницы клопы мигрировали на нескошенные участки, увеличивая на них численную плотность (суммарно – до 2.1 экз./ м² и 1.6 экз./ м²), на делянки с яровыми сортами (до 3.9 экз./ м²) и на обочины.

Видовой состав клопов, вредящих озимой пшенице, в первом пункте включает *L. pratensis*, *L. rugulipennis*, *T. ruficornis*, *T. coelestialium*, *Ae. acuminata*, *E. austriaca*, *E. integriceps*, *E. maura*, а во втором – *T. ruficornis*, *T. coelestialium*, *Ae. acuminata*, *E. integriceps*, *E. maura*, *E. testudinarius*.

Способ обработки почвы не определяет ни видовой состав, ни численную плотность клопов на посевах озимой пшеницы. Основное значение имеют условия для зимовки (площадь приопушечной полосы и опушки с разреженным древостоем) и эффективность защитных мероприятий. На обоих участках не отмечены энтомофаги и патогены вышеуказанных видов.

На полях озимой пшеницы Белгородской ГСХА в 2014 году отмечено 5 видов тлей: *Rh. padi*, *M. dirhodum*, *M. festucae*, *Rh. maidis* и *A. evonymi*. На полях БелНИИСХ – 4 вида: *Rh. padi*, *M. dirhodum*, *A. evonymi* и *Sch. graminum*. При этом на обоих участках доминировали первые два вида, а субдоминантом выступала *A. evonymi*. Все они относятся к двуххозяиным и, следовательно, именно леса с опушками, где отмечены как обычные Бересклет бородавчатый, Бересклет европейский, Черемуха обыкновенная и Роза собачья (Шиповник обыкновенный), являются местами зимовки тлей и источником заселения посевов пшеницы. Максимальная заселенность растений пшеницы наблюдалась на краевых участках полей со стороны лесных массивов, а минимальная – с противоположной стороны.

Миграции *Rh. padi* на озимую пшеницу в 2014 г. на обоих участках начались в первой декаде мая, а непрерывный рост численности наблюдался с первой декады июня до первой декады июля. Средние значения численной плотности на приобочинных участках полей достигали 10-20 экз./растение. В июле постепенно численность черемухово-злаковой тли снижалась и в период уборки пшеницы она обнаруживалась только на незрелых растениях.

M. dirhodum мигрировала на пшеницу с первой-второй декады мая и, после устойчивого роста, плотность ее популяций в первой декаде июня продолжала увеличиваться в приопушечных окраинах полей, а в центральных зонах и удаленных от лесных массивов – начинала снижаться (б.ч. под действием энтомофагов). Средняя плотность локальных популяций не превышала 3,5-4,1 экз./растение на полях БСХА и 8-10 экз./растение на полях БелНИИСХ.

H. tritici. На отдельных не обработанных инсектицидами полях, в их центральных частях, в 2010-2012 гг. его численная плотность в период фазы цветения пшеницы превышала 5000 экз./м², что определяет его как экономически значимый вид.

В 70-80-е годы прошлого столетия обыкновенная хлебная жужелица входила в число экономически значимых вредителей хлебных злаков в регионе. В последние годы наблюдений численная плотность этого вида держалась на низком уровне, как правило, не достигая 0,01 экз./кв.м. В тот же период *A. segetum* и *A. austriaca* входили в число первостепенных по значимости вредителей хлебных злаков. В настоящее время на окраинах полей пшеницы, граничащих с обочинами, – обычны, локально численная плотность достигает 5-и и более экз./м². На залежных участках с дикими злаками в период массового лета – до 15 экз. м². В то же время на удалении 50-70 м от обочин суммарная плотность этих видов не превышает 0,05 экз./м², что ниже экономического порога.

При общем доминировании Щелкуна посевного среди вредящих полевым культурам видов щелкунов – степной и бурногий увеличивают свое долевое представительство в южных районах области в годы с повышенными летними температурами. Личинки этих трех видов повреждают преимущественно корневые системы злаков. Численная плотность их достигает 50 и более экз./м².

Сопоставительные учеты земляных блошек и цикадок (прыгающие насекомые) кошением стандартным энтомологическим сачком и модернизированным «ящиком Петлюка» показали, что первый из них дает недоучет численной плотности в 90% и более [5]. Но основной вред блошки наносят не пшенице, а всходам ярового ячменя.

Заклучение

Большинство экономически значимых насекомых-вредителей пшеницы на территории Белгородской области – это широко распространенные, преимущественно степные, виды. Их экологические преферендумы соответствуют условиям первичных ареалов появления культурных форм мягкой и твердой пшеницы. Обнаружение новых для региона связанных с пшеницей видов связано с неравномерной изученностью здесь таксонов насекомых, а также с их второстепенным экономическим значением. В условиях проявления многолетней динамики климата на юге Среднерусской возвышенности и характерных для видов «популяционных волн» необходимо отслеживать соотношение значимости фитофагов, связанных с пшеницей.

Список литературы

1. Определитель вредных и полезных насекомых и клещей зерновых культур в СССР / Сост. Л.М. Копанева. – Л.: Колос, 1980. – 335 с.
2. Лебедева М.Г., Крымская О.В. Проявление современных климатических изменений в Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2008. – №3 (43). Серия Естественные науки, вып. 8. – С. 188-196.
3. Присный А.В. Методические рекомендации к проведению осеннего обследования на выявление полевых вредителей. – Белгород, 1979. – 68 с.
4. Присный А.В., Седин И.Ф., Червонный В.В., Присный Ю.А., Соколов А.Ю., Лобода Б.М. Животный мир Белгородской области / под ред. А.В. Присного. – Белгород: Белгородская обл. тип., 2012. – 400 с.
5. Андреева А.С., Присный А.В. Пищевая специализация и хозяйственное значение земляных блошек (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae) на территории Белгородской области (Россия) // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2012. – Т. XX, вып. 1. – С. 48-54.
6. Андреева А.С., Присный А.В. Земляные блошки (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae) Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2013. – №10 (153). – Вып. 23. – С. 63-66.
7. Присный А.В., Присный Ю.А., Стручаев В.В. Определитель наземных членистоногих, хозяйственно значимых на территории Белгородской области. I. Вредители полевых и огородных культур. II. Кровососущие членистоногие потенциальные переносчики возбудителей заболеваний человека и домашних животных. III. Вредители-филлофаги искусственных насаждений деревьев и кустарников: Учебное пособие. – Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2013. – 80 с.
8. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М.: Высшая школа, 1971. – 424 с.
9. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите зерновых культур / В.И. Танский, М.М. Левитин, Т.И. Ишкова, В.И. Кондратенко // Сб. методич. рекоменд. по защите растений. СПб.: ВИЗР, 1998. – С. 5-56.
10. Голуб В.Б. Коллекции насекомых: сбор, обработка и хранение материала. / В.Б. Голуб, М.Н. Цуриков, А.А. Прокин. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 340 с.
11. Коробов В.А. Защита мягкой яровой пшеницы от комплекса специализированных вредителей в Западной Сибири и Северном Казахстане. Дисс. ... д. с.-х. н. – Новосибирск, 2006. – 270 с.
12. Берим М.Н., Радченко Е.Е. Методы оценки и определения злаковых тлей. Методические рекомендации. – М., 2002. – С. 3-21.
13. Комков Д.Я., Хорошенькая В.В., Присный А.В. Устройство для учета прыгающих насекомых // Защита растений, 1991. – №1. – С. 49-50.

INSECT PESTS OF WHEAT IN THE BELGOROD REGION (RUSSIA)

Refined composition of wheat pests entomocomplexes in the Belgorod region includes 52 species. These, like new, 12 species of pests of wheat in the study area are poorly studied taxa in the region – cycads and aphids: *Calligipona striatella* Fall., *Javesella pellucida* F., *Dicranotropis hamata* Boh., *Oliarus* sp., *Hyalesthes obsoletus* Sign., *Empoasca pteridis* Dahlb., *Psammotettix striatus* L., *Metopolophium dirhodum* Walk., *Metopolophium festucae* Theob., *Rhopalosiphum maidis* Fitch., *Cephus brachycerus* Thoms., *Cephus cultratus* Eversm. Main economically important species of insect pests of wheat in the Belgorod region are: *E. integriceps*, *E. maura*, *E. austriacus*, *Ae. acuminata*, *S. avenae*, *Sch. graminum*, *A. sputator*. As to *Z. tenebrioides*, *A. segetum*, *O. pusilla*, *M. destructor*, they harm locally and not each year.

Most economically important insect pest of wheat in the Belgorod region – are widespread, mainly steppe species.

Keywords: wheat, Belgorod region, insect pests.

**Hadi Abduljaleel Naas,
Hadi Mirza Hamza Hadi,
A.V. Prisniy**

Belgorod State National Research
University. Pobeda St., 85, Belgorod,
308015, Russia

E-mail: prisniy@bsu.edu.ru



УДК 594.382.4, 574.3, 575.22

ПЛОДОВИТОСТЬ И ЭФФЕКТИВНАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ ПОПУЛЯЦИЙ *HELICOPSIS STRIATA* MÜLLER (GASTROPODA, PULMONATA, HELICOIDEA) НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

А.А. Сычев, Э.А. Снегин

Белгородский национальный
государственный исследовательский
университет, Россия,
308015, Белгород, ул. Победы 85
E-mail: sychov@bsu.edu.ru

Проведен анализ внутри- и межпопуляционной изменчивости индивидуальной плодовитости особей, размера яиц, плотности населения и морфогенетических параметров особо охраняемого наземного моллюска *Helicopsis striata* (Müller 1774) на территории юга Среднерусской возвышенности. Выявлены внутриволюционные механизмы регуляции плотности населения моллюсков, рассчитана репродуктивная и генетическая эффективная численность популяций. На основе анализа репродуктивной способности особей установлено, что в биотопах с нестабильными условиями существования присутствуют популяции с высокой изменчивостью морфогенетических признаков и внутриволюционной пространственной дифференциацией.

Ключевые слова: Среднерусская возвышенность, наземные моллюски, плодовитость, эффективная численность, популяционный генофонд.

Введение

Увеличение антропогенного давления на природные экосистемы приводит к снижению жизнеспособности популяций биологических видов и их исчезновению. Наиболее уязвимыми и требующими всесторонней охраны являются малоподвижные, узколокальные, стенобионтные виды живых организмов, к которым относятся степные виды моллюсков. При этом в условиях мозаичности естественных степей и их значительной нарушенности на территории Среднерусской возвышенности угроза исчезновения стенобионтных видов моллюсков стоит особенно остро.

В природных сообществах юга Среднерусской возвышенности характерным представителем ксерофильной группы реликтовых моллюсков является *H. striata*. Вид занесен в Красную книгу Белгородской области и списки МСОП [1, 2]. Поэтому необходима программа по сохранению и восстановлению популяций *H. striata*, что невозможно сделать без знания его биологии и экологии. В этом отношении особую важность имеют данные по биологии размножения и плодовитости вида, их связях с внутриволюционными параметрами и факторами окружающей среды, поскольку позволяют не только выявить механизмы регуляции численности особей, но и провести расчет эффективной численности особей в популяции и оценить ее жизнеспособность [3].

Цель работы: определить вариансу индивидуальной плодовитости особей в природных популяциях *H. striata* и выявить ее связь с плотностью населения особей, изменчивостью генетических и морфологических параметров, а также рассчитать эффективную численность в природных популяциях данного вида и дать оценку их жизнеспособности.

Материалы и методы

Для оценки вариансы индивидуальной плодовитости особей *H. striata* в периоды массового размножения 2010–2013 гг. нами были сделаны двенадцать репрезентативных выборок пар спаривающихся моллюсков из четырех природных популяций на территории юга Среднерусской возвышенности (рис. 1). В пределах каждой популяции выделяли относительно обособленные думы, где проводили сбор особей на участках площадью 25 м². Улитки собирались в центре и на периферии думов, а также на участках с разной степенью почвенной эрозии (табл. 1).

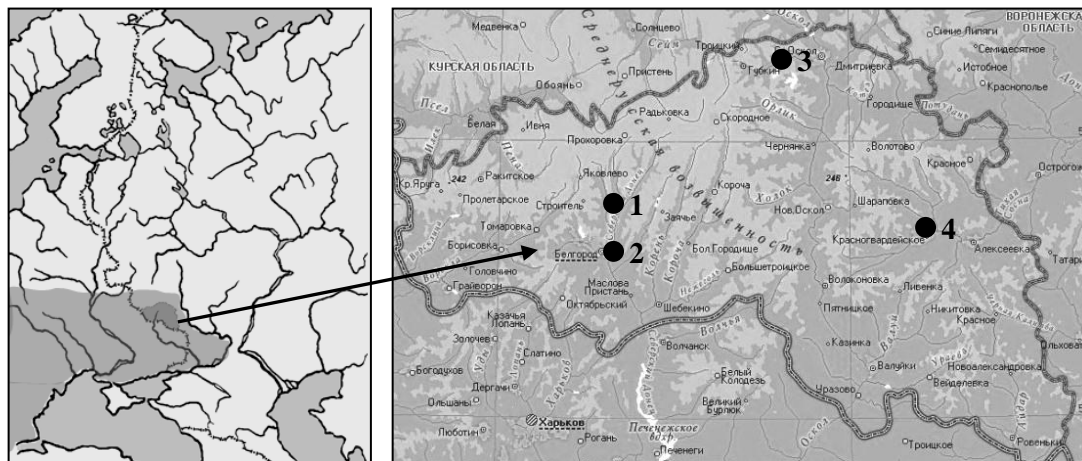


Рис. 1. Восточная часть ареала *N. striata* [1] и пункты сбора моллюсков на территории юга Среднерусской возвышенности: 1 – «Терновка», 2 – «Белая гора», 3 – «Губкин», 4 – «Бирюч»

Таблица 1

Описание пунктов сбора

Популяции / долина реки / годы сбора	Демы	Описание биотопов	Координаты
1. «Терновка», р. Северский Донец, 2010 г.	1-1	Низкотравно-осочковые мезофильные луга на суглинках, южная экспозиция склона балки. Пространственный «центр» популяции.	50°44'00.72"С 36°35'47.50"В
	1-2	Нарушенный участок биотопа с высокой эрозией суглинистых почв и преобладанием сорной растительности, южная экспозиция склона. Пространственная «периферия» популяции.	50°43'59.41"С 36°35'47.21"В
2. «Белая гора», р. Северский Донец, 2011 г.	2-1	Разнотравные луга на плотных меловых почвах, юго-восточная экспозиция склона. Пространственная «периферия» популяции.	50°37'29.65"С 36°37'09.64"В
	2-2	Кальцефитная разреженная растительность на легких меловых почвах, юго-западная экспозиция склона.	50°37'28.84"С 36°37'15.95"В
	2-3	Разнотравные луга на меловых почвах и высокой эрозией, юго-восточная экспозиция склона.	50°37'30.64"С 36°37'20.06"В
	2-4	Кальцефитная островная растительность на меловых осыпях, юго-восточная экспозиция.	50°37'32.65"С 36°37'22.94"В
	2-5	Разнотравные луга на плотных меловых почвах, юго-восточная экспозиция склона. Пространственная «периферия» популяции.	50°37'35.77"С 36°37'31.50"В
3. «Губкин», верховья р. Оскол, 2013 г.	3-1	Плакорная ковыльная степь, юго-западная экспозиция склона балки. Пространственная «периферия» популяции.	51°17'40.59"С 37°32'24.21"В
	3-2	Островная кустарничковая растительность на обнажениях мела, западная экспозиция склона.	51°17'47.34"С 37°32'17.11"В
	3-3	Астрагало-ковыльная растительность на меловых почвах, юго-западная экспозиция склона.	51°17'49.31"С 37°32'13.12"В
4. «Бирюч», р. Тихая Сосна, 2013 г.	4-1	Разнотравно-ковыльная степь на меловых почвах, северная экспозиция склона.	50°37'46.26"С 36°25'10.00"В
	4-2	Разнотравно-ковыльная островная растительность на эродированных меловых почвах, северная экспозиция склона.	50°37'46.52"С 36°25'20.01"В

После спаривания каждая особь была перенесена в отдельный климат-бокс с благоприятными условиями для откладки яиц: комнатная температура, высокая влажность, обязательно наличие на дне бокса слоя почвы и перегнивающих остатков растений [4]. В полученных кладках подсчитывали число яиц (рис. 2), а на бинокулярном микроскопе МБС-10 с окуляр-

микрометром измеряли их диаметр (d_n). Поскольку яйца *H. striata* имеют форму шара, то объем одного яйца (V_n) рассчитывали по формуле $V_n = 4 \cdot 3.142 \cdot (d_n/2)^3 / 3$.

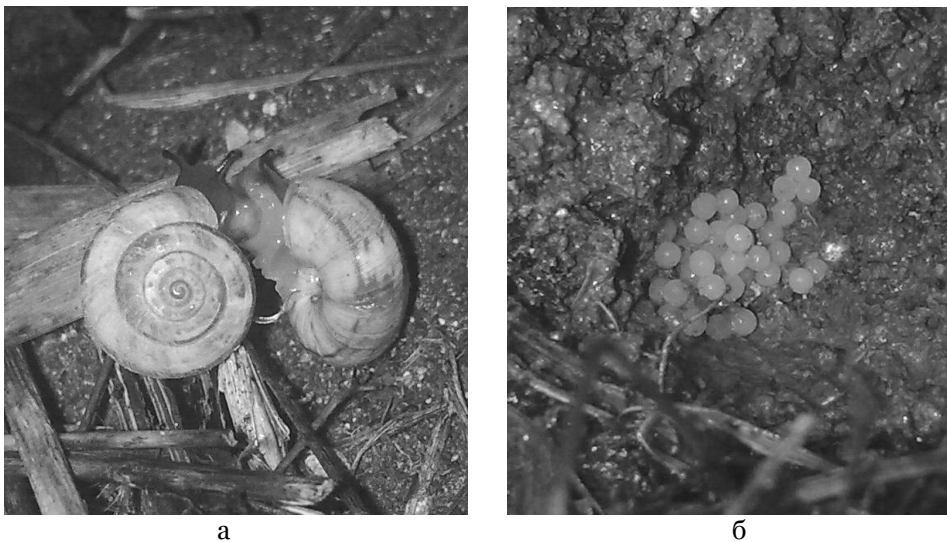


Рис. 2. Спаривание (а) и вскрытая кладка яиц (б) *H. striata*

Далее проводили промеры ширины и высоты, подсчитывали количество оборотов раковин у моллюсков, отложивших кладки яиц (рис. 3). Объем раковины (V_p) рассчитывали по формуле $V_p = \text{ШР}^2 \cdot \text{ВР} / 2$. Всего проанализированы 206 кладок моллюсков и их раковин.

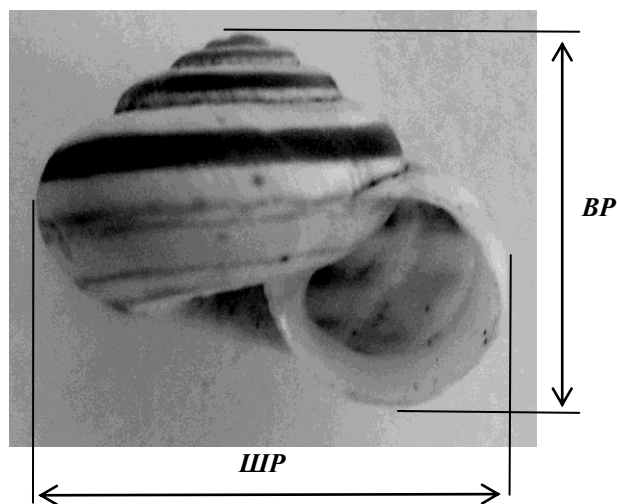


Рис. 3. Схема промеров раковины *H. striata*: ВР – высота раковины, ШР – ширина раковины

В каждой субпопуляции (деме) плотность населения особей определяли путем сбора моллюсков вручную с трех повторных площадок по 1 м². Половозрелыми считались особи с числом оборотов ≥ 4.25 .

Репродуктивную эффективную численность особей ($N_{e,r}$) рассчитывали на основании значений дисперсии индивидуальной плодовитости гермафродитных организмов (V) по формуле [5]:

$$N_{e,r} = \frac{4N - 2}{V + 2}, \quad V = \frac{\sum (k_i - k)^2}{N},$$

где N – число половозрелых особей в популяции, k_i – размер кладки яиц i – особи, k – средний размер кладки яиц в популяции.

В качестве генетических маркеров использовали полиморфные локусы неспецифических эстераз (*Est*) и супероксиддисмутазы (*Sod*), полученные методом электрофореза в 10% ПААГ. Описание используемого метода и основные результаты опубликованы нами ранее [3,



6]. На основе этих данных рассчитывали генетическую эффективную численность особей (Ne_g) по формуле, учитывающей уровень инбридинга (F) [7]:

$$Ne_g = \frac{N}{1 + F} .$$

Статистическая обработка полученных данных была проведена в программах Microsoft Office Excel и GenAlEx [8].

Результаты и их обсуждение

Спаривание у *H. striata* начинается в конце лета – начале осени и совпадает со сменой теплой и сухой антициклональной погоды циклональной, сопровождающейся похолоданием, выпадением осадков и снижением атмосферного давления. Первоначально к размножению приступают единичные пары, постепенно в него вовлекается большинство половозрелых особей, и процесс спаривания приобретает массовый характер. Продолжительность периода размножения в популяциях различна и в зависимости от погодных условий колеблется от нескольких суток до нескольких недель. Причем отдельные спаривающиеся пары могут встречаться вплоть до появления заморозков.

На примере популяции «Терновка» выявлена тенденция к увеличению разности в возрасте у спаривающихся особей на «периферии» популяции по сравнению с ее «центром». Подобное вовлечение в процесс размножения особей разных поколений, именуемое «возрастным кроссом» [9], предположительно, способствует поддержанию генетического разнообразия и снижению эффекта генетического дрейфа в условиях частичной изоляции генофонда на «периферии» популяции.

Несмотря на то, что наземные моллюски являются гермафродитами, самооплодотворение у них встречается редко и более распространено перекрестное оплодотворение особей [10]. По результатам наших исследований у *H. striata* наблюдается реципрокный тип копуляции, при котором особи попеременно выступают и в качестве самцов, и в качестве самок [11]. При этом во время спаривания особи могут выступать или в роли «самец+самка», или в роли «только самец» / «только самка». А поскольку количество отложенных кладок яиц в популяции определяется числом особей с «женской» ролью, то конечное число кладок варьирует от 50% до 100% от численности спарившихся моллюсков. Так, при анализе кладок яиц, полученных в климат-боксах, показано, что доля отложивших яйца особей в выборке из «центральной» части популяции «Терновка» составила 57%, в то время как в «периферийной» группе этой популяции – 83% от общего числа спарившихся особей. В популяции «Губкин», характеризующейся низкой плотностью населения моллюсков, доля особей с кладками яиц во всех выборках из исследованных демов была близкой по значению и составила 85–95%. При этом в популяции «Бирюч», также имеющей низкую плотность населения, для выборки из биотопа со слабо эродированной почвой и сплошным растительным покровом доля отложивших яйца особей была равна 61%, а в выборке из биотопа с сильной эрозией почвы и островной растительностью – 81%. Таким образом, увеличение числа особей, участвующих в откладке яиц может быть связано со снижением плотности населения, ухудшением условий обитания и является механизмом внутривидовой регуляции численности особей по принципу обратной связи.

В ходе эксперимента нами установлено, что *H. striata* откладывает яйца не ранее чем через 65 часов после спаривания в предварительно сделанное углубление в почве. Диаметр яиц варьирует от 1.0 мм до 2.5 мм и подвержен высокой межпопуляционной изменчивости (табл. 2). Размер кладки составляет от 5 до 67 яиц.

Таблица 2

Изменчивость индивидуальной плодовитости и морфометрических параметров раковины в популяциях *H. striata*

Популяции	Выборки	Число кладок	Число яиц в кладках	Вариансы плодовитости	Объем яиц ($V_{я}$), мм ³	Объем кладок яиц ($V_{кл}$), мм ³	Объем раковин ($V_{р}$), мм ³	$V_{кл}/V_{р}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1-1	17	11.8±2.3	21.9±14.7	1.02±0.03	12.2±2.5	161.7±17.1	0.08
	1-2	16	26.2±4.9	93.6±64.9	1.00±0.02	26.4±5.0	321.3±49.3	0.08
	Общее	33	19.0±3.6	109.7±52.9	1.01±0.03	19.2±3.7	241.5±37.5	0.08
2	2-1	10	31.6±11.6	348.9±305.8	1.52±0.04	28.4±17.6	724.2±80.2	0.04
	2-2	16	12.9±1.4	8.6±5.6	1.91±0.03	24.7±12.1	226.0±33.7	0.11



Окончание табл. 2

	2-3	19	12.4±3.1	47.0±29.9	1.80±0.04	22.3±10.0	329.7±68.4	0.07
	2-4	14	9.9±1.2	4.9±3.6	1.90±0.06	18.7±9.8	203.5±19.9	0.09
	2-5	24	19.0±2.8	47.9±27.1	1.66±0.03	31.5±12.6	359.7±52.2	0.09
	Общее	83	16.2±2.3	109.0±33.2	1.77±0.02	28.1±3.4	344.6±41.2	0.08
3	3-1	18	19.2±3.6	59.7±40.1	2.92±0.04	56.0±11.2	451.3±59.9	0.12
	3-2	18	16.0±2.9	40.3±26.4	3.38±0.05	57.1±10.4	420.7±45.6	0.14
	3-3	19	19.1±3.4	55.8±35.5	3.37±0.08	64.3±12.6	395.8±59.2	0.16
	Общее	54	18.4±1.9	50.1±18.8	3.23±0.04	59.3±6.6	421.6±32.2	0.14
4	4-1	19	11.2±1.0	5.3±3.4	1.65±0.03	18.3±1.9	96.9±9.3	0.19
	4-2	17	12.6±2.1	20.4±13.7	1.71±0.04	21.2±4.0	101.7±11.0	0.21
	Общее	36	11.9±1.2	12.2±5.6	1.67±0.03	19.7±2.2	99.2±7.1	0.20

Примечание: указаны средние значения признаков и их доверительные интервалы ($M \pm \Delta$). Здесь и далее номера популяций и их демов указаны в соответствии с нумерацией в таблице 1.

Дальнейший анализ плодовитости особей *H. striata* проводили на внутривидовой и межвидовой уровнях изменчивости.

При анализе внутривидовой изменчивости сравнивали данные по демам в пределах локальных популяций. Так, для популяции «Белая гора» выявлено, что с увеличением размеров особей увеличивается кладка ($r=0.73 \pm 0.05$, $P < 0.05$) и уменьшается размер яиц ($r=-0.93 \pm 0.21$, $P < 0.05$). Это, вероятно, обусловлено тем, что увеличение плодовитости у крупных особей сопровождается уменьшением среднего размера откладываемых яиц, и соответственно, запасенных в них питательных веществ, что снижает вероятность успешного завершения эмбрионального периода развития. Увеличение количества яиц за счет снижения их качества можно рассматривать как характерный признак для популяций с r-стратегией и является показателем адаптации к менее стабильным условиям обитания [12]. Стоит отметить, что ранее нами была показана значительная степень внутривидовой структурированности популяции «Белая гора» по морфогенетическим параметрам и выявлена обратная зависимость между увеличением размера половозрелых особей и плотностью их населения ($r=-0.91 \pm 0.24$, $P < 0.05$), что свидетельствует в пользу биотопической неоднородности данного популяционного ареала [6]. При сравнении средних значений объема раковины в популяции «Терновка» также выявляется высокая степень оригинальности демов (таблица 2). В то же время в популяциях «Губкин» и «Бирюч» не выявлено столь резких различий между субпопуляциями как по размеру, так и плотности особей.

На межвидовом уровне изменчивости сравнивались средние значения признаков между популяциями *H. striata*. Выявлена значительная степень дифференциации популяций по размеру яиц. При этом достоверной связи между объемом яйца и раковины нами не обнаружено. Так, для популяции «Губкин» характерны наибольшие средние размеры как особей, так и их яиц, в то же время в популяции «Бирюч» с самыми мелкими особями яйца имеют средние размеры. Кроме того, на межвидовом уровне при одинаковой плотности населения отмечаются значительные различия в среднем размере раковины.

Формирование богатых питательными веществами яиц является энергетически затратным процессом. Поэтому снижение стабильности условий обитания и повышение энергозатрат на обеспечение индивидуальной жизнедеятельности должно отражаться на снижении репродуктивного потенциала особей. Относительным показателем энергообеспеченности особей может служить отношение объема кладки яиц к объему их раковины. Сравнение индекса $V_{кл}/V_p$ между популяциями показывает, что в группах «Бирюч» и «Губкин», по-видимому, существуют более благоприятные условия для жизнедеятельности моллюсков. При этом стоит отметить, что популяции «Белая гора» и «Терновка» с высокой внутривидовой дифференциацией отличаются самыми низкими значениями индекса $V_{кл}/V_p$. Кроме этого, в этих популяциях зафиксированы и наиболее высокие средние значения дисперсии индивидуальной плодовитости. Данное явление, вероятно, вызвано высококодифференцированной внутривидовой структурой популяций бассейна р. Северский Донец, что является следствием неоднородных и нестабильных условий существования.

На внутривидовом уровне изменчивости связи средней плодовитости особей с частотами аллелей изоферментов и генотипов, а также показателями генетической изменчивости между демом нами не обнаружено. Однако при сравнении популяций *H. striata* на юге Среднерусской возвышенности ранее была выявлена прямая зависимость между уровнем гене-

тического разнообразия и коэффициентом вариации V_p у половозрелых особей ($r=0.84\pm 0.20$, $P<0.05$) [3]. При этом наибольший уровень генетического разнообразия отмечается в популяциях бассейна р. Северский Донец с наименее стабильными условиями обитания. Это подтверждает ранее высказанное предположение, согласно которому увеличение спектра генетического разнообразия является следствием нестабильных условий существования и вызванных ими стрессовых реакций, что позволяет популяциям успешнее адаптироваться к этим изменениям [13]. Стоит отметить, что только в популяциях бассейна р. Северский Донец нами обнаружены единичные мутантные особи с левозакрученной раковиной, тогда как в норме у данного вида она является правозакрученной.

Как указывают некоторые исследователи, даже незначительное увеличение гомозиготности в популяциях приводит к существенному снижению общей репродуктивной способности [14, 15]. Однако, по нашим данным, для природных популяций *H. striata* это правило не подтверждается. Так, в популяции «Губкин», исследуемые локусы изоферментов полностью мноморфны, при этом наблюдается относительно высокая средняя плодовитость особей. А в «периферийных» демах из популяций «Белая гора» и «Терновка» по сравнению с «центральными» субпопуляциями наблюдается снижение генетического разнообразия с фиксацией аллелей по ряду локусов, в то же время именно эти демы характеризуются максимальной плодовитостью. Возможно, в природных популяциях наземных моллюсков существуют механизмы, поддерживающие высокий репродуктивный потенциал особей в условиях близкородственного скрещивания. Кроме того, необходимо отметить, что любая природная популяция является результатом длительной эволюции, оптимизированной по многим параметрам для максимально эффективного функционирования в конкретных условиях окружающей среды и для каждой популяции характерен специфичный уровень как генетического разнообразия, так и репродуктивного потенциала.

Данные по эффективной численности популяций и их внутривидовых групп, полученные на основании расчета дисперсии индивидуальной плодовитости и индекса инбридинга представлены в таблице 3. Согласно данным литературы, для большинства организмов доля N_e/N составляет в среднем 0.75, а для многих популяций человека, как наиболее процветающего вида, лежит в диапазоне 0.69-0.95 [5, 16]. В исследованных популяциях *H. striata* значения N_e/N ниже указанного диапазона, что может быть связано с относительно неблагоприятными условиями обитания на границе видового ареала (см. рис. 1). Наименьшие значения N_e/N отмечаются в популяциях с низкой плотностью населения и большими размерами особей. Прежде всего, это характерно для популяции «Губкин», а также «периферийных» демов из популяций «Белая гора» и «Терновка». При этом в отношении группы «Губкин», характеризующейся относительно высоким значением показателя энергообеспеченности особей, следует говорить скорее о специфичности значения N_e для оптимального функционирования популяции в экосистеме.

Таблица 3

Эффективная численность особей в популяциях *H. striata*

Популяции	Выборки	Среднее число особей на 1 м ²	$S, м^2$	N	N_e	N_e/N	N_g	N_g/N
1	1-1	18.0	25	450	75.2	0.17	371.9	0.83
	1-2	12.0	25	300	12.5	0.04	250.0	0.83
	Общее	15.0	50	750	26.8	0.04	625.0	0.83
2	2-1	19.0	25	475	5.4	0.01	435.8	0.92
	2-2	248.0	25	6200	2339.4	0.38	6200.0	1.00
	2-3	109.0	25	2725	222.4	0.08	3244.0	1.00
	2-4	276.0	25	6900	3999.7	0.58	7263.2	1.00
	2-5	151.0	25	3775	302.6	0.08	3595.2	0.95
	Общее	160.6	125	20075	723.4	0.04	20484.7	0.99
3	3-1	1.2	25	30	1.9	0.06	15.0	0.50
	3-2	2.4	25	60	5.6	0.09	30.0	0.50
	3-3	3.7	25	93	6.4	0.07	46.3	0.50
	Общее	2.4	75	183	13.8	0.08	90.0	0.50
4	4-1	4.0	25	100	54.5	0.55	85.5	0.85
	4-2	3.0	25	75	13.3	0.18	72.1	0.96
	Общее	3.5	50	175	49.2	0.28	162.0	0.93

Примечание: S – площадь анализируемых участков; N – численность половозрелых особей.

Эффективная численность популяций, полученная по дисперсии плодовитости особей, имеет высокую корреляцию с плотностью населения особей и их средним размером. Связь



между N_{e_r} и степенью состояния биотопа не выявляется. Так, в биотопах с высокой эрозией может быть как высокие, так и низкие значения N_{e_r} .

Генетическая эффективная численность в сравнении с N_{e_r} имеет более высокие значения. При этом даже в высокодифференцированных популяциях не удается выявить достоверных отличий значений N_{e_g}/N между демами. Это можно объяснить, как относительно высоким уровнем потока генов между демами в пределах популяций, снижающим вероятность близкородственного скрещивания, так и способностью малоподвижных видов противостоять инбридинговой депрессии с помощью генов-модификаторов [17] и компенсаторного комплекса генов [18]. Установлено, что N_{e_g}/N в популяциях и демах не коррелирует с плотностью населения, плодовитостью и размером особей, а также с отношением N_{e_r}/N . Таким образом, показатель N_{e_g}/N , рассчитанный по уровню инбридинга, позволяет проводить общую оценку состояния популяции *H. striata* без учета внутривидовой структуры.

Как указывает М.Э. Сулей, для устойчивого функционирования эффективная численность природной популяции должна быть ≥ 50 [15]. Поскольку в рассмотренных группах *H. striata* плотность населения сильно варьирует, то для обеспечения минимально допустимого значения N_e необходима разная площадь популяционного ареала. Так, для стабильного существования популяции «Губкин», характеризующейся наименьшими значениями генетической и репродуктивной эффективной численности, необходимо наличие ареала большей площади. В условиях высокой урбанизированности и хозяйственной освоенности ландшафтов в г. Губкине, в территориальных границах которого расположена исследуемая популяция, снижается вероятность сохранения протяженных ненарушенных степных биотопов, что угрожает популяции «Губкин» падением численности и вымиранием.

Популяция «Терновка» характеризуется низкой долей N_{e_r} в связи с высокой варiances индивидуальной плодовитости и пониженной численностью особей. Если в этой группе произойдет увеличение численности особей с последующей пространственной дифференциацией, то это позволит повысить жизнеспособность как отдельных демонов, так и всей популяции. Как это наблюдается, например, в популяции «Белая гора», где при аналогичном среднем значении варiances плодовитости, но более высокой плотностью населения и пространственной дифференциацией, отмечается присутствие отдельных демонов с высокими значениями N_{e_r}/N , что существенно повышает жизнеспособность этой популяции как целого.

Заключение

Рассмотренные популяции ксерофильного моллюска *H. striata* характеризуются высоким уровнем межпопуляционной изменчивости и разным уровнем внутривидовой дифференциации по плодовитости, диаметру яиц, размеру и численности половозрелых особей.

Наиболее уязвимыми являются популяции *H. striata* с маленьким ареалом, низкой плотностью населения, большим размером и низкой изменчивостью раковины у половозрелых особей. При планировании мероприятий по охране моллюска на территории юга Среднерусской возвышенности наиболее пристальное внимание необходимо уделять оценке жизнеспособности таких малочисленных популяций, как «Терновка» и «Губкин».

Список литературы

1. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Официальное издание / Общ. науч. ред. А.В. Присный. – Белгород: Белгородская областная типография, 2005. – 532 с.
2. Красная книга МСОП [Эл. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.iucnredlist.org/details/157067/0> (дата обращения 20.11.2014).
3. Снегин Э.А., Сычев А.А. Оценка жизнеспособности популяций особо охраняемого вида *Helicopsis striata* Müller (Mollusca, Gastropoda: Pulmonata) в условиях юга Среднерусской возвышенности // Теоретическая и прикладная экология. – 2011. – №2. – С. 83–92.
4. Сычев А.А., Снегин Э.А. Изменчивость индивидуальной плодовитости и эффективная численность *Helicopsis striata* (Gastropoda, Pulmonata, Helicoidea) в условиях Среднерусской возвышенности // «Тобольск научный – 2011»: Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции (Тобольск, Россия, 11–12 ноября 2011 г.). – Тобольск: Полиграфист, 2011. – С. 72–74.
5. Crow J.F., Kimura M. An introduction to population genetics theory. – N.Y.: Harpers and Row, 1970. – 591 p.
6. Сычев А.А., Снегин Э.А. Внутривидовая структура *Helicopsis striata* (Gastropoda, Pulmonata, Hygromiidae) в условиях лесостепного ландшафта юга Среднерусской возвышенности // Вестник КрасГАУ. – 2013. – №9. – С. 126–132.
7. Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals // Genetics. – 1978. – Vol. 89. – P. 583–590.



8. Peakall R., Smouse P.E. GenAlEx V5: Genetic Analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. Australian National University. Canberra, Australia, 2001 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.anu.edu.au/BoZo/GenAlEx/> (дата обращения 20.11.2014).
9. Чельцов-Бебутов А.М. Биологическое значение тетеревиных токов в свете теории полового отбора // Орнитология. – 1965. – Вып. 7. – С. 389–397.
10. Duncan C.J. Reproduction. in: Pulmonates, 1. Functional anatomy and physiology (V Fretter & J. Peak, eds). – New York: Academic press, 1975. – Pp. 309–365.
11. Маматкулов А.Л. Особенности размножения наземных моллюсков семейства Clausiliidae: репродуктивные циклы и функциональная морфология полового аппарата: Автореф... канд. биол. наук. – М., 2007. – 26 с.
12. MacArthur R.N., Wilson E.D. The theory of Island biogeography. – Princeton, N.Y.: Princeton Univ. Press, 1967. – 203 p.
13. Чересиз С.В., Юрченко Н.Н., Иванников А.В., Захаров И.К. Мобильные элементы и стресс // Вестник ВОГиС. – 2008. – Т. 12; № 1/2. – С. 216–241.
14. Abplanalp H.A. Inbreeding as a tool for poultry improvement // First World Congress on Genetics applied to live-stock production, gravitas. Orbe, Madrid, Spain. – 1974. – Pp. 897–908.
15. Frankel O.H., Soule M.E. Conservation and Evolution. – London and New York: Cambridge University Press. – 1981. – 327 p.
16. Crow J.F., Morton N.E. Measurement of gene frequency drift in small population // Evolution. – 1955. – Vol. 9. – Pp. 202–214.
17. Ланде Р., Бэрроуклаф Дж. Эффективная численность популяции, генетическая изменчивость и их использование для управления популяциями // В книге: Жизнеспособность популяций: Природоохранные аспекты / Под. ред. М.Сулея. – М.: Мир, 1989. – С. 117–157.
18. Струнников В.А. Возникновение компенсационного комплекса генов одна из причин гетерозиса // Журн. общ. биологии. – 1974. – Т. 35; №5. – С. 666–677.

THE FERTILITY AND EFFECTIVE NUMBER OF POPULATIONS *HELICOPSIS STRIATA* MÜLLER (GASTROPODA, PULMONATA, HELICOIDEA) ON THE TERRITORY OF SOUTH THE MIDD-RUSSIAN UPLAND

A.A. Sychev, E.A. Snegin

Belgorod State National Research University, Pobeda St. 85, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: sychov@bsu.edu.ru

We conducted an analysis of intra - and interpopulation variability of individual fecundity, egg size, population density and morphogenetic parameters in the specially protected land snails *Helicopsis striata* (Müller 1774) on south of the Midd-Russian upland. Revealed intraspecific mechanisms regulation of the population density, calculated reproductive and genetic effective number of individuals. It is shown that the reproductive ability of individuals to the least stable conditions for the existence of marked populations with the highest variability morphogenetic characteristics and spatial differentiation on demos.

Key words: the Midd-Russian Upland, land snails, fertility, effective population size, population gene pool.



МАТЕРИАЛЫ ПО ИЗУЧЕНИЮ ПИТАНИЯ ЧЕРЕПАХ (REPTILIA, TESTUDINES) В ВОСТОЧНОМ АЗЕРБАЙДЖАНЕ

Н.Э. Новрузов

Институт зоологии НАН
Азербайджана, Азербайджан, AZ1073,
г. Баку, ул. Аббасаде, проезд 1128,
кв. 504

E-mail: niznovzoo@mail.ru

Исследовано питание болотной, каспийской и средиземноморской черепах в аридных биоценозах восточного Азербайджана. Установлено, что различные беспозвоночные играют ведущую роль в питании пресноводных черепах. Для средиземноморской черепахи беспозвоночные как кормовая группа становятся значимыми лишь в засушливый летний период. Выявлена изменчивость спектра питания пресноводных черепах по наземным и водным группам кормовых объектов. Отмечена определенная сезонная цикличность смены рациона у всех трех видов черепах.

Ключевые слова: болотная и каспийская черепахи, средиземноморская черепаха, состав пищи, аридные ландшафты, восточный Азербайджан.

Введение

В восточном Азербайджане обитают два вида пресноводных черепах – болотная *Emys orbicularis* (Linnaeus, 1758), каспийская *Mauremys caspica* (Gmelin, 1774) и один вид сухопутной черепахи – средиземноморская черепаха *Testudo graeca* (Linnaeus, 1758).

Анализ литературных данных [1, 2, 3] выявил недостаточную изученность некоторых аспектов их питания в условиях аридных ландшафтов этого региона. В частности отсутствуют сведения о качественных и количественных соотношениях съедаемого за сутки корма, тактике его добывания, ландшафтными различиям спектра питания в связи с кормовыми характеристиками биотопов, сезонных изменениях состава пищи черепах. Проведенные нами исследования были акцентированы на всех этих вопросах.

Объекты и методы исследования

Полевая работа проводилась с марта по ноябрь два сезона (2012–2013 гг.). Исследованиями была охвачена значительная часть суши (междуречье Пирсагат-Джейранкечмез, Гобустан, Абшеронский п-ов), а также большие и малые водоемы аридной зоны восточного Азербайджана. Всего было обработано 247 особей черепах, но основным материалом для настоящей работы послужили 182 экз. с длиной панциря (L.car.) от 130 до 280 мм.

Питание изучалось сочетанием двух методов применяемых для каждой особи: 1) промывание желудка водой вводимой посредством шприца (20 см³) через канюлю вводимую животным перорально [4] и 2) анализ собранных экскрементов [5]. Ввиду того что идентифицировать кормовые объекты по этим методикам удавалось лишь на 60–70%, недостающие сведения восполнялись данными визуальных наблюдений в природе. Животные объекты питания определялись до отряда, некоторые до семейства. Роль растений в питании черепах устанавливались только на основе визуальных наблюдений, а объекты определялись до рода и вида. Параллельно проводили учет численности и установление таксономического состава беспозвоночных в биотопах [6, 7].

Результаты и их обсуждение

1) Питание болотной черепахи (*E. orbicularis*).

Результаты исследований показали, что основой питания болотной черепахи во всех обследованных биотопах региона являются разнообразные беспозвоночные животные (84.3%), таксономический состав которых зависит от местообитания. Позвоночные (рыбы, амфибии) употребляются ими в пищу крайне редко (от 1.3 до 4.1% в разных водоемах). Причем практически всегда это были погибшие или сильно травмированные особи. Так, у 17 болотных черепах из водоемов Гобустана основу рациона составляли в меньшей степени водные (7.3%) и в большей степени наземные беспозвоночные (81%). Среди них преобладали насекомые (45%), а также многоножки, пауки, равноногие ракообразные. Личинки земноводных, части наземных растений и водоросли встречались в составе их пищи в незначительном количестве (1.7%). Из насекомых чаще других отмечались представители прямокрылых (46%), чешуекрылых (15%) и

жестокрылых (13%). Летающих и прыгающих насекомых черепахи добывают исключительно с поверхности воды. Из других наземных беспозвоночных они предпочитают малоподвижных (дождевые черви, моллюски, личинки насекомых) которых добывают на береговой полосе. Поиском корма болотные черепахи в летние месяцы занимаются преимущественно в водной среде, а в весенние и осенние месяцы, как в воде, так и на суше.

Основу питания 19 черепах из водоемов Абшеронского п-ова составляли многощетинковые черви, моллюски, насекомые, ракообразные, личинки земноводных, пауки, мелкая рыба (*Gambusia affinis*), водоросли и наземные растения (табл. 1).

Таблица 1

Состав пищи *E. orbicularis* в водоемах Абшеронского п-ова, Гобустана, оз. Агзыбир, мелиоративных каналах, р. Кура

Объекты питания	Частота встречаемости в пище (%)				
	1 (n=19)	2 (n=24)	3 (n=17)	4 (n=17)	5 (n=12)
Plantaris	8.4	28.0	8.2	9.7	11.2
Aves	1.9	3.4	–	–	0.2
Anura	2.1	4.5	1.5	11.3	16.4
Oligochaeta	2.0	3.2	2.5	2.7	3.2
Polychaeta	2.3	1.4	–	1.4	2.2
Mollusca	14.4	18.1	12.0	15.6	17.3
Isopoda	6.5	1.3	11.6	5.3	2.1
Amphipoda	8.1	4.7	–	3.8	4.3
Aranei	12.0	2.4	16.4	9.8	6.0
Myriapoda	2.1	–	2.3	1.6	–
Insecta	37.0	31.0	45.0	36.4	33.4
Pisces	2.1	2.3	–	2.2	3.1

Примечание: 1 – водоемы Абшеронского п-ова; 2 – оз. Агзыбир; 3 – водоемы Гобустана; 4 – мелиоративные каналы; 5 – р. Кура.

Были отмечены случаи некрофагии (Chordata). Соотношение водных и наземных групп беспозвоночных было примерно равное.

Основу питания 24 черепах из оз. Агзыбир составляли водные, и полуводные насекомые (31%), черви, моллюски, ракообразные, земноводные, трупы рыб и других позвоночных животных, водоросли, полуводные и наземные растения. Наземные насекомые в желудках встречались значительно реже (2.6%).

В составе пищи 12 болотных черепах из р. Кура и 17 черепах из устьев мелиоративных каналов чаще встречались различные водные и полуводные беспозвоночные, а также личинки амфибий, мальки рыб и в небольшом количестве упавшие на воду наземные насекомые (жестокрылые, чешуекрылые, прямокрылые).

Оценка суточной ритмики питания, проведенная путем индивидуальных наблюдений и сопоставления содержимого желудка особей отловленных в разное время суток показала, что в весенние месяцы черепахи наиболее активно питаются в дневные часы, в летние месяцы – в утренние и вечерние, а осенью в утренние и дневные часы.

Вопреки сложившимся мнениям, что в пище болотных черепах, как в большей мере связанных с водной средой, преобладают гидробионты (89.6% от всей пищи) [3, 8, 9], нами чаще отмечались наземные беспозвоночные (57.0–67.4%). Тактика их добывания зависела от того в какой среде охотились черепахи. Находясь в водной среде, они собирали упавших на воду насекомых прямо с поверхности. На суше, в пределах береговой полосы, черепахи использовали тактику поиска, преследования и схватывания медленно передвигающихся беспозвоночных. Живые мелкие, и средней величины объекты добываемые на суше переносились в воду и там поедались. Крупные объекты (в основном падаль) поедались прямо в местах их обнаружения (в воде или на суше).

Основную часть добычи составляли живые объекты массой 80–170 мг и длиной тела 30–60 мм. Максимальная масса обнаруженных объектов составляла 2.6 г, а длина – 90 мм. Масса ежедневно поедаемых беспозвоночных в основном зависит от размеров черепах: она в среднем редко превышает 8.6 г у особей с длиной карапакса 120–150 мм и лишь в отдельных случаях доходит до 19.4 г у особей с длиной карапакса 220–250 мм. Самый низкий уровень потребления кормов отмечен в конце марта – начале апреля и в октябре, когда черепахи добывали всего 2–3 г беспозвоночных в сутки. Максимально высокий уровень потребления кормов наблюдался в июне и составлял в среднем 12.1 г в сутки.

Установлены сезонные изменения в качественном и количественном составе наземных кормовых объектов. Так, в марте большинство желудков (94%) были пустыми. В остальных присутствовали только единичные равноногие (мокрицы) и растительные остатки. В апреле состав объектов питания довольно скуден и представлен в основном наземными группами беспозвоночных, в основном пауками, насекомыми (чешуекрылые) и равноногими. В мае состав пищи изобилует числом таксонов (прибавляются перепончатокрылые, полужестокрылые и жестокрылые), но в количественном отношении продолжают преобладать пауки (29.9%) и чешуекрылые (13.7%). Качественный состав июньского питания очень близок майскому, но количественные соотношения по группам беспозвоночных и по отрядам среди насекомых существенно меняются. Сокращаются по количеству встреч пауки (до 8.6%) и чешуекрылые (11.2%), появляются прямокрылые (39.4%) и равнокрылые (4.1%). В июле и в августе состав пищи меняется как в качественном, так и в количественном отношении. Уже отсутствуют в составе пищи жестокрылые, равноногие и чешуекрылые, уменьшается количество прямокрылых (7.1%), но начинают встречаться сетчатокрылые (1.3%) и поденки (7.8%). В сентябрьскую диету вновь возвращаются жестокрылые, заметнее по количеству становятся пауки (15%), прямокрылые (9%) и в незначительном количестве перепончатокрылые (0.2%). В октябре состав пищи отличается от сентябрьского преимущественно снижением его в количественном отношении и появлением равноногих (до 6.8%).

Пищевой спектр черепах не всегда был пропорционален составу беспозвоночных в биотопах. Так, например пауки в пище черепах чаще отмечались в осенние месяцы, тогда как в природе их массовость приходилась на апрель–май. Равноногие в природе были одинаково массовыми как в весенние, так и осенние месяцы, однако в желудках черепах чаще встречались в осенний период. Перепончатокрылые часто встречались во все сезоны в природе, тогда как в желудках отмечались исключительно редко. Из всего вышеизложенного следует, что в питании черепах в определенной мере существует предпочтение одних групп беспозвоночных другим.

2) Питание каспийской черепахи (*M. caspica*).

Состав пищи каспийской черепахи так же во многом зависит от места обитания. Но главное ее отличие по характеру питания от болотной черепахи это большая склонность к малоподвижным и неподвижным объектам, а также к потреблению плодов и листьев наземных, полуводных и водных растений. По составу своего рациона каспийская черепаха принципиально отличается от болотной и большим предпочтением ею водных беспозвоночных и падали. Питается преимущественно в водной среде. Состав пищи 15 каспийских черепах из оз. Агзыбир и 12 черепах из р. Сумгайтчай в количественном и качественном отношении по некоторым группам кормов заметно отличался (табл. 2).

Таблица 2

Состав пищи *M. caspica* в нижнем течении р. Сумгайтчай, оз. Агзыбир, мелиоративных каналах, р. Кура

Объекты питания	Частота встречаемости в пище (%)			
	1 (n=12)	2 (n=15)	3 (n=12)	4 (n=14)
Plantaris	13.0	23.0	13.7	23.5
Polichaeta	2.4	3.4	1.1	2.6
Anura	2.3	4.0	2.3	4.0
Oligocheta	2.7	2.2	2.7	4.2
Mollusca	16.0	17.0	1.6	17.0
Isopoda	5.3	1.2	5.5	1.2
Amphipoda	–	2.1	0.2	1.3
Aranei	12.0	2.0	0.2	1.2
Insecta	15.5	25.0	12.0	14.5
Pisces	0.4	3.2	0.3	2.2

Примечание: 1 – р. Сумгайтчай; 2 – оз. Агзыбир; 3 – мелиоративные каналы; 4 – р. Кура.

Анализ содержимого желудков 14 каспийских черепах из р. Кура и 12 черепах из мелиоративных каналов показал преобладание в составе пищи водных растений (27%), беспозвоночных (19%) и фрагментов позвоночных животных (3.4%).

Выявлено изменение состава пищи у обоих видов пресноводных черепах связанное с сезонной цикличностью появления кормовых объектов в природе. Так, например, личинки и сеголетки земноводных присутствовали в составе их пищи только в мае и июне. Саранчовые составляли значительную часть их питания в период их массового лета (июнь). Мокрицы и

черви чаще обнаруживались в желудках в апреле–мае, а также в октябре. Пик частоты встречаемости растительных остатков также приходился на весенние и осенние месяцы.

3) Питание средиземноморской черепахи (*Testudo graeca*).

В большинстве работ авторы отмечают для рациона питания средиземноморской черепахи в Азербайджане в основном или преимущественно растительные объекты. Так, по данным А.Г. Банникова [10] в составе ее пищи преобладают бобовые, встречающиеся в 96.8% желудков, второе место занимают сложноцветные – 20.9%, остальные растения составляют 22.7%. Имеются отдельные сведения о случаях поедания этими черепахами насекомых [3, 11]. Для других регионов отмечаются случаи поедания птенцов гнездящихся на земле птиц, экскрементов и падали [12]. По нашим наблюдениям, на территории Гобустана в период весенней вегетации растений (апрель–май) черепахи питаются преимущественно эфемерными однолетними и многолетними травами, а также опадающими с деревьев бутонами цветов и плодами (табл. 3).

Таблица 3
Растения отмеченные в составе пищи *T. graeca* на Абшеронском полуострове и в Гобустане за весь период исследований (2012–2013 гг.)

Виды растений	Частота встреч	Виды растений	Частота встреч
Malus sylvestris	++	Pyrus communis	+
Ficus carica	+++	Punica granatum	+
Alhagi persarum	+	Rosa canina	+
Tamarix meyeri	+	Lonicera caucasica	+
Eriobotrya japonica	+	Juniperus Sabina	++
Rubus caesius	+	Seseli annuum	+
Crataegus orientalis	+	Morus alba	+++
Vitis sylvestris	++	Frangula alnus	++
Consolida divaricata	++	Solanum persicum	++
Cotoneaster saxatilis	+	Solanum nigrum	+
Capparis spinosa	+++	Malva neglecta	+
Prunus spinosa	+	Artemisia arenaria	++
Celtis caucasica	+	Leymusra cemosus	+
Cerasus microcarpa	+	Astragalus striatellus	+
Zygophyllum fabago	++	Eryngium caasicum	+
Medicago littoralis	++	Artemisia absintium	+
Anisantha tectorum	+	Lycopsis orientalis	+
Capsella bursa	++	Barbarea vulgaris	+
Brassica campestris	++	Sisymbrium loeselii	++

Примечание: (+++) – часто встречаются (55–60%); (++) – средне встречаются (25–30%); (+) – редко встречаются (3–5%)

Животные объекты в этот период присутствуют в ее рационе в незначительном количестве (1–3%). С наступлением лета, когда завершается вегетация большинства растений черепахи чаще включают в свой рацион беспозвоночных, а при случае и падаль (табл. 4).

Таблица 4
Состав пищи средиземноморской черепахи на Абшеронском полуострове и Гобустане

Объекты питания	Частота встречаемости в пище (%)	
	Абшеронский п-ов (n=17)	Гобустан (n=23)
Plantaris	82.0	58.3
Vertebrata	2.0	4.2
Ekskrementa	1.3	14.7
Oligocheta	2.7	1.2
Mollusca	5.0	3.4
Isopoda	1.0	2.9
Aranei	2.0	6.5
Insecta	4.0	7.6

которых преобладают моллюски двух родов (*Helicopsis*, *Xeropicta*). Копро- и некрофагия отмечались значительно реже (1.3%).

В окрестностях Гобустанского заповедника у средиземноморских черепах наблюдались случаи копрофагии (23.7%). Попадались экскременты зайцев, погадки хищных птиц, а в местах регулярного выпаса коров и овец черепахи поедали и их экскременты. С началом осенней вегетации некоторых растений в рационе черепах вновь начинали преобладать растительные объекты.

На Абшеронском полуострове средиземноморская черепаха предпочитает растительную пищу (88.2%) и мелких беспозвоночных (10.5%) из которых преобладают моллюски двух родов (*Helicopsis*, *Xeropicta*). Копро- и некрофагия отмечались значительно реже (1.3%).



Сравнительный анализ состава питания всех трех видов черепах по сезонам года показал, что качественное и количественное соотношение основных объектов в рационе питания значительно отличается (табл. 5).

Таблица 5

Изменение состава пищи болотной, каспийской и средиземноморской черепах по сезонам

Объекты питания	Состав рациона питания по встречаемости в желудках (%)								
	<i>E. orbicularis</i>			<i>M. caspica</i>			<i>T. graeca</i>		
	весна	лето	осень	весна	лето	осень	весна	лето	осень
наземные объекты									
Oligochaeta	7.1	–	3.0	1.8	–	0.3	1.3	–	2.1
Mollusca	5.1	–	1.0	2.3	–	–	2.7	4.2	–
Isopoda	4.3	–	3.2	2.6	–	0.1	1.4	7.3	1.2
Aranei	0.2	–	2.2	0.2	–	1.4	0.1	0.6	–
Myriapoda	1.1	–	0.2	0.1	–	0.2	0.3	2.9	1.2
Insecta	38.3	22.7	19.1	13.5	11.9	9.0	1.4	13.4	2.6
Plantaris	9.2	7.6	2.8	4.6	1.0	2.4	78.8	21.4	64.3
Ekskrementa	–	–	–	–	–	–	0.2	7.3	1.4
Omniqne	3.6	7.9	2.4	2.1	6.2	3.7	1.2	6.2	1.3
водные объекты									
Polychaeta	–	3.6	4.7	0.2	3.9	1.4	–	–	–
Mollusca	–	2.8	0.4	–	2.4	1.7	–	–	–
Amphipoda	–	10.2	8.3	–	7.3	4.6	–	–	–
Insecta	–	7.5	3.9	–	4.7	2.8	–	–	–
Pisces	–	1.3	0.3	–	0.3	0.1	–	–	–
Anura	1.3	0.1	0.2	0.3	0.1	–	–	–	–
Plantaris	5.5	13.3	8.3	12.1	14.6	10.4	–	–	–

Как видно по данным таблицы 5, беспозвоночные составляют значительную часть рациона пресноводных черепах и играют более или менее важную роль в питании средиземноморской черепахи. При этом для обоих видов пресноводных черепах значение этой группы корма примерно одинаково. Сезонные изменения в составе их рациона проявляются в преобладании наземных беспозвоночных в весенний и осенний периоды. Для средиземноморской черепахи беспозвоночные встречаясь в незначительном количестве в составе ее питания в весенний и осенний сезоны, как кормовая группа становятся значимыми лишь в летний период.

Заключение

В результате проведенных исследований удалось выявить важную роль беспозвоночных (особенно насекомых) в питании всех трех видов черепах. При этом для обоих видов пресноводных черепах значение этой группы корма примерно одинаково в течение всего периода активности. Выявлено изменение состава пищи у пресноводных черепах связанное с сезонной цикличностью появления кормовых объектов в природе. Так, например, личинки и сеголетки земноводных присутствовали в составе их пищи только в период метаморфоза (май–июнь). Саранчовые составляли значительную часть их питания в период их массового лета (июнь–июль). Мокрицы и черви чаще обнаруживались в апреле–мае, а также в октябре. Пики частоты встречаемости растительных остатков также приходились на весенние и осенние месяцы. Для средиземноморской черепахи беспозвоночные как кормовая группа становятся значимыми лишь к середине лета, когда усыхает большая часть растений, вынуждая рептилий переключаться на альтернативные кормовые объекты. С началом осеннего периода вегетации растений, соотношение кормовых объектов у средиземноморской черепахи вновь смещается в сторону преобладания растительных кормов.

Список литературы

1. Джафаров Р.Д. Пресмыкающиеся Азербайджанской ССР // Тр. Естеств.-историч. музея АН Азерб. ССР. – Баку, 1949. – Вып. 3. – 158 с.
2. Алекперов А.М. Материалы по изучению черепах Азербайджанской ССР // Материалы по фауне и экологии наземных позвоночных Азербайджана. – Баку, 1975. – С. 237–252.
3. Алекперов А.М. Земноводные и пресмыкающиеся Азербайджана. – Баку: Элм, 1978. – 264 с.
4. Legler J.M. Stomach flushing: a technique for chelonian dietary studies // Herpetologica. – 1977. – Vol. 33 (3). – Pp. 281–284.
5. Целлариус А.Ю. Изучение питания ящериц по экскрементам // Вопросы герпетологии. – Ленинград, 1977. – С. 219–220.

6. Даревский И.С., Щербак Н.Н. Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. – Киев, 1989. – 172 с.
7. Боголюбов А.С. Изучение фауны временных водоемов. – М.: Экосистема, 2002. – 17 с.
8. Щербак Н.Н., Щербань М.И. Земноводные и пресмыкающиеся Украинских Карпат. – Киев: Наукова думка, 1980. – С. 185–189.
9. Пикулик М.М., Бахарев В.А., Косов С.В. Пресмыкающиеся Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1988. – 166 с.
10. Банников А.Г. Материалы к познанию биологии Кавказских черепах // Ученые записки МГПИ. – М, 1951. – Т. 18. – С. 129–167.
11. Иноземцев А.А. Средиземноморская черепаха // Природа. – М.: Наука, 1995. – №11. – С. 65–84.
12. Borowiec L., Tarnawski D. Padlinozernosc u zolwi greckich // Wszechswiat. –1979. – №11. – P. 267.

THE MATERIALS ON STUDYING OF NUTRITION OF TURTLES (REPTILIA, TESTUDINES) IN EASTERN AZERBAIJAN

N.E. Novruzov

*Institute of Zoology, National Academy
of Sciences of Azerbaijan,
AZ 1073, Azerbaijan, Baku, Abbaszade
St, passage 1128, block 504
E-mail: niznovzoo@mail.ru*

The nutrition of European pond, Caspian turtles and Mediterranean tortoises in arid biocenoses of eastern Azerbaijan is investigated. It is established that invertebrates play the leading role in the nutrition of turtles. For the Mediterranean tortoise invertebrates as a fodder group become significant only during the droughty summer period. Variability of a range of food of fresh-water turtles on land and water groups of fodder objects is revealed. Seasonal recurrence of change of a diet at all three species of turtles is noted.

Key words: European pond and Caspian turtles, Mediterranean tortoise, composition of food, arid landscape, east Azerbaijan



ОЦЕНКА ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА ПОСЛЕ ИНТЕНСИВНОГО СВЕТОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ У ЗДОРОВЫХ МОЛОДЫХ ЛЮДЕЙ

М.А. Королёва, И.М. Воронин

*Тамбовский государственный
университет имени Г.Р. Державина,
Медицинский институт, Россия,
392000, г. Тамбов, ул. Советская, 93
E-mail: koroleva.marina.tgu@mail.ru*

Показано, что сенсорное воздействие в виде интенсивного света вызывает некоторые изменения в регуляции сердечного ритма, зависящие от конституциональных особенностей организма человека. Направление реакции вегетативной нервной системы зависит от исходного уровня симпатико-парасимпатической активности и типа телосложения, а выраженность реакции вегетативной нервной системы на световое воздействие связана с типом темперамента и хронотипом.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, интенсивный свет, индивидуальные особенности.

Введение

Не смотря на значительное число работ посвященных воздействию интенсивного света (ИС) на организм человека, исследования по данной теме являются весьма актуальными. В настоящее время ИС применяется при лечении нарушений циркадных ритмов [1; 2], сезонных и несезонных депрессивных состояний [3–5], нарушений настроения, связанных с фазами менструального цикла [6–9] и различных видов нарушений сна [10; 11]. В литературе имеются данные о влиянии ИС на вегетативную регуляцию сердечного ритма (СР), но они малочисленные и противоречивые. В некоторых исследованиях описано, что после светового воздействия наблюдается увеличение симпатических и уменьшение парасимпатических влияний [12; 13], без изменения частоты сердечных сокращений и уровня артериального давления [13], в том числе у лиц, страдающих сезонными аффективными расстройствами [14; 15], в других - замечена активация парасимпатического звена регуляции СР после длительного воздействия ярким светом [15].

Работ, изучающих влияние ИС на вариабельность сердечного ритма (ВСР) здоровых людей с учетом их индивидуальных особенностей, нами не обнаружено.

Целью исследования явилось изучение процессов вегетативной регуляции СР после кратковременного светового воздействия у практически здоровых людей юношеского возраста с учетом их конституциональных особенностей.

Объекты и методы исследования

В исследование включено 115 человек (юноши и девушки) в возрасте от 17 до 24 лет (20.3 ± 1.7). Регистрация электрокардиограммы (ЭКГ) проводилась с использованием аппаратно-программного комплекса CONAN (НПО «Информатика и компьютеры», Москва) для электрофизиологических исследований, во втором ортогональном отведении по Франку на протяжении 10 мин. Длительность непрерывной записи анализируемого процесса, используемой для оценки ВСР, составляла 5 мин. Перед началом исследования следовал адаптационный период в течении 10 минут. Запись ЭКГ проводилась в исходном состоянии относительного покоя (в положении лежа на спине, при спокойном дыхании), после 30-минутного влияния ИС с преобладанием голубого диапазона спектра в основной группе и после 30-минут спокойного бодрствования в контрольной группе.

Оценка ВСР проводилась с использованием методов временного и спектрального анализа. Изучались следующие показатели: длительность RR интервалов (RR сред., мс), частота сердечных сокращений (ЧСС, уд.мин.), стандартное отклонение (SDNN, мс), квадратный корень из суммы квадратов разности величин последовательных пар интервалов NN (RMSSD, мс), Very Low Frequency (VLF – мощность в % очень низкочастотных компонентов ВСР), Low Frequency (LF – мощность в % низких частот), High Frequency (HF – мощность в % высоких частот) и соотношение LF/HF, характеризующее вегетативный баланс. В качестве источника ИС использовалась лампа «Golite» (Apollo Health, Inc, USA). Лампу располагали на расстоянии 55 см от испытуемого, так чтобы свет попадал на сетчатку под углом 45° и не вызывал неприятных ощущений. Световое воздействие проводили в утренние часы, длительность сеансов составляла 30 минут.

Комплексная оценка конституциональных особенностей студентов, включала определение физиологической (вегетативной) конституции (определение исходного состояния вегетативного равновесия по соотношению LF/HF), морфологической (определение типа телосложения по методике Б. Х. Хит и Дж. Е. Л. Картера, 1968 г. на основе стандартного антропометрического измерения 11 признаков телосложения), психологической конституции (определение типа темперамента с помощью теста Г. Айзенка), а также хронобиологической конституции (хронотип определяли по методике Московченко О.Н., 1999).

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью пакета программ Statistica 6.0 (StatSoft, USA), определяли средние значения анализируемых показателей (M), их стандартное отклонение (SD) и t-критерий Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ среднегрупповых значений и динамики показателей ВСР в основной и контрольной группах, позволил выявить некоторые изменения в механизмах регуляции СР после кратковременного светового воздействия (табл. 1).

После 30 минутного действия ИС в основной группе отмечалось достоверное ($p \leq 0.001$) снижение ЧСС, увеличение SDNN ($p \leq 0,02$) и RMSSD ($p \leq 0.008$). Изменения волновой структуры СР в среднем по выборке было не значительным, несмотря на достоверное увеличение мощности HF частот ($p \leq 0.05$), которое привело к незначительному снижению LF/HF (на 1.5%). Волны в диапазонах VLF и LF существенным образом не менялись.

В контрольной группе несмотря на снижение ЧСС и рост SDNN выраженных изменений спектральных показателей ВСР не обнаружено (см. табл. 1).

Полученные изменения показателей ВСР основной группы не позволили сделать вывод о результатах светового воздействия на механизмы регуляции СР, кроме того было отмечено, что индивидуальные реакции на световое воздействие имели разнонаправленный характер. В тоже время половых различий в реакции ВНС на световое воздействие нами не обнаружено и пол в дальнейшем исследовании не учитывался. В первую очередь обследуемые были разделены на подгруппы в зависимости от значения LF/HF.

В I подгруппу вошли девушки и юноши с исходно преобладающей активностью симпатической регуляции хронотропной функции сердца (10 человек; LF/HF > 1.1 у.е.), во II – испытуемые с исходно выраженным превалированием парасимпатических модулирующих влияний на СР (59 человек; LF/HF < 0.9), в III – со сбалансированным состоянием вегетативного гомеостаза (13 человек; $0.9 < LF/HF < 1.1$ у.е.).

Анализ динамики показателей ВСР под влиянием кратковременного ИС выявил значительные изменения регуляции хронотропной деятельности сердца, во многом зависящие от исходного вегетативного баланса.

Таблица 1

Среднегрупповые показатели ВСР и их динамика в контрольной и основной группах

Исследуемые показатели (M±SD)	Контрольная группа			Основная группа		
	I	II	Δ% I-II	III	VI	Δ% I-II
RR ср, м	835.60±143.00	896.70±116.60	7.3*	848.53±129.84	893.14±135.47	5.3*
ЧСС, уд.мин	70.90±9.10	68.20±8.70	-3.8*	70.80±9.59	66.54±8.92	-6.0*
dRR, мс	294.00±141.20	320.90±140.00	9.15	317.00±132.44	337.13±143.83	6.4
SDNN, мс	49.60±21.10	57.10±22.30	15.1*	55.11±21.41	60.54±24.79	9.9*
RMSSD, мс	49.50±27.40	56.50±27.80	14.1	51.05±25.27	58.87±34.26	15.3*
pNN50,%	29.70±21.30	36.00±21.83	21.2*	32.16±21.44	37.02±20.70	15.1*
VLF,%	17.80±5.50	18.70±4.10	5.1	20.50±5.98	19.78±6.16	-3.6
LF,%	33.90±6.40	34.50±6.10	1.8	34.02±5.28	34.23±6.41	0.6
HF,%	47.80±7.80	46.80±7.90	-2.1	45.30±7.52	46.66±8.44	3.0*
LF/HF	0.74±0.30	0.78±0.3	5.4	0.79±0.24	0.78±0.27	-1.5

Примечание: I – исходное состояние спокойного бодрствования в контрольной группе; II – после 30 минут спокойного бодрствования в контрольной группе; III – исходное состояние спокойного бодрствования в основной группе; VI – после 30 минут светового воздействия; * – достоверность изменений относительно исходного состояния, $p \leq 0.05$.



У испытуемых с исходным преобладанием симпатической регуляции СР после светового воздействия отмечалось достоверное увеличение длительности RR интервалов ($p \leq 0.007$), однако изменения SDNN и RMSSD не имели статистической значимости. Статистически значимое повышение HF волн ($p \leq 0.05$), сопровождающееся достоверным снижением LF% ($p \leq 0.04$), привело к смещению соотношения LF/HF в сторону повышения активности парасимпатической регуляции СР и ослаблении симпатических влияний на СР (динамика LF/HF составила 18.9%, при $p \leq 0.02$) (табл. 2).

У исследуемых с исходным преобладанием парасимпатических влияний, было замечено, что однократное влияние ИС вызывало изменение фоновой регуляции СР в двух направлениях и это зависело от степени ваготонии.

У 25 человек с выраженным преобладанием тонуса парасимпатической нервной системы (отношение LF/HF ≤ 0.6 в группе) происходило усиление активности надсегментарных эрготропных влияний, снижение парасимпатических модуляций на СР, что проявлялось достоверным ($p \leq 0.0001$) увеличением LF, снижением HF компонента спектра ($p \leq 0.0003$). Анализ временных характеристик СР демонстрировал тенденции к снижению ВСР (динамика SDNN составляла 8.8%, при $p \leq 0.1$ и RMSSD 11.5% при $p \leq 0.1$), что также может свидетельствовать об ослаблении тонуса парасимпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС). В целом по группе однократное световое воздействие способствовало повышению централизации регуляции СР, что нашло подтверждение в увеличении показателя LF/HF на 38.6% ($p \leq 0.0001$). Результирующей изменений явилось некоторое учащение ЧСС (см. табл. 2).

Таблица 2

Среднегрупповые показатели ВСР после светового воздействия в группах выделенных по исходному вегетативному балансу

Исследуемые показатели (M \pm SD)	Этапы	Выраженные ваготоники	Умеренные ваготоники	Симпатотоники	Нормотоники
RR ср, м	I	886.84 \pm 166.52	875.44 \pm 113.16	768.38 \pm 125.79	818.15 \pm 91.64
	II	853.36 \pm 159.31	933.47 \pm 106.13	845.25 \pm 165.71	829.23 \pm 87.89
	$\Delta\%_{I-II}$	-3.78**	6.63**	10.00***	1.35
ЧСС, уд.мин	I	69.59 \pm 7.62	69.59 \pm 8.90	79.50 \pm 12.51	73.92 \pm 8.85
	II	68.24 \pm 8.51	64.12 \pm 6.90	71.75 \pm 12.94	72.92 \pm 8.86
	$\Delta\%_{I-II}$	3.46**	-7.89***	-9.75***	-1.36
dRR, мс	I	318.40 \pm 111.34	357.06 \pm 159.55	246.25 \pm 91.01	253.08 \pm 59.36
	II	362.00 \pm 165.05	366.76 \pm 139.47	246.25 \pm 107.56	267.69 \pm 83.38
	$\Delta\%_{I-II}$	13.69	2.72	0.00	5.78
SDNN, мс	I	62.96 \pm 25.35	59.00 \pm 23.40	40.13 \pm 14.60	45.77 \pm 10.98
	II	57.44 \pm 20.19	68.53 \pm 25.63	42.63 \pm 20.73	48.08 \pm 15.57
	$\Delta\%_{I-II}$	-8.77*	16.15*	6.23	5.04
RMSSD, мс	I	61.60 \pm 29.08	60.61 \pm 28.51	24.46 \pm 8.86	35.73 \pm 13.91
	II	54.53 \pm 18.97	71.75 \pm 38.40	29.13 \pm 18.26	38.22 \pm 15.76
	$\Delta\%_{I-II}$	-11.49*	18.34*	19.07	6.99
pNN50, %	I	39.88 \pm 18.37	40.11 \pm 22.16	17.56 \pm 6.52	20.00 \pm 17.32
	II	35.55 \pm 17.10	46.44 \pm 17.39	19.41 \pm 4.08	22.01 \pm 16.78
	$\Delta\%_{I-II}$	-10.85**	15.79*	10.53	10.01
VLF, %	I	19.51 \pm 5.29	19.27 \pm 5.28	26.49 \pm 7.83	21.95 \pm 5.86
	II	19.11 \pm 6.41	18.62 \pm 5.64	24.78 \pm 6.67	21.01 \pm 5.55
	$\Delta\%_{I-II}$	-2.07	-3.38	-6.49	-4.28
LF, %	I	30.58 \pm 4.65	33.05 \pm 3.28	41.30 \pm 5.54	38.68 \pm 2.54
	II	38.00 \pm 6.68	29.58 \pm 3.62	37.77 \pm 3.32	36.97 \pm 5.64
	$\Delta\%_{I-II}$	24.23***	-10.50***	-8.55**	-4.41
HF, %	I	49.90 \pm 6.57	47.26 \pm 4.49	32.20 \pm 3.79	39.36 \pm 3.79
	II	45.69 \pm 8.93	51.33 \pm 6.11	37.46 \pm 6.34	42.01 \pm 6.33
	$\Delta\%_{I-II}$	-8.44***	8.60***	16.33**	6.72
LF/HF	I	0.63 \pm 0.15	0.71 \pm 0.12	1.29 \pm 0.19	0.99 \pm 0.07
	II	0.87 \pm 0.26	0.59 \pm 0.13	1.05 \pm 0.29	0.91 \pm 0.25
	$\Delta\%_{I-II}$	38.56***	-16.81***	-18.97***	-7.72

Примечание: до сенсорного воздействия (I); после сенсорного воздействия (II); статистическая достоверность по сравнению с исходным состоянием * – при $p \leq 0.1$; ** – при $p \leq 0.05$; *** – при $p \leq 0.01$.

У других 34 человек, также исходно имевших преобладание тонуса парасимпатической нервной системы, но менее выраженное, чем у описанных выше лиц (LF/HF 0.7–0.9) наблюдалась противоположная картина. После светового воздействия отмечалось достоверное



($p \leq 0.000003$) увеличение HF волн и снижение LF частот ($p \leq 0.0001$), сопровождающиеся значительным снижением LF/HF ($p \leq 0.000001$). Анализ временных показателей демонстрировал тенденции к росту SDNN ($p \leq 0.1$) и RMSSD ($p \leq 0.06$), достоверное повышение длительности RR интервалов ($p \leq 0.00003$) и снижение ЧСС ($p \leq 0.00001$). Описанные изменения показателей ВСП свидетельствовали о повышении активности парасимпатической нервной системы в регуляции СР в данной подгруппе (см. табл. 2).

Из этого следует, что испытуемые с исходно более выраженным ($LF/HF \leq 0.6$) доминированием парасимпатической нервной системы реагировали на световое воздействие активацией симпатической нервной системы, а испытуемые с умеренным преобладанием активности парасимпатической нервной системы ($LF/HF 0.7-0.9$) – еще большим ее усилением. Разнонаправленная динамика показателей ВСП после светового воздействия у лиц с исходным преобладанием парасимпатической нервной системы позволила выявить критическое значение вегетативного баланса, при котором возникает перенапряжение процессов регуляции СР у молодых людей и которое оказывает влияние на особенности реакции ВНС на световое воздействие.

У лиц, имеющих сбалансированный тип регуляции ($LF/HF 0.9-1.1$), достоверных изменений показателей ВСП после светового воздействия не наблюдалось. Практически на уровне значений до светового воздействия сохранялись показатели временной области СР: динамика ЧСС составила 1,4%, SDNN – 5%, RMSSD – 7%. В спектральной области наблюдалась тенденция к повышению мощности HF частот ($p \leq 0.09$), однако мощности LF и VLF частот достоверных величин не достигали (табл.2).

По типу телосложения молодые люди были разделены на три подгруппы. В первую подгруппу вошли испытуемые с эктоморфным типом телосложения (32 человека), вторую составили юноши и девушки эндоморфного соматотипа (23 человека) и в третью подгруппу мы определили исследуемых с мезоморфным типом телосложения (17 человек). Деление исследуемых согласно типам телосложения позволило, выявить достоверные межгрупповые отличия в динамике характеристик СР после светового воздействия.

В группе эктоморфов наблюдалось достоверное увеличение RR ср ($p \leq 0.00001$), RMSSD ($p \leq 0.04$), отмечались тенденции к росту SDNN ($p \leq 0.07$). Статистически значимое снижение LF ($p \leq 0.05$) и повышение HF ($p \leq 0.05$) сопровождалось 8% снижением вегетативного баланса ($p \leq 0.1$), что свидетельствует об увеличении активности парасимпатического звена регуляции СР после светового воздействия (табл. 3).

В группе мезоморфов отмечались тенденции к росту SDNN ($p \leq 0.07$) и RMSSD ($p \leq 0.1$), наблюдалось достоверное снижение ЧСС ($p \leq 0.05$), однако спектральные характеристики статистически значимых значений не достигали (см. табл. 3).

У лиц эндоморфного типа телосложения после действия ИС отмечались снижение длительности RR интервалов ($p \leq 0.00015$), наблюдались тенденции к снижению RMSSD ($p \leq 0.1$), HF волны практически не изменялись. Существенное повышение мощности LF ($p \leq 0.01$) и LF/HF ($p \leq 0.1$) отражали ослабление тонуса парасимпатической нервной системы и повышение активности симпатической регуляции СР после сеанса фототерапии, однако значение LF/HF оставалось в пределах ваготонии (см. табл. 3).

Таблица 3

Среднегрупповые показатели ВСП после светового воздействия в группах выделенных по соматотипу

Исследуемые показатели	Этапы	Эктоморфы (M±SD)	Эндоморфы (M±SD)	Мезоморфы (M±SD)
RR ср., м	I	837.16±109.56	934.96±121.15	810.76±171.05
	II	902.41±116.40	885.43±118.0	843.24±179.5
	Δ% _{I-II}	7.8***	-5.3***	4.0**
ЧСС, уд.мин	I	72.31±8.62	64.74±8.73	71.12±10.49
	II	67.03±8.62	68.61±9.83	68.29±8.94
	Δ% _{I-II}	-7.3***	5.9***	-3.9**
dRR, мс	I	345.63±156.78	322.17±155.91	310.59±107.67
	II	355.0±153.96	290.0±114.61	345.88±136.2
	Δ% _{I-II}	2.7	-9.9	11.4
SDANN, мс	I	59.31±24.16	53.089±20.9	53.65±18.24
	II	66.28±27.55	48.43±16.4	63.76±26.19
	Δ% _{I-II}	11.8*	-8.8	18.9*
RMSSD, мс	I	55.37±31.0	53.32±24.48	47.22±19.13
	II	65.63±38.92	45.95±19.42	61.23±39.55
	Δ% _{I-II}	18.5**	-13.8*	29.7*



Окончание табл. 3

pNN50, %	I	32.84±22.05	35.17±17.6	33.03±25.78
	II	41.87±23.19	28.56±18.74	36.0±17.76
	Δ% _{I-II}	27.5***	-18.8***	8.9
VLF, %	I	20.56±5.23	20.94±6.8	20.58±5.15
	II	20.42±6.79	19.44±4.97	20.23±5.65
	Δ% _{I-II}	-0.7	-7.2	-1.7
LF, %	I	33.98±5.26	34.18±4.63	34.48±6.33
	II	31.69±6.03	38.34±6.3	33.75±5.25
	Δ% _{I-II}	-6.7**	12.2***	-2.1
HF, %	I	45.46±7.88	44.99±7.73	44.93±7.01
	II	47.89±10.39	45.15±6.25	46.02±7.88
	Δ% _{I-II}	5.4**	0.4	2.4
LF/HF, у.е.	I	0.79±0.26	0.79±0.22	0.80±0.27
	II	0.73±0.33	0.87±0.19	0.77±0.23
	Δ% _{I-II}	-7.9*	9.8*	-4.4

Примечание: до сенсорного воздействия (I); после сенсорного воздействия (II); статистическая достоверность по сравнению с исходным состоянием * – при $p \leq 0.1$; ** – при $p \leq 0.05$; *** – при $p \leq 0.01$.

По типу темперамента испытуемые были разделены на четыре подгруппы. В первую подгруппу вошли исследуемые с меланхолическим типом темперамента (18 человек), во вторую – флегматики (8 человек), в третью – холерики (25 человек) и четвертую подгруппу составили молодые люди – сангвиники (27 человек). Достоверных межгрупповых различий по показателям ВСП до начала исследования у лиц разного типа темперамента обнаружено не было. Результаты исследования после светового воздействия представлены в таблице 4.

У «меланхоликов» после светового воздействия отмечалось повышение длительности RR интервалов ($p \leq 0.001$), SDNN ($p \leq 0.04$), и значительный рост RMSSD ($p \leq 0.05$). Снижение ЧСС ($p \leq 0.0003$), мощностей в диапазонах VLF и LF на 5.4% и 3.4% соответственно сопровождалось усилением мощности HF волн на 7.8% при $p \leq 0.03$, что привело к смещению вегетативного баланса в сторону активации парасимпатической нервной системы (динамика соотношения LF/HF составила 9.2% при $p \leq 0.09$).

В группе «флегматики» световое воздействие также вызывало изменение механизмов регуляции СР. Наблюдалось статистически значимое снижение ЧСС в среднем по группе примерно на 8% ($p \leq 0.0006$), повышение общей вариабельности по показателю SDNN (14.1%, $p \leq 0.3$), и RMSSD на 25.5% ($p \leq 0.05$). Перестройка волновой структуры заключалась в повышении мощности VLF и HF частот (8.5% и 1.9% соответственно), снижении мощности LF волн и соотношения LF/HF на 16% ($p \leq 0.2$).

Таблица 4

Среднегрупповые показатели ВСП после светового воздействия в группах выделенных по типу темперамента

Исследуемые показатели	Этапы	Меланхолики (M±SD)	Флегматики (M±SD)	Холерики (M±SD)	Сангвиники (M±SD)
RR ср, м	I	838.72±121.49	869.75±133.67	847.04±122.68	843.26±148.30
	II	885.11±111.80	928.50±143.66	907.52±113.91	900.74±171.92
	Δ% _{I-II}	5.53***	6.75**	7.14***	6.82***
ЧСС, уд.мин	I	72.56±11.16	69.63±8.99	71.80±10.04	69.56±8.82
	II	68.39±9.41	65.25±8.88	66.68±8.56	65.26±8.96
	Δ% _{I-II}	-5.74***	-6.28**	-7.13***	-6.18***
SDNN, мс	I	55.61±20.63	57.50±26.07	54.48±22.98	52.81±19.03
	II	64.33±21.59	65.63±24.86	60.88±24.03	59.11±29.70
	Δ% _{I-II}	21.07**	14.13	11.75*	11.92
RMSSD, мс	I	50.06±27.27	56.51±26.12	51.98±26.69	46.90±22.94
	II	61.72±23.81	70.94±19.32	60.49±28.24	59.91±47.41
	Δ% _{I-II}	23.29**	25.53**	16.37**	27.75**
pNN50, %	I	31.47±22.21	35.06±17.04	31.68±20.45	27.18±12.50
	II	39.09±20.85	44.32±7.10	42.24±19.14	33.65±13.02
	Δ% _{I-II}	24.20**	26.43*	33.32**	23.82**
VLF, %	I	21.62±4.92	17.49±4.74	19.88±6.14	21.58±6.70
	II	20.46±5.99	18.98±5.77	19.57±6.40	19.84±6.65
	Δ% _{I-II}	-5.38	8.52	-1.56	-8.08

Окончание табл. 4

LF, %	I	33.68±5.43	35.16±7.61	33.74±3.66	34.49±5.82
	II	32.58±4.93	32.13±4.26	33.17±6.47	34.71±5.56
	Δ% I-II	-3.27	-8.62	-1.68	0.64
HF, %	I	44.70±7.36	47.67±10.06	45.71±5.43	43.93±8.36
	II	48.19±9.2	48.57±5.71	46.71±7.89	45.45±9.61
	Δ% I-II	7.81**	1.90	2.19	3.47
LF/HF	I	0.79±0.28	0.80±0.36	0.75±0.16	0.83±0.25
	II	0.72±0.30	0.67±0.14	0.75±0.27	0.81±0.26
	Δ% I-II	-9.17*	-16.02	-0.57	-1.70

Примечание: до сенсорного воздействия (I); после сенсорного воздействия (II); статистическая достоверность по сравнению с исходным состоянием * – при $p \leq 0,1$; ** – при $p \leq 0,05$; *** – при $p \leq 0,01$.

В группах «холерики» и «сангвиники» реакция ВНС заключалась в активации парасимпатического звена регуляции СР и сопровождалась следующими изменениями показателей ВСР после действия ИС (см. табл. 4). Наблюдался рост SDNN, RMSSD, pNN50%, HF% и снижение ЧСС, мощности VLF% и LF/HF.

В ходе исследования были также установлены изменения реакции ВНС на световое воздействие в зависимости от хронотипа молодых людей (табл. 5).

Таблица 5

Среднегрупповые показатели ВСР после светового воздействия в группах выделенных по хронотипу

Исследуемые показатели (M±SD)	Этапы	Совы	Жаворонки	Голуби
RR ср, м	I	828.43±128.56	840.61±110.21	850.36±139.05
	II	898.29±147.79	899.89±122.75	903.43±142.84
	Δ% I-II	8.43**	7.05***	6.24***
ЧСС, уд.мин	I	73.43±10.97	72.00±9.47	70.30±9.73
	II	67.86±10.38	67.28±9.65	65.96±8.49
	Δ% I-II	-7.59**	-6.56***	-6.17***
SDNN,мс	I	46.43±16.28	51.67±18.02	56.49±22.51
	II	53.00±14.54	51.33±23.29	66.45±26.13
	Δ% I-II	14.15**	-0.65	17.64***
RMSSD,мс	I	36.44±12.86	46.33±24.80	53.40±26.06
	II	44.04±8.30	47.36±20.09	67.77±38.01
	Δ% I-II	20.87	2.22	26.92***
pNN50,%	I	20.15±15.65	29.23±19.65	33.53±23.03
	II	28.87±12.62	33.64±21.38	41.60±20.10
	Δ% I-II	43.32	15.08*	24.09***
VLF,%	I	22.43±2.96	22.33±7.90	19.81±5.46
	II	19.62±3.78	21.71±6.48	19.18±6.36
	Δ% I-II	-12.54*	-2.78	-3.15
LF,%	I	35.65±3.99	33.38±4.15	34.19±5.74
	II	36.03±6.94	33.85±5.09	32.99±5.60
	Δ% I-II	1.05	1.40	-3.49*
HF,%	I	41.91±4.41	44.28±8.85	45.74±7.21
	II	46.93±6.80	44.44±9.04	47.52±8.42
	Δ% I-II	11.97*	0.35	3.89**
LF/HF	I	0.87±0.18	0.80±0.24	0.78±0.25
	II	0.79±0.24	0.81±0.28	0.73±0.26
	Δ% I-II	-8.7	1.86	-6.11*

Примечание: до сенсорного воздействия (I); после сенсорного воздействия (II); статистическая достоверность по сравнению с исходным состоянием * – при $p \leq 0,1$; ** – при $p \leq 0,05$; *** – при $p \leq 0,01$.

В группах «совы» и «голуби» наблюдалось статистически достоверное ($p \leq 0,05$) повышение показателей RR_{ср}, SDNN, RMSSD, а также достоверное ($p \leq 0,05$) снижение ЧСС, которые свидетельствовали о повышении активности парасимпатической регуляции и ослаблении симпатических влияний на СР. Периодические составляющие в колебаниях СР подтверждали эти



данные. Наблюдалось снижение мощности VLF в среднем у «сов» на 12.5%, при $p \leq 0.1$, а у «голубей» на 3.2%, но достоверных значений в данный показатель не достигает. Световое воздействие способствовало снижению LF компонента у «голубей» на 3.5% при $p \leq 0.06$, у «сов» LF практически не изменялось. Прирост мощности HF составлял в среднем у «сов» 11.9% ($p \leq 0.09$), у «голубей» 3.9% ($p \leq 0.037$), и как следствие снижение величины вегетативного баланса (у «сов» на 8.7%, у «голубей» на 6.1%, при $p \leq 0.067$), что свидетельствовало, об усилении активности парасимпатической регуляции и смещении вегетативного баланса в направлении преобладания тонуса парасимпатической нервной системы. В группе «жаворонки» после светового воздействия отмечалось удлинение RR интервалов (в среднем на 7%, $p \leq 0.002$), незначительное повышение HF (на 0.35%) и LF (на 1.4%) компонентов частотного диапазона, снижение ЧСС (на 6.6%, $p \leq 0.002$) и статистически не достоверное снижение VLF (на 2.8%). Практически не изменялись SDNN и RMSSD (см. табл. 5). В целом группа характеризовалась устойчивым состоянием механизмов регуляции СР после светового сенсорного воздействия.

Полученные нами результаты комплексного исследования влияния ИС на ВСР у молодых людей демонстрируют, что направление и выраженность реакции ВНС на световое воздействие определяется конституциональными особенностями организма человека. В первую очередь реакция ВНС зависит от исходного уровня симпатико-парасимпатической активности. Предъявление ИС группе с исходно повышенной активностью симпатических влияний на СР, так и характеризующейся умеренным парасимпатическим типом вегетативной регуляции вызывало снижение мощности низкочастотной составляющей СР. При этом наиболее выраженное подавление LF, снижение частоты сердечбиений, проявлялось у исследуемых с исходным превалированием симпатической регуляции. Испытуемые с исходно более выраженным ($LF/HF \leq 0.6$) доминированием парасимпатической нервной системы реагировали на световое воздействие активацией симпатической нервной системы. В группе нормотоников после светового воздействия сохранялось исходное состояние механизмов вегетативной регуляции СР, проявляющееся в сбалансированном соотношении между симпатической и парасимпатической нервными системами. Таким образом, световое воздействие оказывало гомеостатическое действие на механизмы регуляции хронотропной функции сердца, снижая напряженность регуляторных процессов, вызванных превалированием одной из систем вегетативного обеспечения ритма сердца. Известно, что изменение физиологического взаимодействия между блуждающим и симпатическими нервами могут являться причиной возникновения различного рода нарушений ритма сердца [16], в связи с чем световое воздействие, влияя на активность ВНС может способствовать большей экономичности и надежности адаптивных реакций организма.

Результаты нашей работы дополняют имеющиеся представления о наличии различий между индивидами разных соматотипов одного возраста и пола [17; 18]. По данным Шалаурова А.В., Кочетовой Н.В., Додоновой Л.П. и др., (1990) [19] существует взаимосвязь между соматотипом и состоянием сердечно-сосудистой системы. Нами выявлены морфологические особенности реакции ВНС на действие ИС. Так, у лиц эктоморфного типа телосложения сеанс фототерапии вызвал изменение механизмов регуляции СР, сопровождающихся повышением вклада парасимпатической нервной системы, а лица эндоморфного типа телосложения характеризовались усилением активности симпатической нервной системы после действия ИС. Группа мезоморфного типа телосложения характеризовалась относительной стабильностью вегетативных механизмов регуляции СР после светового воздействия.

Также, проведенный анализ показал, что у испытуемых всех типов темперамента после светового воздействия снижалась активность симпатической нервной системы и повышался вклад парасимпатической нервной системы в механизм регуляции СР, с наиболее выраженными изменениями показателей ВСР в группах «меланхоликов» и «флегматиков», что вероятно связано с более высокой активацией и более низким порогом раздражения ретикулярной формации у интровертов [20]. Кроме того, полученные данные согласуются с результатами ряда исследователей о взаимосвязи тревожности [21; 22] и типа темперамента [20; 23] со степенью активности симпатической и парасимпатической нервными системами.

Обнаружены и хронобиологические различия после светового воздействия. В группах «совы» и «голуби» после действия ИС наблюдалось смещение вегетативного баланса в направлении преобладания тонуса парасимпатической нервной системы, а в группе «жаворонки» световое воздействие существенных изменений показателей ВСР не вызывало.

Полученные результаты мы объясняем сложными нейрональными связями супрахиазматических ядер (СХЯ) гипоталамуса, получающие световые импульсы через ретиногипоталамический тракт, от сетчатки глаза [24]. Наличие конституциональных различий после светового воздействия, вероятно связано с функциональными особенностями отдельных структур головного мозга вовлеченных в реакцию на действие ИС, в частности, вегетативный ответ определяют исходное состояние ВНС, активность ретикулярной формации и лимбической системы.

Заклучение

Полученные данные показывают, что ИС являясь фактором воздействия на вегетативное обеспечение СР, может стать немедикаментозным методом оптимизации деятельности сердечно-сосудистой системы лиц юношеского возраста. Кроме того, результаты исследования позволяют разработать подход к прогнозированию и коррекции функционального состояния организма человека с помощью ИС от эффектов влияния негативных факторов, сопутствующих сменному труду в различных отраслях производств, в клинической практике для терапии депрессивных состояний различного генеза, а также стать базой для практических рекомендаций по сменной работе.

Список литературы:

1. Boivin D.B., Duffy J.F., Kronauer R.E., Czeisler C.A. Sensitivity of the human circadian pacemaker to moderately bright light // *J Biol Rhythms*. – 1994 Winter. – № 9 (3-4). – Pp. 315–331.
2. Czeisler C.A., Kronauer R.E., Mooney J.J., Anderson J.L., Allan J.S. Biologic rhythm disorders, depression, and phototherapy // *A new hypothesis. Psychiatr Clin North Am.* – 1987 Dec. – №10 (4). – Pp. 687–709.
3. Graw, P., Krauchi K. Wirz-Justice A, a. o. Diurnal variation of symptoms in seasonal affective disorder // *Psychiatry Research*. – 1991. – Vol. 37. – Pp. 105–111
4. Lewy A.J., Sack R.L., Singer C.M. Melatonin, light and chronobiological disorders // *Ciba Found Symp.* – 1985. – N 117. – Pp. 231–252.
5. Tuunainen A, Kripke D.F., Endo T. Light therapy for non-seasonal depression // *Cochrane Database Syst Rev.* – 2004. – N 2.
6. Parry B.L., Mahan A.M., Mostofi N. a. o. Light therapy of late luteal phase dysphoric disorder: an extended study // *Am J Psychiatry*. – 1993. – vol. 150. – N 9. – Pp. 1417–1419.
7. Parry B.L., Rosenthal N.E., Tamarkin L., Wehr T.A. Treatment of a patient with seasonal premenstrual syndrome // *Amer. J. Psychiatr.* – 1987. – Vol. 144. – Pp. 762–766.
8. Parry B.L., Berga S.L., Mostofi N., Klauber M.R., Resnick A. Plasma melatonin circadian rhythms during the menstrual cycle and after light therapy in premenstrual dysphoric disorder and normal control subjects. // *J Biol Rhythms*. – 1997 Feb. – N 12(1). – Pp. 47–64.
9. Rex K.M., Kripke D. F., Cole R.G. // *Sleep Research*. – 1995. – №24A. – P. 537.
10. Klerman E.B., Duffy J.F., Kronauer R.E. Altered phase resetting characteristics in the elderly // *Sleep Research*. – 1995. – №24a. – Pp. 518.
11. Kobayashi R., Kohsaka M., Fukuda N. // *Sleep Research*. – 1995. – N 24 a. – P. 519.
12. Nijima A., Nagai K., Nakagawa Y.J. // *Autonom Nerv Syst.* – 1992. – N 40. – Pp. 155–160.
13. Saito Y., Mishima K., Shimizu T. a.o. // *Sleep Research*. – 1995. – Vol. 24a. – Pp. 541.
14. Нешумова Т.В., Даниленко К.В., Путилов А.А. Особенности реакции сердечно-сосудистой системы при сезонном аффективном расстройстве и светолечении // *Физиология человека*. – 1994. – Т. 20. – №3. – С.83–88.
15. Reclin T, Weis M, Schneider K, Zimmermann U, Kaschka W.P., Does bright-light therapy influence autonomic heart-rate parameters? // *J Affect Disord.* – 1995. – Vol. 34. – N 2.
16. Кицьшин В.П., Шустов С.Б., Яковлев В.А. Нарушение ритма сердца по данным суточного мониторирования: теоретические и практические аспекты // *Хронобиология и хрономедицина под ред. Ф.И. Комарова*. – М.: Триада-Х, 2000. – С. 459–481.
17. Клиорин А.И., Чтецов В.П. Биологические проблемы учения о конституциях человека. – Л: Наука, 1979. – 164 с.
18. Хрисанфова Е.Н. Конституция и биохимическая индивидуальность человека. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 153 с.;
19. Шалауров А.В., Кочетова Н.В., Додонова Л.П. и др. Соматотип и основные показатели деятельности сердечно-сосудистой системы // *Новости спорт. и мед. антропологии*. – 1990. – Вып. 1. – с. 163.
20. Прокопенко Н.А. Эмоции и вариабельность сердечного ритма: индивидуально-типологические особенности женщин разного возраста // *Проблемы старения и долголетия*. – 2006. – № 2. – С. 176–183.
21. Данилова Н.Н. Стрессоустойчивость как индивидуальная особенность // *I Международная конференция памяти А.Р. Лурия / Сборник докладов под ред. Е.Д. Хомской, Т.В. Ахутиной*. – Москва. – 1998. – С. 177–192.
22. Макаренко Н.В., Лизогуб В.С., Юхименко Л.И. Реакции вегетативной нервной системы студентов с различными свойствами высшей нервной деятельности в ситуации экзаменационного стресса // *Физиология человека*. – 2006. – Т. 32. – № 3. – С. 136–138.
23. Ушакова Е.Г., Нидеккер И.Г. Волновая структура ритма сердца интровертов и экстравертов с различным уровнем нейротизма // *Психологический журнал*. – 1997. – Т. 18. – № 4. – С. 91–95.
24. Заморский И.И., Пишак В.П. Функциональная организация фотопериодической системы головного мозга // *Успехи физиологических наук*. – 2003. Т. 34. – №4. – С. 37–53.



ASSESSMENT OF THE AUTONOMIC REGULATION OF HEART RATE AFTER INTENSE LIGHT EXPOSURE IN HEALTHY YOUNG PEOPLE

M.A. Koroleva, I.M. Voronin

*Medical Institute, G.R. Derzhavin
Tambov State University, Sovetskaya
St, 93, Tambov, 392000, Russia
E-mail: koroleva.marina.tgu@mail.ru*

It has been shown that sensory effects in the form of intense light causes some changes in the regulation of heart rate, depending on the constitutional features of the human body. Direction of the reaction of the autonomic nervous system depends on the initial level of sympathetic-parasympathetic activity and body type, and severity of the reaction of the autonomic nervous system to light exposure related to the type of temperament and chronotype.

Key words: heart rate variability, intense light, the individual features.

УДК 1611.018.43:577.112:616.718.5/6-003.931-092.9

ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СЫВОРОТКИ КРОВИ И КОСТНЫХ ЭКСТРАКТОВ ПРИ ИНЪЕКЦИЯХ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КОСТНЫХ БЕЛКОВ В ЗОНУ ПЕРЕЛОМА БОЛЬШЕБЕРЦОВОЙ КОСТИ У КРЫС

А.Н. Накоскин, Н.В. Накоскина

Российский научный центр
«Восстановительная травматология и
ортопедия» им. академика
Г.А. Илизарова Министерством
здравоохранения Российской
Федерации, Россия, 640014, г. Курган,
ул. М. Ульяновой, 6

E-mail: Nakoskin_a@mail.ru,
Tatika1981@mail.ru

В данном исследовании мы изучали влияние локального введения экстракта низкомолекулярных белков костной ткани на биохимические показатели костного метаболизма у крыс. В зону смоделированного перелома голени у крыс вводился раствор низкомолекулярных белков, выделенных из костной ткани бычков. Установлено, что введение низкомолекулярной фракции костных белков имеет системное действие. Изменяется активность фосфатаз, указывающая на метаболический сдвиг остеорепаративных процессов. Введение белков увеличивает количество минеральных компонентов кости в зоне перелома.

Ключевые слова: остеорепаративные процессы, перелом, низкомолекулярные костные белки.

Введение

Переломы костей голени занимают, по различным данным, первое место, составляя от 13 до 21.4% от всех травм костно-мышечной системы [1–3] или 64.3–70% от переломов костей нижних конечностей [4–6]. Сращение переломов костей является актуальной задачей [7–9]. Одним из перспективных направлений в управлении регенеративными процессами при переломе длинных трубчатых костей является использование низкомолекулярных белковых факторов. Кость благодаря своему остеогенному потенциалу, является сырьем для их получения и использования в качестве агентов для регуляции костной репарации.

Целью настоящего исследования является изучение влияния локального введения экстракта белков костной ткани на биохимические показатели костного метаболизма.

Объекты и методы исследования

Исследования проведены на 48 крысах линии Вистар в возрасте 6 месяцев. Животные были разделены на 3 группы. Первая (n=24) – контрольная группа, без применения белкового препарата, вторая (n=18) – опытная группа с введением в зону перелома белкового препарата, третья (n=6) – интактные животные. Животным контрольной и опытных групп моделировали перелом большеберцовой кости с сохранением целостности малоберцовой кости. Перелом фиксировали четырьмя консольными спицами, проведенными по две дистальнее и проксимальнее места перелома. Концы спиц армировали медной проволокой и придавали жесткость конструкции термопластичной акриловой пастой. Содержание, оперативное вмешательство и вывод из опыта проводили на различных этапах эксперимента: 7, 14, 21 и 28 сутки после операции. Эвтаназию мелких лабораторных животных проводили под рометар-золетилловым наркозом декапитацией. Все экспериментальные исследования проводили, руководствуясь требованиями, изложенными в «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях» (1986 г.), с соблюдением этических норм и гуманного отношения к объектам изучения [10]. На седьмые сутки после операции в зону перелома животным контрольной группы вводили 0.2 мл раствор хлористого натрия в концентрации 0.9%. Опытной группе животных в зону перелома вводили 0.2 мл раствора белков, не имеющих сродства к ионообменникам, в дозе 10 мг/кг веса. Способ экстракции костных белков приведен в результатах исследования.

Исследование биохимических показателей проводили в сыворотке крови и в водном экстракте участка кости из зоны перелома и смежного участка большеберцовой кости контра-латеральной конечности. Экстракцию водорастворимых компонентов кости проводили следующим образом-навеску костной ткани растирали в ступке в присутствии 1 мл хлористого натрия в концентрации 0.9%. Полученный экстракт использовали для биохимических исследований.

В костных гомогенатах и в сыворотке крови крыс оценивали минеральный обмен по концентрации общего кальция, неорганического фосфата, магния, хлоридов. Остеорепаратив-

ные процессы в ходе эксперимента оценивали по уровню активности сывороточных ферментов: общей щелочной фосфатазы (ОЩФ) и тартратрезистентного изофермента кислой фосфатазы (ТрКФ). Рассчитали индекс фосфатаз (ЩФ/ТрКФ), показывающий соотношение остеосинтетической и остеолитической фазы репаративного остеогенеза. Состояние энергетического обмена оценивали по содержанию в сыворотке крови молочной кислоты (МК), активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ), креатинкиназы (КК), пирувата (ПВК), общего белка (ОБ).

Исследования сыворотки крови проводили с использованием автоматического биохимического анализатора HITACHI 902 (США), анализатора Stat Fax® 1904 Plus (США) и наборов фирмы «Vital Diagnostics» (Россия).

Статистическую обработку результатов проводили с помощью методов непараметрической статистики: вычисляли критерий Крускала-Уоллиса (для установления статистически значимых различий между несколькими группами), медианный тест, критерий Данна (используется при различных и одинаковых объемах выборок) [11], используя программы «Microsoft Excel – 97» и «AtteStat» Версия 1.0 [12].

Результаты и их обсуждение

Для исследования использовали фракцию костных белков, выделенных по следующей схеме. Свежую кортикальную кость диафиза бедренной кости быков замораживали при -70°C и очищали от надкостницы и костного мозга. Затем измельчали под прессом в среде жидкого азота. Для выделения белков использовали фракцию размером менее 1 мм. Навеску кости заливали 0.1 н. раствором хлороводородной кислоты, вводя в раствор 20 мг йодоуксусной кислоты для блокирования активности протеолитических ферментов, и деминерализовали при температуре 4°C до постоянного значения рН среды. Затем полученный раствор центрифугировали и диализовали против дистиллированной воды до отсутствия в противодиализате хлорид-ионов по реакции с нитратом серебра. Для диализа использовали диализный мешок с двумя мембранами CelluSep: внутренняя мембрана с диаметром пор для белков с молекулярным весом 14 кДа, внешняя с диаметром пор 3.5 кДа. Для хроматографической очистки использовали раствор из межмембранного пространства. Для хроматографической очистки получаемой фракции использовали систему ВЭЖХ Simadzu с препаративными колонками для гелипроницающей хроматографии Sorex Protein KW-2002.5. Колонку калибровали наборами маркеров молекулярного веса Sigma в диапазоне молекулярных весов 6.5–200 кДа. Хроматографическую очистку вели при давлении 5–7 МПа в буферном растворе трисоксиметиламинометан-НСI концентрацией 0.1 М и рН=7.2, собирая фракцию от 5–10 кДа. Далее полученную фракцию концентрировали лиофильным высушиванием на низкотемпературной вакуумной сушке НЕТО LyoLab 3000. Далее полученную смесь белков последовательно очищали на ионообменных колонках Shodex IEC-SP-2825 и IEC QA-2825 в том же трисовом буфере и градиенте концентрации натрия хлорида 0→50 мМ. При этом собирали фракцию, не имеющую сродства к ионообменникам. Полученную фракцию так же диализовали против дистиллированной воды и лиофильно высушивали. Лиофильно высушенные белки герметично упаковывали в стеклянные флаконы и перед введением экспериментальным животным стерилизовали потоком быстрых электронов дозой 18+5 кГр на ускорителе ЛУЭ-8-5М.

В используемой фракции определяли количество клеточных некоторых цитокинов наборами реагентов фирмы INVITROGEN, иммунологическим методом на приборе Terno scientific (США). Биохимические показатели выделенной фракции представлены в таблице 1.

Таблица 1

Биохимические показатели состава полученной фракции

Биохимические показатели	мг%
Белок по Лоури	7.01
Коллаген по оксипролину	71.73
Уроновые кислоты	0.04
Сиаловые кислоты	0.015
IGF-1	0.6
EGF	49.4

По представленным данным можно заключить, что полученная фракция содержит в своем составе преимущественно низкомолекулярные дериваты коллагена и неколлагеновых белков костной ткани. Состав фракции белков представлен некоторым набором цитокинов.

Результаты биохимического исследования активности фосфатаз представлены в виде индекса фосфатаз и представлены на рисунке 1. Полученные нами данные свидетельствуют о том, что при введении в зону перелома крыс белкового препарата, не сорбирующегося на ионообменниках, индекс фосфатаз

(ИФ = ЩФ/ТрКФ) в сыворотке крови контрольной группы был достоверно ниже экспериментальной. Данное обстоятельство свидетельствует о преобладании остеорепаративных процессов, протекающих в костной ткани, над резорбтивными.

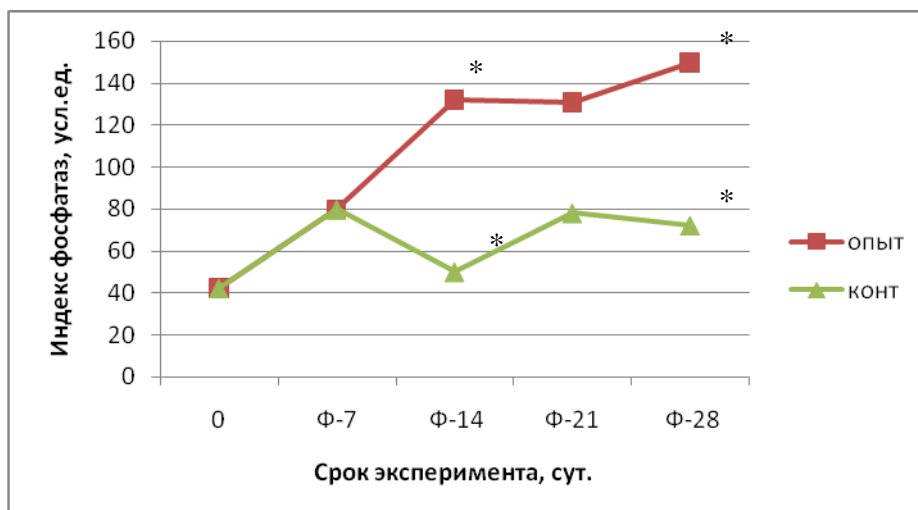


Рис. 1. Изменение индекса фосфатаз сыворотки крови крыс в ходе эксперимента:
* – достоверные различия контрольной и опытной группы при уровне значимости $p < 0.01$ по критерию Данна

В костном водном экстракте нами также отмечены статистически значимые отличия между контрольной и опытной группами на всех сроках эксперимента: сначала резкое снижение, а затем рост активностей костных изоферментов кислой и щелочной фосфатаз с превалированием последней, соответственно рост фосфатазного индекса ($ИФ = \frac{ЩФ}{ТрКФ}$) с 14 суток иммобилизации до следующего этапа, что отражало ускорение костного ремоделирования, которое может сопровождаться потерей костной массы [13] (рис. 2).

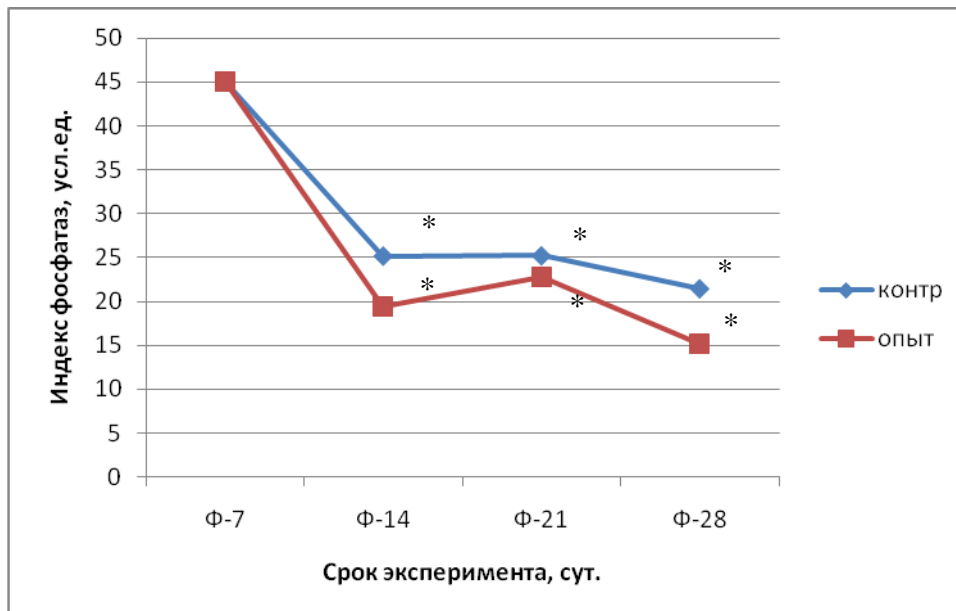


Рис. 2. Изменение индекса фосфатаз костного экстракта крыс в ходе эксперимента:
* – достоверные различия контрольной и опытной группы при уровне значимости $p < 0.01$

Проведя анализ уровня электролитов в сыворотке крови крыс, при лечении переломов которых мы использовали белковый препарат, наблюдалось стойкое повышение концентрации неорганического фосфата, концентрация кальция оставалась практически на одном уровне. Нами выявлено статистически значимое отличие концентрации кальция и отношения Ca/P между контрольной и опытной группами (табл. 2).



Таблица 2

**Изменение содержания кальция и неорганического фосфата
в сыворотке крови крыс в ходе эксперимента**

Срок эксперимента	Уровень биохимических показателей		
	Кальций, ммоль/л	Фосфат, ммоль/л	Ca/P
Интактные (n=7)	2.3 (2.2÷2.8)	2.11 (1.97÷2.20)	1.16 (1.09÷1.27)
Ф-14 сут.	К (n=6) 2.64* (2.55÷2.97)	1.96* (1.89÷2.17)	1.40* (1.29÷1.42)
	О (n=6) 3.15 (2.82÷3.26)	2.17 (2.16÷2.20)	1.46 (1.30÷1.48)
Ф-21 сут.	К (n=6) 2.92 (2.90÷2.97)	2.04 (1.96÷2.22)	1.43 (1.30÷1.50)
	О (n=6) 2.99 (2.81÷3.20)	2.43 (2.18÷2.61)	1.17 (1.10÷1.39)
Ф-28 сут.	К (n=6) 3.19* (2.89÷3.39)	2.19* (2.10÷2.52)	1.35* (1.26÷1.57)
	О (n=6) 2.91 (2.80÷3.11)	2.48 (2.40÷2.57)	1.18 (1.13÷1.21)

Примечание: К – контрольная группа; О – опытная группа; * – достоверные различия контрольной и опытной группы при уровне значимости $p < 0.01$. Значения приведены в виде медианы (25-й ÷ 75-й перцентили).

По полученным данным индекс Ca/PO_4 в сыворотке крови контрольной группы оставался значимо высоким на всех сроках эксперимента, в то время как в опытной группе происходило снижение этого отношения. Снижение исследуемого отношения происходило за счет уменьшения количества кальция в сыворотке крови при практически неизменном количестве фосфата.

Снижение концентрации кальция в сыворотке крови на этапах эксперимента у животных опытной группы может объясняться его миграцией к зоне перелома. Данное обстоятельство подтверждается исследованием водного экстракта костной ткани представленного в таблице 3. На заключительных этапах эксперимента концентрация кальция в зоне перелома животных опытной группы была значимо выше, чем в контрольной.

Таблица 3

**Изменение содержания кальция и неорганического фосфата
в водном экстракте костной ткани крыс в ходе эксперимента**

Срок эксперимента	Кальций, мг/100г				Фосфат, мг/100г			
	КО	КК	ОО	ОК	КО	КК	ОО	ОК
Ф-7 сут.	6.16 (4.91÷ 18.54) n=3	5.84 (5.75÷ 5.92) n=3	6.16 (4.91÷ 18.54) n=3	5.84 (5.75÷ 5.92) n=3	19.65 (16.51÷ 32.83) n=3	23.66 (23.26÷ 24.05) n=3	19.65 (16.51÷ 32.83) n=3	23.66 (23.26÷ 24.05) n=3
	9.37* (7.84÷ 12.47) n=3	16.40 (15.15÷ 18.73) n=4	5.64* (4.95÷ 8.16) n=6	5.19 (3.72÷ 6.29) n=6	21.29* (17.22÷ 25.69) n=3	42.12 (38.75÷ 47.45) n=4	30.93* (27.71÷ 32.17) n=6	18.76 (13.54÷ 23.28) n=6
Ф-21 сут.	8.02* (6.02÷ 8.76) n=6	9.55 (9.34÷ 9.56) n=6	8.98* (7.58÷ 9.90) n=6	6.67 (4.69÷ 8.22) n=6	20.34* (18.58÷ 22.30) n=6	27.85 (25.89÷ 33.57) n=6	42.96* (40.40÷ 46.00) n=6	23.20 (19.05÷ 26.13) n=6
	3.61* (2.91÷ 7.88) n=5	6.61 (5.32÷ 10.74) n=4	7.22* (6.77÷ 8.39) n=3	3.11 (2.16÷ 4.67) n=4	12.57* (11.02÷ 23.22) n=5	26.88 (22.48÷ 36.62) n=4	41.26* (30.48÷ 47.88) n=3	15.02 (8.02÷ 27.84) n=4

Примечание: КО – контрольная группа оперированная конечность; КК – контрольная группа контралатеральная конечность; ОО – опытная группа оперированная конечность; ОК – опытная группа контралатеральная конечность; * – достоверные различия контрольной и опытной группы при уровне значимости $p < 0.01$. Значения приведены в виде медианы (25-й ÷ 75-й перцентили).

Анализ содержания основных макроэлементов костной ткани у крыс контрольной группы показал различный по абсолютной величине дефицит кальция, неорганического фосфата и магния в прооперированной конечности по сравнению с контралатеральной. В опытной группе наоборот наблюдалось накопление данных макроэлементов в прооперированной конечности, что, скорее всего, связано с действием применяемого препарата и активации процессов оссификации костной ткани.

Изменения концентрации Mg костной ткани у крыс контрольной и опытной группы однонаправлены: тенденции роста сменялись снижением. Однако, содержание Mg у крыс опытной группы было достоверно выше на всех этапах эксперимента по сравнению с кон-

трольной группой: на этапе Ф-14 сут. выше в 1.3 раза ($p < 0.01$), на этапе Ф-21 сут. в 2.4 раза ($p < 0.01$), на этапе Ф- 28 сут. в 3.2 раза ($p < 0.01$) (табл. 4).

Таблица 4

Изменение содержания магния в костной ткани крыс в ходе эксперимента

Срок эксперимента	Магний, мг/100г			
	КО	КК	ОО	ОК
Ф-7 сут.	3.23 (2.58÷4.31) n=3	4.09 (3.95÷4.23) n=2	3.23 (2.58÷4.31) n=3	4.09 (3.95÷4.23) n=2
Ф-14 сут.	3.62* (2.80÷4.30) n=3	6.05 (5.34÷7.67) n=4	4.67* (4.55÷5.43) n=6	3.73 (2.08÷4.69) n=6
Ф-21 сут.	3.16* (2.93÷4.25) n=6	4.83 (4.22÷5.39) n=6	7.69* (6.09÷9.48) n=6	5.08 (3.77÷7.79) n=6
Ф-28 сут.	2.01* (1.67÷4.07) n=5	4.61 (3.81÷6.25) n=4	6.42* (4.92÷7.93) n=3	2.24 (1.28÷3.71) n=4

Примечание: КО – контрольная группа оперированная конечность; КК – контрольная группа контралатеральная конечность; ОО – опытная группа оперированная конечность; ОК – опытная группа контралатеральная конечность; * – достоверные различия контрольной и опытной группы при уровне значимости $P < 0.01$. Значения приведены в виде медианы (25-й ÷ 75-й перцентили).

Об интенсивности углеводного обмена мы судили по изменению в сыворотке крови концентрации продуктов обмена углеводов: молочной (МК) и пировиноградной кислот (ПВК). В ходе эксперимента происходило накопление данных метаболитов и достигало максимума на 28 сутки периода фиксации, как в опытной, так и в контрольной группе. Это свидетельствует об увеличении интенсивности углеводного обмена в тканях при травме. Нами отмечено повышение концентрации креатинкиназы и лактатдегидрогеназы, особенно на 14 сутки эксперимента для ЛДГ, как в контрольной, так и в опытной группе. Динамика ферментативной активности КК и ЛДГ представлена на рис. 3.

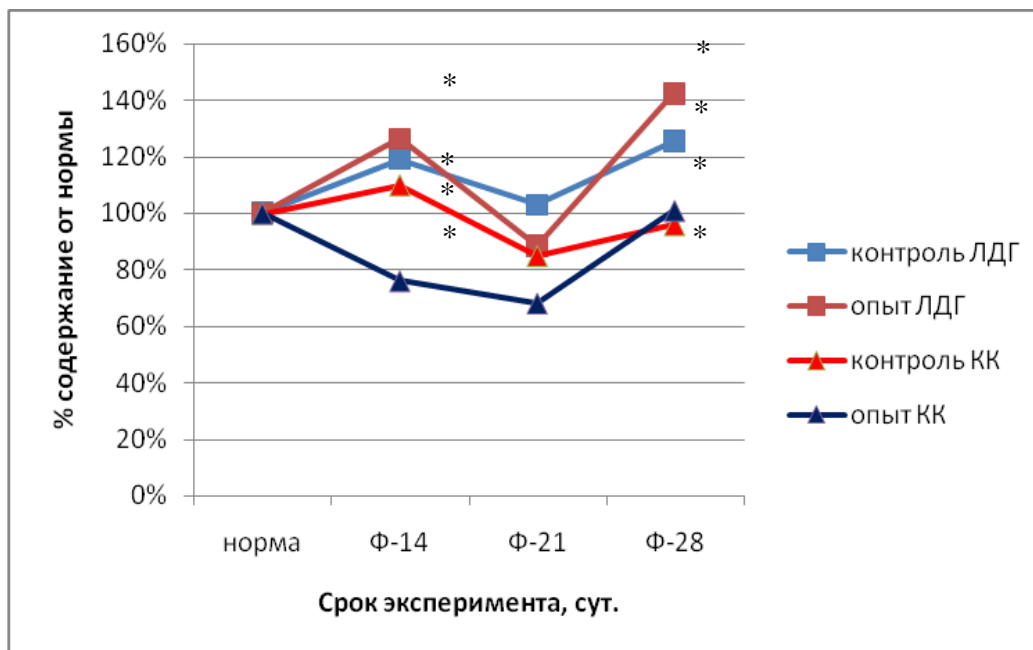


Рис. 3. Изменение активности креатинкиназы (КК) и лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в сыворотке крови крыс в ходе эксперимента: * – достоверные различия контрольной и опытной группы при уровне значимости $P < 0.01$

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о положительном влиянии белкового препарата на репаративный остеогенез в зоне перелома. Максимальная активность процесса приходилась на 14 сутки этапа фиксации. Высокая интенсивность процессов репарации поддерживалась за счет активных биохимических процессов энергообеспечения.



Список литературы

1. Агаджанян В.В., Пронских А.А., Орлов А.Н. Наш опыт лечения закрытых диафизарных переломов костей голени // Травматология и ортопедия России. – 1998. – №2. – С. 7–10.
2. Сидоркина А.Н. Биохимические аспекты травматической болезни и её осложнений. – Н. Новгород: ФГБУ «ННИИТО Росмедтехнологий». – 2009. – 148 с.
3. Чиркин А.А., Данченко Е.О. Биохимия. – М.: Мед. лит. – 2010. – 624 с.
4. Анкин Л.Н., Анкин Н.Л. Практическая травматология (европейские стандарты диагностики и лечения). – М.: Книга-плюс. – 2002. – 480 с.
5. Лечение больных с двойными переломами костей голени методом чрескостного остеосинтеза / С.И. Швед, А.Г. Карасев, А.А. Свешников, Л.А. Смотров // Гений ортопедии. – 1999. – №3. – С. 59–63.
6. Харкович И.И., Мухля А.М. Структура инвалидности при нарушениях репаративного остеогенеза диафизарных переломов костей голени // Мед. новости. – 1999. – №7. – С. 42–44.
7. Биохимические показатели в оценке репаративного остеогенеза у пациентов с различными типами скелетной травмы / С.Н. Лунева, Е.А. Ткачук, М.В. Стогов // Гений ортопедии. – 2010. – №1. – С. 112–115.
8. Талашова И.А., Осипова Е.В., Кононович Н.А. Сравнительная количественная оценка репаративного процесса при имплантации биокомпозиционных материалов в костные дефекты // Гений ортопедии. – 2012. – №2. – С. 68–71.
9. Власов В.В. Реакция организма на внешние воздействия: общие закономерности развития и методические проблемы исследования. – Иркутск: Изд-во Иркутского ун-та, 1994. – 344 с.
10. Европейская конвенция по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей // Вопр. реконструктив. и пласт. хирургии. – 2003. – №4. – С. 34–36; 2004. – №1. – С. 20–36; 2004. – №2. – С. 29–31.
11. Гланц С. Медико-биологическая статистика. – М.: Практика, 1998. – 459 с.
12. Гайдышев И.П. Решение научных и инженерных задач средствами Excel. VBA и C/C ++. – СПб.: БХВ–Петербург, 2004. – 512 с.
13. Долгов В.В., Ермакова И.П. Лабораторная диагностика обмена костной ткани // Остеопороз и остеопатии. – 2000. – №4. – С. 29–39.

CHANGES IN BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLOOD SERUM AND BONE EXTRACTS AT INJECTION LOW-MOLECULAR BONE PROTEINS ZONE TIBIAL FRACTURES IN RATS

A.N. Nakoskin, N.V. Nakoskina

Academician Ilizarov Russian Scientific Center "Restorative Traumatology and Orthopaedics" of RF Ministry of Health, 6 M. Ulyanova St, Kurgan, 640014, Russia

*E-mail: Nakoskin_a@mail.ru;
Tatika1981@mail.ru*

In this study, we investigated the effect of topical administration of the extract of low-molecular bone proteins on bone biochemical parameters of bone metabolism in rats. Solution of low-molecular proteins isolated from the bone tissue of oxen. It has been established that the injection a low molecular weight fraction of bone proteins has a systemic effect. Phosphatase activity, indicating a metabolic shift of osteoreparative processes, changes. Injection of proteins increases the amount of mineral components of the bone in the fracture zone.

Keywords: bone, osteoreparative processes, low molecular weight proteins of bone.

УДК 579.84:(579.842+579.844):615.281.9:616-093/-098

МОНИТОРИНГ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ НЕКОТОРЫХ ВОЗБУДИТЕЛЕЙ ОППОРТУНИСТИЧЕСКИХ ИНФЕКЦИЙ К СОВРЕМЕННЫМ ПРЕПАРАТАМ АНТИБИОТИКОВ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

**Н.Н. Маркелова, Е.Ф. Семенова,
А.И. Шпичка, И.Я. Моисеева,
О.П. Родина**

Пензенский государственный
университет, Россия, 440026, г. Пенза,
ул. Красная, 40

E-mail: cnit@pnzgu.ru

Проведён анализ антибиотикочувствительности 956 штаммов 4 видов условно-патогенных грамотрицательных бактерий *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Stenotrophomonas maltophilia* из 3 лечебно-профилактических учреждений (ЛПУ) различного профиля. Определён высокий уровень устойчивости данных микроорганизмов к основным группам современных антибиотиков (ингибиторзащищённым пенициллинам, цефалоспорином 3 и 4 поколений, аминогликозидам, фторхинолонам), включая карбапенемы. Выявлены полирезистентные изоляты *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *Klebsiella pneumoniae*.

Ключевые слова: *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Stenotrophomonas maltophilia*, чувствительность к антибиотикам, мониторинг, полирезистентные штаммы, лечебно-профилактические учреждения различного профиля.

Введение

Некоторые условно-патогенные грамотрицательные бактерии: *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Stenotrophomonas maltophilia* заслуживают особого внимания как одни из ведущих возбудителей внутрибольничной инфекции, часто проявляющие устойчивость ко многим антибиотикам [1–5].

Специальной комиссией по изучению вопроса доступности антимикробных препаратов (ААТФ) Американского Общества Инфекционных Болезней (IDSA) создан список приоритетных бактериальных и грибковых возбудителей, в который вошли *P. aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *K. pneumoniae*, как микроорганизмы с растущим уровнем невосприимчивости практически ко всем группам антибиотиков, так называемые «проблемные» бактерии. Из-за отсутствия новых препаратов лечение пациентов в случае инфицирования полирезистентными бактериями затруднено, поэтому важным обоснованием включения микроорганизмов в список стала потребность в разработке против них новых антимикробных средств [6].

До недавнего времени карбапенемы составляли основной класс современных антибиотиков, к которому клинические изоляты *P. aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *K. pneumoniae* исторически были восприимчивы [7]. В последнее время карбапенемрезистентные штаммы *P. aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, совсем не редкость и всё чаще появляются сообщения об устойчивости *K. pneumoniae* к карбапенемам [3, 8]. На фоне известных «проблемных» возбудителей происходит широкое распространение нового патогена – *S. maltophilia*, обладающего видами карбапенемазами и характеризующегося природной резистентностью ко многим антимикробным препаратам [4].

Объекты и методы исследования

Объектами исследования служили 956 изолятов условно-патогенных грамотрицательных бактерий: *Pseudomonas aeruginosa* (240), *Acinetobacter spp.*, (127), *Klebsiella pneumoniae* (519), *Stenotrophomonas maltophilia* (70), выделенных из клинического материала пациентов трёх лечебно-профилактических учреждений различного профиля г. Пензы: I ЛПУ – поликлиника; II ЛПУ – стационар преимущественно терапевтического направления, III ЛПУ – специализированный хирургический стационар.

Выделение культур осуществляли традиционными методами на простых питательных средах с последующим определением морфологических и культуральных характеристик [9]. Биохимическая идентификация бактерий проводилась с использованием тест-систем производства BioMerieux.

Чувствительность к антибиотикам определялась модифицированным методом серийных разведений, основанным на использовании двух концентраций антибиотика, соответствующих пограничным значениям (breakpoints) на тест-системах (BioMerieux), диско-диффузионным методом и с помощью E-тестов (количественный градиентный тест) производ-



ства OXOID и BioMerieux. Интерпретация полученных зон задержки роста бактерий и минимальных ингибирующих концентраций (МИК) антибиотиков осуществлялась в соответствии с рекомендациями European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST), и Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) для каждого вида бактерий [10, 11].

Формирование базы данных для анализа структуры микробиоценозов и характера их чувствительности к антибиотикам проводилось с помощью статистической программы «Система микробиологического мониторинга «Микроб-2».

Результаты и их обсуждение

Проведённое исследование позволило определить частоту встречаемости каждого из 4 микроорганизмов в трёх лечебно-профилактических учреждениях (ЛПУ): *P. aeruginosa* – I ЛПУ – 1.12% (57 из 5065), II ЛПУ – 8.17% (96 из 1175), III ЛПУ – 4.0% (87 из 2205); *Acinetobacter spp.* – I ЛПУ – 0.45% (23 из 5065), II ЛПУ – 1.7% (20 из 1175), III ЛПУ – 3.8% (84 из 2205); *K. pneumoniae* – I ЛПУ – 4.24% (215 из 5065), II ЛПУ – 6.8% (80 из 1175), III ЛПУ – 10.16% (224 из 2205); *S. maltophilia* – I ЛПУ – 0.12% (6 из 5065), II ЛПУ – 1.7% (20 из 1175), III ЛПУ – 1.9% (44 из 2205). Доля каждого из 4 микроорганизмов в микрофлоре представленных ЛПУ различалась (рис. 1).

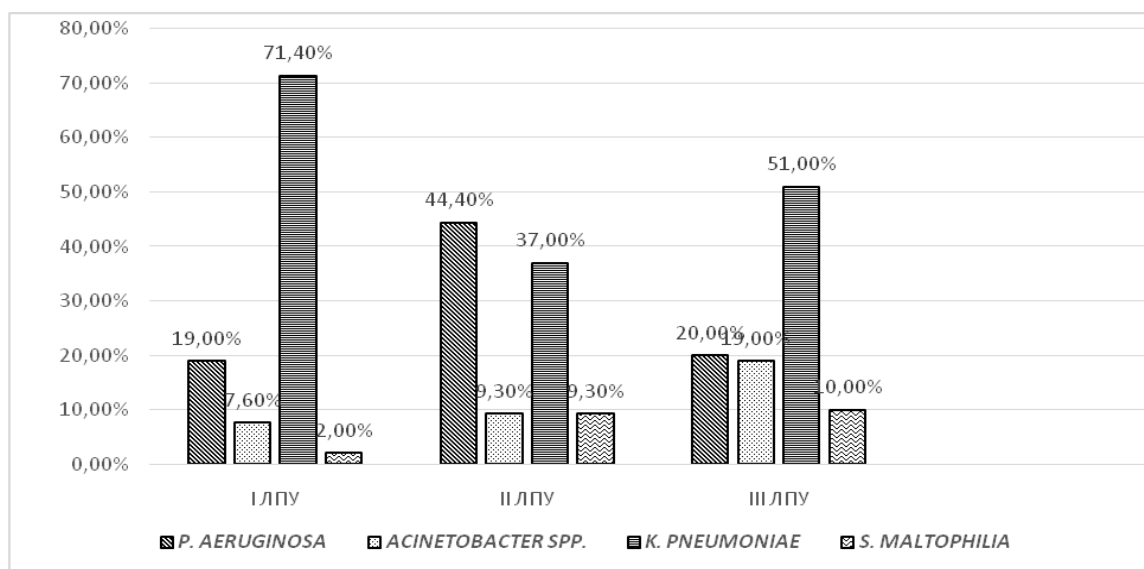


Рис. 1. Частота встречаемости *P. aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *K. pneumoniae*, *S. maltophilia* в подразделениях лечебно-профилактических учреждений (г. Пенза)

K. pneumoniae преобладала в поликлинике и хирургическом стационаре, что свидетельствует о широком распространении *K. pneumoniae* как возбудителя внебольничной и внутрибольничной инфекции. В терапевтическом ЛПУ чаще встречался *P. aeruginosa*, который также выделялся повсеместно, но в 3.8 (I ЛПУ) и 2.6 (III ЛПУ) раза меньше, чем *K. pneumoniae*. Несмотря на убиквитарность обеих бактерий, превалирование последней можно объяснить высокой частотой колонизации энтеробактериями биотопов человека, в частности кишечника (20.0–30.0% здоровых лиц) и как следствие – эндогенную природу инфекционного заболевания [12, 14]. *P. aeruginosa* – экзогенный патоген, в большинстве случаев вызывающий заболевания у иммунодепрессированных пациентов, в том числе, с хроническими соматическими заболеваниями. Показано возрастающее присутствие *Acinetobacter spp.* и *S. maltophilia* в ряду I < II < III ЛПУ; вероятно, роль этих микроорганизмов в госпитальных условиях более значима.

Результаты определения чувствительности к антибиотикам исследованных культур (240) *P. aeruginosa* представлены в таблице 1.

Таблица 1
Активность антибиотиков в отношении клинических изолятов *P. aeruginosa*, выделенных в ЛПУ различного профиля

Антибактериальные препараты	Доля штаммов каждой группы чувствительности* в ЛПУ, %								
	I			II			III		
	Ч1	УР2	Р3	Ч1	УР2	Р3	Ч1	УР2	Р3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пиперациллин	74.0	0.0	26.0	33.0	0.0	67.0	49.2	0.0	50.8
Пип/тазобактам	87.5	0.0	12.5	66.7	0.0	33.3	60.5	1.2	38.4



Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амикацин	100.0	0.0	0.0	64.4	5.7	29.9	79.5	2.4	18.1
Гентамицин	93.0	4.7	2.3	48.2	3.6	48.2	80.7	1.2	18.1
Тобрамицин	98.0	2.0	0.0	47.4	9.5	43.1	80.4	0.0	19.6
Имипенем	62.5	37.5	0.0	23.5	17.6	58.9	62.5	3.8	33.8
Меропенем	95.7	0.0	4.3	36.5	15.9	47.6	61.7	13.8	24.5
Азтреонам	47.0	47.0	6.0	15.0	43.7	41.3	35.0	40.0	25.0
Цефепим	61.0	17.0	22.0	12.7	18.2	69.1	64.6	3.8	31.6
Цефтазидим	79.2	12.5	8.3	43.3	23.3	33.4	64.8	0.0	35.2
Ципрофлоксацин	93.8	4.2	2.0	30.1	4.3	65.6	72.2	5.6	22.2
Колистин	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0

*Примечание: Ч¹ – чувствительные, УР² – умеренно резистентные, Р³ – резистентные штаммы.

Анализ полученных данных показал значительную резистентность *P. aeruginosa* к цефалоспорином 3 и 4 поколения в трёх ЛПУ, которая колебалась от 8.3 до 35.2% в отношении цефтазидима и от 22.0% до 61.9% в отношении цефепима в зависимости от профиля стационара. Выявлена высокая частота фенотипической устойчивости к карбапенемам в двух стационарах, при этом её уровень к имипенему и меропенему во II ЛПУ превышал соответствующие показатели для III ЛПУ почти в 2 раза. Доля нечувствительных штаммов *P. aeruginosa* во II стационаре к фторхинолонам (65.6% в отношении ципрофлоксацина) и аминогликозидам (48.2% в отношении гентамицина) в 2.7 и в 3.0 раза, соответственно, была выше, чем в III. Существенная разница в чувствительности изолятов двух стационаров может быть связана с более широким применением указанных препаратов в соответствии с видом клинического материала: во II ЛПУ 72 штамма (75.0%) изолированы из мочи, в III ЛПУ 65 штаммов (75.0%) из нижних дыхательных путей. Определена устойчивость *P. aeruginosa* к карбапенемам, пенициллинам с антисинегнойной активностью, цефалоспорином и в амбулатории, что свидетельствует о весьма условном разграничении внутрибольничной и внебольничной ситуации. Появление резистентных изолятов *P. aeruginosa* в поликлинических условиях может быть связано и с их госпитальным происхождением. Косвенным тому подтверждением служат данные амбулаторного применения цефалоспоринов в России, которое составило около 3.0% в общей структуре потребления, при этом в стационарах они являются одной из наиболее широко применяемых групп антибиотиков [13]. Карбапенемы и ингибиторзащищённый уреидопенициллин – пиперациллин/тазобактам также предназначены для лечения тяжёлых госпитальных инфекций, вызванных *P. aeruginosa*, следовательно, в поликлинических условиях их применение ограничено. Кроме того, было установлено, что предшествующая госпитализация и антибактериальная терапия в анамнезе могут быть причиной колонизации или инфекции пациентов антибиотикорезистентными микроорганизмами [14].

Полирезистентные штаммы в амбулаторных условиях не выделялись, во втором стационаре они составили 20 (20.8%) в третьем – 15 (17.4%). К основным группам антибиотиков: пенициллинам с антисинегнойной активностью, цефалоспорином 3 и 4 поколений, карбапенемам, аминогликозидам, фторхинолонам, было устойчиво 28 (11.7%) штаммов; нечувствительность к пенициллинам и цефалоспорином 3 и 4 поколения, которые составили набор антибиотиков из 6 антимикробных препаратов (пиперациллин, пиперациллин/тазобактам, тикарциллин, тикарциллин/клавуланат, цефтазидим, цефепим) проявили 7 (3.0%) изолятов. Ко всем тестируемым группам антибактериальных препаратов уровень резистентности *P. aeruginosa* во II ЛПУ превышал 25.0%, в III ЛПУ показатель более 25.0% соответствовал карбапенемам, антисинегнойным пенициллинам, цефалоспорином, т.е. препаратам, наиболее активным в отношении данного микроорганизма.

Результаты определения чувствительности к антибиотикам исследованных культур (127) *Acinetobacter spp.* представлены в таблице 2.

Таблица 2

Активность антибиотиков в отношении клинических изолятов *Acinetobacter spp.*, выделенных в различных ЛПУ

Антибактериальные препараты	Доля штаммов каждой группы чувствительности* в ЛПУ, %								
	I			II			III		
	Ч ¹	УР ²	Р ³	Ч ¹	УР ²	Р ³	Ч ¹	УР ²	Р ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Амикацин	100.0	0.0	0.0	70.6	11.8	17.6	30.2	0.0	69.8
Нетилмицин	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	60.0	0.0	40.0



Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гентамицин	100.0	0.0	0.0	40.0	5.0	55.0	50.6	0.0	49.4
Тобрамицин	100.0	0.0	0.0	40.0	15.0	45.0	51.4	0.0	48.6
Меропенем	85.7	14.3	0.0	100.0	0.0	0.0	32.1	3.6	64.3
Цефепим	56.3	18.7	25.0	41.2	17.6	41.2	11.1	0.0	88.9
Цефтазидим	35.3	53.0	11.7	36.8	36.8	26.4	22.2	0.0	77.8
Ципрофлоксацин	90.0	10.0	0.0	52.6	15.8	31.6	45.2	0.0	54.8

*Примечание: Ч¹ – чувствительные, УР² – умеренно резистентные, Р³ – резистентные штаммы.

В отношении штаммов *Acinetobacter* spp. каждый из двух препаратов группы цефалоспоринов (цефтазидим, цефепим) проявлял активность не выше 50.0% за исключением цефепима в I ЛПУ, при этом изоляты относились либо к умеренно-устойчивым, либо к устойчивым, самая же низкая чувствительность отмечалась к цефепиму в III ЛПУ – 11.1%. Культуры *Acinetobacter* spp. из II и III стационаров характеризовались значительной устойчивостью практически ко всем группам антибактериальных препаратов, за исключением меропенема, нетилмицина и в меньшей степени амикацина во II ЛПУ. В поликлинических отделениях данные микроорганизмы редко изолировали из клинического материала, и они отличались высокой чувствительностью к антибиотикам (за исключением цефтазидима), составляющей 100,0% по отношению к аминогликозидам. Частота выделения *Acinetobacter* spp. в III ЛПУ в 2.2 и 8.4 раза превысила это значение для II ЛПУ и I ЛПУ, соответственно, причём 41 штамм (49.0%) III стационара был изолирован от пациентов отделения интенсивной терапии (ОИТ), где показатели резистентности изолятов *Acinetobacter* spp. к 4 группам антибиотиков (карбапенемам, цефалоспорином, аминогликозидам, фторхинолонам) превышали 50.0%. Полирезистентные штаммы *Acinetobacter* spp. в количестве 44 (34.6%) были выделены только в III ЛПУ; у них отмечалась резистентность к основным группам антибиотиков (карбапенемам, цефалоспорином, аминогликозидам, фторхинолонам), при этом фенотипические профили устойчивости несколько различались по отдельным препаратам, в большей степени по 4 аминогликозидам (амикацину, гентамицину, нетилмицину, тобрамицину).

Результаты определения чувствительности к антибиотикам исследованных изолятов (519) *K. pneumoniae* представлены в таблице 3.

Таблица 3

Активность антибиотиков в отношении клинических изолятов *K. pneumoniae*, выделенных в различных ЛПУ

Антибактериальные препараты	Доля штаммов каждой группы чувствительности* в ЛПУ, %								
	I			II			III		
	Ч ¹	УР ²	Р ³	Ч ¹	УР ²	Р ³	Ч ¹	УР ²	Р ³
Ампициллин	0.0	5.3	94.7	0.0	3.0	97.0	0.0	0.0	100.0
Амокс/клавул	76.5	17.6	5.9	90.0	10.0	0.0	50.4	2.8	46.8
Цефтазидим	70.6	8.8	20.6	43.7	9.4	46.9	38.9	8.0	53.1
Цефотаксим	48.1	21.0	30.9	35.5	16.1	48.4	36.8	2.8	60.4
Цефуросим	43.1	12.1	44.8	27.1	10.0	62.9	21.4	0.0	78.6
Цефепим	77.1	8.6	14.3	44.0	11.0	44.0	40.6	14.6	44.7
Меропенем	100.0	0.0	0.0	89.5	10.5	0.0	94.6	5.4	0.0
Гентамицин	85.0	2.7	12.3	47.7	7.5	44.8	56.0	1.8	42.2
Амикацин	90.0	3.3	6.7	47.2	11.1	41.7	70.8	8.9	20.2
Ципрофлоксацин	75.9	13.8	10.3	36.5	2.7	60.8	64.7	4.5	30.8

*Примечание: Ч¹ – чувствительные, УР² – умеренно резистентные, Р³ – резистентные штаммы.

Среди изученных культур *K. pneumoniae* распространение устойчивости к β -лактамам антибиотикам варьировало от 14.3% до 100.0%. Наибольшая частота резистентности отмечена к ампициллину и цефалоспорино II поколения – цефуросиму, которая нарастала в ряду I < II < III ЛПУ, что можно объяснить различным характером преобладающих β -лактамаз. Ферменты широкого спектра, продуцируемые амбулаторными *K. pneumoniae*, гидролизуют природные и полусинтетические пенициллины, цефалоспорины I поколения, при этом сохранялась чувствительность к цефуросиму. В отношении бактериальных изолятов стационаров активность цефалоспоринов II (цефуросима), III (цефотаксима, цефтазидима) и IV (цефепима) поколений не превышала 45.0% и была, вероятно, ограничена продукцией β -лактамаз расширенного спектра (БЛРС), которые имеют плазмидное происхождение и чувствительны к ингибиторам ферментов. В нашем исследовании микроорганизмы, устойчивые хотя бы к одному из цефалоспоринов III поколения (косвенный признак), рассматривались как возможные БЛРС-

штаммы. Заслуживает внимание резистентность *K. pneumoniae* к амоксициллину-клавуланату в III ЛПУ, которая может быть связана с гиперпродукцией видоспецифических β-лактамаз или присутствием плазмидных бета-лактамаз AmpC, которые могут маскировать результаты скрининга БЛРС. Чувствительность к меропенему культур, выделенных в поликлинике, составила 100.0%, однако, важное значение имеет появление умеренной устойчивости к меропенему у изолятов II и III стационаров. Следует отметить, что приобретение плазмидных AmpC и карбапенемаз способствует быстрому распространению полирезистентных штаммов *K. pneumoniae* [15]. Амикацин проявлял большую чувствительность, чем гентамицин. Высокая невосприимчивость к обоим аминогликозидам и ципрофлоксацину была характерна для II ЛПУ, в котором применение этих антибактериальных препаратов в отношении *K. pneumoniae* связано с источником её выделения (71.3% изолятов – уропатогены). Полирезистентные штаммы *K. pneumoniae*, характеризующиеся ассоциированной устойчивостью к 5 группам антибиотиков (цефалоспорином, аминогликозидам, фторхинолонам, ингибиторзащищенным и незащищенным аминопенициллам), были выявлены в III ЛПУ в количестве 24 (10.7%) и отсутствовали в I и II ЛПУ.

Оценка чувствительности 70 культур *S. maltophilia* к антимикробным агентам в настоящее время предполагает большие трудности из-за различий в методиках тестирования и перечнях рекомендованных препаратов. Используя сразу несколько рекомендованных систем интерпретации данных антибиотикоустойчивости, были получены следующие результаты (табл. 4).

Таблица 4

Активность антибиотиков в отношении клинических изолятов *S. maltophilia*, выделенных в различных ЛПУ

Антибактериальные препараты	Доля штаммов каждой группы чувствительности* в ЛПУ, %								
	I			II			III		
	Ч ¹	УР ²	Р ³	Ч ¹	УР ²	Р ³	Ч ¹	УР ²	Р ³
Тикарциллин/клавул.	НД ⁴	НД ⁴	НД ⁴	100.0	0.0	0.0	73.7	5.3	21.1
Цефтазидим	75.0	0.0	25.0	37.5	12.5	50.0	0.0	0.0	100.0
Левифлоксацин	НД ⁴	НД ⁴	НД ⁴	НД ⁴	НД ⁴	НД ⁴	75.0	2.0	0.0
Ципрофлоксацин	100.0	0.0	0.0	83.3	11.1	5.6	75.6	4.9	19.5
Триметоприм/сульф.	100.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	54.2	6.3	39.6
Хлорамфеникол	НД ⁴	НД ⁴	НД ⁴	85.7	0.0	14.3	25.0	25.0	50.0
Тигециклин	НД ⁴	НД ⁴	НД ⁴	НД ⁴	НД ⁴	НД ⁴	64.3	35.7	0.0

*Примечание: Ч¹ – чувствительные, УР² – умеренно резистентные, Р³ – резистентные штаммы, НД⁴ – нет данных.

Устойчивость *S. maltophilia* к цефтазидиму возрастала в ряду I < II < III ЛПУ, достигая в последнем 100.0%. Активность ципрофлоксацина была ниже на 16.7% и на 24.4% в I и II стационарах, соответственно, по сравнению с амбулаторией. Чувствительность к триметоприм/сульфометоксазолу сохранялась в I и II ЛПУ, в отличие от III, где она фиксировалась на низком уровне, отличающемся примерно в 2 раза. *S. maltophilia* – микроорганизм, обладающий природной резистентностью к карбапенемам; все изученные изоляты данной бактерии проявили 100.0% резистентность к меропенему и имипенему. В случае полирезистентности *S. maltophilia* к используемым препаратам карбапенемы не могут использоваться в терапии, в связи с этим, некоторые исследователи рекомендуют в качестве альтернативы определять активность тигециклина [16, 17]. В нашем исследовании были выявлены умеренно-устойчивые штаммы к этому препарату. Несмотря на противоречивые методики определения чувствительности к антибиотикам *S. maltophilia*, была выявлена тенденция роста невосприимчивости бактерии к антимикробным препаратам в соответствии с типом ЛПУ. Следует отметить, что в III стационаре, где отмечен самый высокий уровень резистентности, подавляющая часть штаммов была выделена из ОИТ 36 (82.0%).

Заключение

Проведенный сравнительный мониторинг показал, что «проблемные» оппортунистические микроорганизмы *P. aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *K. pneumoniae*, *S. maltophilia* были выявлены как в амбулатории, так и в двух, отличающихся по профилю, стационарах. Наиболее распространены *K. pneumoniae* и *P. aeruginosa*, что свидетельствует об их значительной роли как внебольничных, так и внутрибольничных возбудителей. *Acinetobacter spp.* и *S. maltophilia* преобладали в отделении интенсивной терапии хирургического стационара и характеризовались высокой антибиотикоустойчивостью. Различный уровень резистентности изученных



микроорганизмов в отдельных ЛПУ отражает прессинг применяемых антибиотиков в том или ином стационаре и в амбулаторных условиях, а также при различных патологических состояниях, сопровождающийся формированием, селекцией и распространением резистентных штаммов.

Резистентность к основным группам современных антибиотиков (ингибиторзащищённым пенициллинам, цефалоспорином III и IV поколений, аминогликозидам, фторхинолонам, карбапенемам) в различных комбинациях выявлена у всех четырёх изученных бактерий. Наибольшая частота встречаемости полирезистентных штаммов отмечена у *Acinetobacter* spp. (34.6%). Микроорганизмы *Acinetobacter* spp., *P. aeruginosa*, *K. pneumoniae*, *S. maltophilia* обладают различными механизмами природной или приобретённой резистентности, которая приводит к нечувствительности в отношении известных антибиотиков. Особенно рост карбапенемрезистентности штаммов на фоне комплексной устойчивости означает отсутствие в настоящий момент действенных антибактериальных препаратов против этих возбудителей.

В связи с уменьшением потенциала современных антибиотиков остро стоит проблема поиска и разработки новых антимикробных препаратов, а в настоящее время одним из главных способов борьбы с инфекциями, вызываемыми антибиотикоустойчивыми микроорганизмами, должно стать предотвращение их формирования и распространения, которое может быть осуществимо в рамках микробиологического мониторинга.

Список литературы

1. Antimicrobial Resistance among Gram-Negative Bacilli Causing Infections in Intensive Care Unit Patients in the United States between 1993 and 2004 / Sh.R. Lockhart, M.A. Abramson, S.E. Beekmann at all. // J. of Clin. Microbiol. – 2007. – Vol. 45. – Is. 10. – Pp. 3352–3359.
2. Giamarellou H. Multidrug-resistant Gram-negative bacteria: how to treat and for how long // International J. of Antimicrobial Agents. – 2010. – Vol. 36. – Suppl. 2. – Pp. 50–54.
3. Containment of a Country-wide Outbreak of Carbapenem-Resistant *Klebsiella pneumoniae* in Israeli Hospitals via a Nationally Implemented Intervention / M.J. Schwaber, B. Lev, A. Israeli at all // Clin. Infect. Diseases. – 2010. – Vol. 52. – Iss. 7. – Pp. 848–855.
4. Brooke J.S. *Stenotrophomonas maltophilia*: an Emerging Global Opportunistic Pathogen // Clin. Microbiol. Reviews. – 2012. – Vol. 25. – No. 1. – Pp. 2–41.
5. Мартинович А.А. Динамика антибиотикорезистентности и эпидемиология инфекций, вызванных *Acinetobacter* spp. в России // Клини. микробиол. и антимикробн. химиотерапия. – 2010. – Т. 12. – № 2. – С. 96–116.
6. Bad Bugs Need Drugs: An Update on the Development Pipeline from the Antimicrobial Availability Task Force of the Infectious Diseases Society of America / G.H. Talbot, J. Bradley, J.E. Edwards at all // Clin. Infect. Diseases. – 2006. – Vol. 42. – Iss. 5. – Pp. 657–668.
7. Неферментирующие грамотрицательные возбудители нозокомиальных инфекций в ОРИТ России: проблемы антибиотикорезистентности / Г.К. Решедько, Е.Л. Рябков, А.Н. Фаращук, Л.С. Страчунский, исследовательская группа РОСНЕТ // Клини. микробиол. и антимикробн. химиотерапия. – 2006. – Т. 8. – № 3. – С. 243–259.
8. Carbapenem Heteroresistance in VIM-1-Producing *Klebsiella pneumoniae* Isolates Belonging to the Same Clone: Consequences for Routine Susceptibility Testing / M. Morosini, L. Garcia, S. Alberti at all // J. of Clin. Microbiol. – 2010. – Vol. 48. – Iss. 11. – Pp. 4089–4093.
9. Определение грамотрицательных потенциально патогенных бактерий – возбудителей внутрибольничных инфекций / Метод. рекоменд. – М., 1986. – 36 с.
10. Breakpoint tables for interpretation of MICs and zone diameters Version 4.0, valid from 2014-01-01 // European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing (EUCAST), 2014.
11. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Twenty-Third Informational Supplement M100-S23 // Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI), 2013.
12. Поздеев, О.К., Федоров Р.В. Энтеробактерии: руководство для врачей. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – 720 с.
13. Анализ амбулаторного потребления антимикробных препаратов для системного применения в различных регионах РФ / С.А. Рачина, А.А. Фокин, А.А. Ишмухаметов, М.Н. Денисова // Клини. микробиол. и антимикробн. химиотерапия. – 2008. – Т. 10. – № 1. – С. 59–69.
14. Маркелова Н.Н., Медовщикова С.Е., Хотько Н.И. Мониторинг микробиологического пейзажа у детей, поступающих на лечение в кардиохирургический центр, как система профилактики инфекционных послеоперационных осложнений // Совр. медицина и фармацевтика: актуальн. проблемы и перспективы развития, XXX Международн. науч.-практ. конф. 16 – 23 августа. Лондон: International Academy of Science and Higher Education, 2012. – С. 43–45.
15. Environmental Contamination by Carbapenem-Resistant *Enterobacteriaceae* / A. Lerner, A. Adler, J. Abu-Hanna at all // J. of Clin. Microbiol. – 2007. – Vol. 51. – No. 1. – Pp. 177–181.
16. Farrell D.J., Sader H.S., Jones R.N. Antimicrobial Susceptibilities of a Worldwide Collection of *Stenotrophomonas maltophilia* Isolates Tested against Tigecycline and Agents Commonly Used for *S. maltophilia* Infections // Antimicrobial Agents and Chemotherapy. – 2010. – Vol. 54. – No. 6. – Pp. 2735–2737.

17. Sadera H.S., Dowzickyc M.J., Fritschea Th.R. Antimicrobial activity of tigecycline tested against nosocomial bacterial pathogens from patients hospitalized in the intensive care unit // *Diagnostic Microbiol. and Infect. Disease.* – 2005. – Vol. 52. – Iss. 3. – Pp. 203–208.

MONITORING FOR SUSCEPTIBILITY OF SOME CAUSATIVE AGENTS OF OPPORTUNISTIC INFECTIONS TO MODERN ANTIBIOTICS OF DIFFERENT ORIGINS

**N.N. Markelova, E.F. Semenova,
A.I. Shpichka, I.Ya. Moiseeva,
O.P. Rodina**

*Penza State University,
40 Krasnaya St, Penza,
440026, Russia*

E-mail: cnit@pnzgu.ru

The antibiotic susceptibility analysis of 956 strains, related to 4 The antibiotic susceptibility analysis of 956 strains, related to 4 species of opportunistic pathogenic Gram-negative bacteria *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Stenotrophomonas maltophilia* from 3 medicoprophyllactic institutions of different types, was carried out. The high level of the resistance of these microorganisms to the main groups of modern antibiotics (inhibitor-protected penicillins, cephalosporins of 3rd and 4th generations, aminoglycosides, fluoroquinolones), including carbapenems, was revealed. The polyresistant isolates of *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *Klebsiella pneumoniae* were found out.

Key words: *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter spp.*, *Klebsiella pneumoniae*, *Stenotrophomonasmaltophilia*, antibiotic susceptibility, monitoring, multiple-drug-resistant strains, health care facilities of different types.



ВОЗДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОЛОС¹

И.Ю. Жданова¹, Т.А. Крысанова²

¹ ОАО «ЭФКО», Россия, 309850, Белгородская обл., г. Алексеевка, ул. Фрунзе, д. 2

² Воронежский государственный университет, Россия, 394006, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1

E-mail: i.zhdanova@efko.org; takrys@yandex.ru

Проведены исследования воздействия различных моющих средств, среди которых 10% растворы индивидуальных поверхностно-активных веществ (ПАВ), их композиции и рыночные образцы пеномоющих средств, на механические свойства волос. Установлено, что наименее пагубно на механические свойства волос влияют композиции ПАВ, в состав которых входит лаурилсаркозинат натрия, и индивидуальный раствор лаурет-3-сульфосукцината натрия.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, волосы, относительное удлинение, сила, приложенная для разрыва волоса, модуль упругости, предел прочности при растяжении.

Введение

Волосы – это ороговевшие эпителиальные нитевидные придатки кожи, покрывающие почти всю кожную поверхность. Длина волос – от нескольких миллиметров до 1,5 метров, толщина – от 0,005 до 0,6 мм. Продолжительность жизни волоса 3–5 лет. Здоровый волос на 80–90% состоит из кератиновой массы, произведенной фолликулом (корнем) волоса за несколько лет. Стержень волоса имеет трехслойное строение. В центре его – мозговое вещество, или медуллярный слой. Основной объем волоса – кортекс – состоит из коркового вещества (плотно спрессованных вытянутых клеток). Снаружи волос покрыт кутикулой – плоскими ороговевшими клетками [1].

Кутикула непосредственно прилежит к корковому веществу и образует вокруг него плотную оболочку. Кутикула образована ороговевшими клетками (чешуйками). Эти чешуйки содержат твердый кератин. Каждая чешуйка имеет толщину 0,3 мкм и длину до 100 мкм. Свободные концы клеток накладываются друг на друга по типу черепицы и направлены к кончику волоса по всей его длине. Роговые чешуйки связаны между собой как многочисленными поперечными связями, так и липидными прослойками (церамидами).

Кератин – прочный эластичный белок. Он состоит из молекул, представляющих собой цепочки очень большого количества различных аминокислот, соединенных прочными химическими связями. Кератин составляет основу рогового слоя кожи, волос, ногтей и отвечает за основные физические и химические свойства волоса: эластичность, прочность, электростатичность, способность впитывать влагу, кислотно-щелочной баланс.

Таким образом, волосяной стержень – это кератиновые мультифибриллы (кортекс), завернутые в несколько слоев прозрачных кератиновых чешуек (кутикула), защищающих стержень от внешних повреждений.

Ежедневно волосы подвергаются термической обработке, агрессивному воздействию укладочных средств, погодных условий. Помимо этого на волосы попадает кожное сало, которое защищает их от негативного воздействия, но в то же время способствует развитию бактерий и придает волосам неопрятный вид. Поэтому необходимо тщательно очищать волосы и обеспечивать им требуемый уход. В настоящее время в состав шампуней – очищающих средств для волос – может входить широкий спектр химических соединений, влияние которых на волосы изучено недостаточно [2].

Основными компонентами шампуней являются поверхностно-активные вещества. Молекула ПАВ состоит из двух частей: гидрофильной (полярная) и липофильной (неполярная). Липофильная часть молекулы взаимодействует с жировым загрязнением, гидрофильная способствует его переводу в воду. Это один из факторов, обуславливающих моющее действие поверхностно-активных веществ. В зависимости от природы полярной группы и способности к диссоциации, ПАВ делятся на анионные, катионные, амфотерные, или амфолиты, и неионогенные [3].

Имея белковую природу, волос несет отрицательный заряд. Электростатическое взаимодействие между поверхностью волоса и полярной группой поверхностно-активного вещества – второй фактор, обеспечивающий моющую способность последнего. Именно за счет

¹ Результаты получены в рамках выполнения работ по Постановлению Правительства РФ № 218 договор N 02.G25.31.0007при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации.

электростатического взаимодействия можно объяснить механизм воздействия различных ПАВ на волосы.

Важное свойство анионных поверхностно-активных веществ – высокая моющая способность, которая увеличивается за счет отталкивания анионной частицы от отрицательно заряженной поверхности волоса. Но этот процесс провоцирует нарушение расположения кутикулы. При высыхании и расчесывании чешуйки кератина отламываются, и на их месте появляются пустоты, через которые возможно проникновение воды в более глубокие слои волоса, что вызывает вымывание белка и минеральных веществ. Вследствие этого волосы истончаются, теряют эластичность, секутся и обламываются.

Катионные поверхностно-активные вещества обладают слабым моющим действием, но способны обеспечивать косметический эффект. Они фиксируются на поврежденных участках волос, закрепляя на поверхности ценные компоненты косметического средства. Благодаря этому происходит реставрация поверхности волоса, сглаженные чешуйки изменяют показатель отражения волос, усиливая интенсивность цвета и естественный блеск.

Свойства амфолитов зависят от pH среды, в которой они находятся. Если $\text{pH} < 7$ (кислая среда), то амфотерные ПАВ проявляют свойства катионных поверхностно-активных веществ – смягчают действие анионных, в композиции с которыми они находятся. Если же $\text{pH} > 7$ (щелочная среда), то амфолиты выступают в роли анионных ПАВ и способствуют улучшению моющего действия. На этом основан принцип комбинации различных классов ПАВ в составе косметических средств для волос [4].

Неионогенные ПАВ не вступают в электростатическое взаимодействие с поверхностью волоса и тем самым не разрушают его структуру, но в то же время способствуют растворению загрязнений и жиров, переводя их в состояние эмульсии, что облегчает их удаление.

В шампунях чаще всего встречается комбинация анионных, амфотерных и неионогенных ПАВ. Дополнительно в шампуни вводятся активные добавки, которые защищают, восстанавливают и питают стержень волоса.

На данный момент исследований в области воздействия различных средств на волосы достаточно мало, однозначного ответа на вопрос о безвредности того или иного компонента или продукта не получено. Целью данного исследования явилось изучение степени воздействия поверхностно-активных веществ и моющих средств различных классов на стержень волоса.

Экспериментальная часть

Для определения степени влияния на структуру волоса различных пеномоющих средств, использовались пряди натуральных волос, каждая из которых обрабатывалась выбранным составом семикратно. Данная обработка имитировала мытье волос с последующей сушкой феном. В качестве контрольного образца использовали прядь без предварительной обработки какими-либо средствами.

Эксперимент проводился в два этапа. Первый этап включал в себя оценку действия рыночных пеномоющих средств и композиций ПАВ, второй – 10% растворов индивидуальных поверхностно-активных веществ. В первую группу вошли следующие образцы: а) средство для мытья посуды, в качестве примера моющего средства с высоким содержанием анионных ПАВ; б) детский шампунь/средство для купания 2 в 1; в) шампунь класса «Масс-маркет» для ломких волос; г) шампунь класса «Люкс» для укрепления стержня волоса; д) композиция «К1», включающая лауретсульфат натрия (10%), кокоамфоацетат натрия (5%), кокоамидопропилбетаин (5%), моноэтаноламид (3%); е) композиция «К2», в состав которой входят лаурилсаркозинат натрия (15%), кокоамфоацетат натрия (5%), кокоамидопропилбетаин (5%), моноэтаноламид (3%).

Вторая группа включала в себя 10%-ные растворы кокоамфоацетата натрия, динатрий лаурет-3-сульфосукцината, лаурилсаркозината натрия, кокоамидопропилбетаина, лаурилактилата натрия, алкилполиглюкозида, лауретсульфата натрия.

С помощью микрометра измеряли диаметр 15 волос из каждой пряди и подвергали их испытанию на разрывной машине с ручным приводом. Данный прибор определяет усилие (H), при котором произошел разрыв волоса, и его удлинение к моменту разрыва.

Обсуждение результатов

По полученным данным о силе, необходимой для разрыва волоса, и удлинении волоса к моменту разрыва и с помощью математического расчета определены следующие характеристики [5]:

- сила, приложенная для разрыва волоса (F) – величина, используемая для расчета всех нижеперечисленных параметров, характеризует прочность волоса;



- относительное удлинение при разрыве (ОУ) характеризует изменение первоначальной длины волоса при растяжении до момента разрыва. Определяется отношением удлинения рабочей части волоса, измеренной в момент его разрыва, к начальной длине рабочей части волоса;

- модуль упругости при растяжении (МУ) - величина, которая характеризует степень жесткости материала (волоса). Определяется отношением напряжения к соответствующему относительному удлинению;

- предел прочности при растяжении (ПП) – это максимальное напряжение, которое может выдержать образец, не разрушаясь. Характеризуется отношением разрушающего напряжения к начальной площади поперечного сечения образца.

Между значением данных величин и качественными характеристиками волос существует прямая зависимость: чем больше величина, тем прочнее и сильнее волос. Обратную пропорциональную зависимость от прочности волоса показывает величина относительного удлинения: в процессе приложения нагрузки истонченный и слабый волос значительно удлиняется и рвется при меньшем усилии, а прочный волос практически не удлиняется, но выдерживает большую нагрузку.

Результаты определения характеристик для волос до и после обработки тестируемыми образцами представлены в таблице 1.

Таблица 1
Результаты количественного определения характеристик механических свойств волос. Этап I

Обработка пряди	ПП, МПа	ОУ, %	МУ, МПа	F, Н
Без обработки	139.94	58.24	242.73	0.121
Средство для мытья посуды	120.20	57.58	212.15	0.096
Детский шампунь	125.19	57.89	233.13	0.113
Шампунь «Масс-маркет»	115.56	54.74	239.31	0.109
Шампунь «Люкс»	116.46	58.09	206.44	0.089
K1	113.57	60.19	194.46	0.110
K2	142.95	57.02	250.32	0.129

измеряемых величин после обработки волос композицией поверхностно-активных веществ с лауретсульфатом натрия. Приблизительно одинаковые значения получены в результате использования рыночных образцов шампуней всех категорий. Установлено, что все исследуемые шампуни не подтверждают заявленного эффекта укрепления стержня волоса.

Показатели волоса после применения композиции с содержанием лаурилсаркозината натрия оказались сравнимы с данными до использования каких-либо средств, что свидетельствует о более мягком моющем действии этого анионного ПАВ по сравнению с лауретсульфатом в составе типичных моющих средств.

Результаты второго этапа эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2
Результаты количественного определения характеристик механических свойств волос. Этап II

Обработка пряди	ПП, МПа	ОУ, %	МУ, МПа	F, Н
Без обработки	139.94	58.24	242.73	0.121
Лауриллактат натрия	124.45	56.28	223.23	0.106
Лаурилсаркозинат натрия	131.92	56.75	234.96	0.116
Кокоамфоацетат натрия	137.22	60.57	241.00	0.111
Динатрий лаурет-3 сульфосукцинат	139.50	59.76	233.64	0.122
Лауретсульфат натрия	134.74	56.11	245.45	0.121
Алкилполиглюкозид	116.74	58.45	207.96	0.099
Кокоамидопропилбетаин	129.28	57.65	227.49	0.107

ретесульфата натрия и кокоамфоацетата натрия. В первом случае она возросла, во втором уменьшилась на 3 МПа.

Выявлено, что все остальные исследуемые растворы способствуют снижению эластичности волоса: наиболее ощутимо снизил эту величину алкилполиглюкозид (на 34.34 МПа). Приблизительно одинаково влияют на эту характеристику лаурилсаркозинат натрия и дина-

По результатам первого этапа можно сделать вывод о том, что средство для мытья посуды, в котором содержится большое количество жестких анионных ПАВ (сульфатов и сульфонов), действительно разрушает структуру волоса. Эти данные подтвердили и низкие значения

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы.

1. Модуль упругости описывает способность волоса восстанавливаться после приложения нагрузки и характеризует эластичность волоса. Данная величина незначительно изменилась только при обработке прядей растворами лау-

трий лаурет-3 сульфосукцинат (снижение на 7.34 и 8.34 МПа соответственно), бетаин и лактилат (снижение на 18.82 и 19.0 МПа).

2. Максимальное напряжение, которое выдерживает волос, не разрушаясь (предел прочности при растяжении), не увеличилось при обработке ни одним поверхностно-активным веществом, т. е. ни одно исследуемое вещество не способствует устранению ломкости волос. Величина осталась неизменной только после обработки пряди раствором сульфосукцината. Лактилат и алкилполиглюкозид привели к ощутимому снижению величины предела прочности.

3. На относительное удлинение значительного влияния не оказал ни один исследуемый раствор. Эта величина во всех случаях после обработки отличается от величины до обработки на 2% как в большую, так и в меньшую сторону.

4. Выявлено, что максимальное усилие (сравнимое с величиной для необработанных волос) требуется для разрыва волоса, обработанного раствором сульфосукцината. Минимальное значение усилия для разрыва установлено для волоса, обработанного раствором алкилполиглюкозида. Растворы саркозината и амфоацетата действовали аналогичным образом – снизили усилие на 5 и 7 Н, а бетаин и лактилат оказали более агрессивное воздействие, чем саркозинат и амфоацетат.

Заключение

В ходе первого этапа эксперимента определено количественное воздействие различных моющих средств и композиций поверхностно-активных веществ на механические свойства волос. На три показателя из четырех положительно повлияла композиция веществ с преобладанием лаурилсаркозината натрия. В результатах тестирования прочих образцов не выявлено подобной однозначной закономерности во влиянии на прочность, эластичность и упругость волоса. Следует отметить отсутствие эффекта укрепления волос после обработки шампунями всех ценовых категорий и выраженное снижение показателей после применения средства для мытья посуды и композиции поверхностно-активных веществ на основе лауретсульфата натрия.

Установлено, что на втором этапе эксперимента только раствор лаурет-3-сульфосукцинатанатрия не оказал негативного влияния на волосы. Полученные данные сравнимы с показателями пряди, не подвергавшейся обработке. Остальные растворы отрицательно действовали на состояние волос. Выявлено, что лауретсульфат натрия проявил умеренно негативное воздействие на состояние волос.

По результатам двух экспериментов сделан вывод об относительно мягком моющем действии композиций с растворами лаурисаркозината натрия и лаурет-3-сульфосукцината натрия.

Список литературы

1. Ермакова В.П. Современные косметические товары: ассортимент, потребительские свойства, экспертиза качества: монография. – Бийск: Изд-во АлтГТУ, 2007. – 389 с.
2. Receveur L., Benoist C. Biomimetic ceramide as hair restructuring agent // Personal care Europe. – 2013. – Vol. 6. – Pp. 65–67.
3. Плетнев М.Ю. Косметико-гигиенические моющие средства. – М.: Химия, 1990 – 272 с.
4. Поверхностно-активные вещества и композиции: Справочник / Под ред. М.Ю. Плетнева. – М.: ООО «Фирма Клавель», 2002. – 768с.
5. Tensile properties of hair fibres obtained from different breeds of pigs / N.H. Mohana, S. Debnath, R.K. Mahapatraa et al. // Biosystems Engineering. – 2014. – Vol. 119. – Pp. 35–43.

EFFECT OF DIFFERENT DETERGENTS ON MECHANICAL PROPERTIES OF HAIR

I.Yu. Zhdanova¹, T.A. Krysanova²

¹ OAO "EFKO", 2 Frunze Street, Alexeyevka, Belgorod Region, 309850, Russia

² Voronezh State University, 1 University Square, 394006, Voronezh, 394006, Russia

E-mail: i.zhdanova@efko.org; takrys@yandex.ru

The effect of different detergents (10%-solutions of individual surfactants, compositions of surfactants and market samples of detergents) on mechanical properties of hair has been investigated. The compositions of surfactants with Sodium Lauryl Sarcosinate as well as a solution of only Disodium LaurethSulfosuccinate were ascertained to influence most destructively the mechanical properties of hair.

Key words: surfactants, hair, tensile strain, tensile breaking load on the hair, modulus of elasticity, tensile strength.



УДК 502.55

НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ (Cu, Zn) В БИОМАССЕ *BRASSICA JUNCEA* (L.) И *HORDEUM VULGARE* (L.) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА ЗАГРЯЗНЁННОЙ ПОЧВЕ^{1,2}

Н.П. Неведров¹, Е.П. Проценко¹,
Н.Ю. Неведрова², А.Л. Белоконов¹,
А.С. Анненков¹, С.Ю. Миронов¹

¹ Курский государственный университет, Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33

² Средняя общеобразовательная школа № 47, Россия, 305045, г. Курск, 7-й Промышленный переулок, 9

E-mail: 9202635354@mail.ru

Представлены данные по аккумуляции меди и цинка органами культурных растений при выращивании их на загрязненном тяжелыми металлами черноземе типичном. Отмечено, что при полиэлементном загрязнении почвы цинком и медью аккумулирующая способность растений *Brassica juncea* (L.) и *Hordeum vulgare* (L.) выше, чем при моноэлементном загрязнении чернозема типичного этими металлами.

Ключевые слова: фиторемедиация, горчица сарептская, ячмень обыкновенный, тяжелые металлы, загрязнение почвы, транслокационный фактор, биологический вынос.

Введение

Мощная антропогенная нагрузка на урбоэкосистемы привела к тому, что почвы подавляющего большинства городов токсичны. Депонирование в почве различных антропогенных токсикантов является следствием выбросов загрязняющих веществ, различного рода промышленными предприятиями и автотранспортом. Приоритетными загрязнителями почв урбоэкотопов являются тяжелые металлы (ТМ) [1–4]. При высоких концентрациях в окружающей среде ТМ влекут за собой необратимые последствия, но в малых дозах являются необходимыми микроэлементами для жизнедеятельности живых организмов.

Одним из перспективных методов очистки почв от ТМ является фиторемедиация – детоксикация почв с использованием высших растений [2, 4–7]. Основой данного метода является способность некоторых растений к сверхаккумуляции ТМ в своей биомассе.

Поступают ТМ в растения, главным образом через корни в виде ионов, хелатов или комплексов и включаются в растительную массу или накапливаются в вакуолях [6, 8, 9]. Растения, обладающие способностью к поглощению большого количества ТМ и устойчивостью к высоким концентрациям ТМ в почве, называют гипераккумуляторами [10]. Одним из таких растений является горчица сарептская, которая способна накапливать в клетках и межклеточном пространстве, в расчете на сухую массу, до 1.7% Zn и до 0.6% Cu [5]. Аккумулирующая способность ТМ ячменем обыкновенным малоизучена, но в некоторых источниках отмечается высокая фитоэкстракционная способность ячменя в отношении к ТМ [11].

Объекты и методы исследования

В работе рассматривается способность растений горчицы сарептской *Brassica juncea* (L.) и ячменя обыкновенного *Hordeum vulgare* (L.) к аккумуляции цинка и меди при выращивании их на загрязненном этими металлами черноземе типичном. В ходе исследования использовалась модель мелкоделяночного полевого опыта. Были заложены экспериментальные площадки размером 25×25 см, защитная полоса между площадками составляла 50 см. Было смоделировано искусственное моно- и полиэлементное загрязнение почвы делянок медью и цинком, соответствующее низкому, среднему и высокому уровням загрязнения почв. В почву опытных делянок вносились тяжелые металлы медь и цинк одновременно и по отдельности, в виде $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в дозах 1, 2, и 10 ОДК (110, 220, 1100 мг/кг для цинка и 66, 132, 660 мг/кг для меди) (табл. 1) [12].

В качестве контроля использовали незагрязненную ТМ почву. Фоновое содержание в почве цинка составляло 29 мг/кг, меди – 9.2 мг/кг. В почвы контрольных делянок с фоновым содержанием цинка и меди (31 и 14 мг/кг) поллютанты не вносились. По истечению трех недель с момента загрязнения производили посадку семян горчицы сарептской и ячменя

¹ Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских учёных (проект МК-2293.2013.4).

² НИР выполнена при поддержке гранта Фонда содействия развитию «УМНИК 1-05-2014» (договор №0005764).



обыкновенного (три повторения для каждого вида растения). Укос побегов горчицы проводился в период массового цветения растений, ячменя в период колошения.

Измерение массовых концентраций цинка в почвенных и растительных образцах проводилось методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе ТА 4. Пробоподготовка и анализ проб выполнены в соответствии с методикой МУ 31-04/04, ФЗ.1.31.2004.00986 [13].

Статистическая обработка данных производилась средствами пакета STATGRAPHICS Plus for Windows 2.1.

Таблица 1
Модель закладки мелкоделяночного эксперимента

№ Варианта опыта	ТМ загрязнитель	Доза загрязнения, ОДК (валовое содержание)	Количество внесенного в почву металла, мг/кг	
			Zn	Cu
1	-	Контроль	Не вносили	
2	Zn	1	110	-
3	Zn	2	220	-
4	Zn	10	1 100	-
5	Cu	1	-	66
6	Cu	2	-	132
7	Cu	10	-	660
8	Zn + Cu	1	110	66
9	Zn + Cu	2	220	132
10	Zn + Cu	10	1 100	660

Результаты и их обсуждение

В ходе проведенного опыта отмечалось отсутствие всхожести семян горчицы и ячменя в вариантах опыта с моно- и полиэлементным загрязнением почвы ионами меди при дозе загрязнения 660 мг/кг. Данная концентрация ТМ в почве является фактором, ингибирующим прорастание семян.

При изучении влияния полиэлементного загрязнения цинком и медью на аккумуляцию этих металлов растениями горчицы и ячменя установлено, что при моноэлементном загрязнении почвы ионами меди содержание металла в корнях и побегах растений ячменя и горчицы возрастает с увеличением содержания поллютанта в почве от фонового, до 2 ОДК (табл. 2).

Таблица 2
Зависимость содержания цинка и меди в органах растений от степени загрязнения почвы при моноэлементном загрязнении, изменение транслокационного фактора (ТФ) у растений

Растение	ТМ	Органы растений	Доза внесенных загрязнителей, ОДК в.ф.				Корре-ляция	НСР05
			Контроль (фон)	1 ОДК	2 ОДК	10 ОДК		
Горчица сарептская	Cu	Корни	6.2±0.05	11.6±0.14	17.0±0.08	-	0.99	0.31
		Побеги	4.7±0.05	13.0±0.14	10.0±0.15	-	0.57	0.27
		ТФ	0.8	1.2	0.6	-		
	Zn	Корни	31.0±0.3	23.0±0.1	52.0±0.4	120.0±0.4	0.97	1,19
		Побеги	31.0±0.5	46.0±0.3	40.0±0.1	76.0±0.7	0.96	1.77
		ТФ	1.0	2.0	0.8	0.6		
Ячмень обыкновенный	Cu	Корни	4.1±0.03	10.1±0.15	8.6±0.12	-	0.68	0.49
		Побеги	2.7±0.05	7.9±0.03	5.7±0/12	-	0.52	0.36
		ТФ	0.7	0.8	0.7	-		
	Zn	Корни	13.1±0.6	40.0±0.3	58.0±0.3	390.0±0.3	0.99	1.67
		Побеги	10.0±0.6	31.0±0.1	63.0±0.4	121.0±0.4	0.95	1.78
		ТФ	0.8	0.8	1.1	0.3		

При моноэлементном загрязнении почвы цинком концентрация металла в побегах горчицы также возрастает с увеличением его содержания в почве, но в корнях наблюдается снижение содержания цинка в варианте опыта с дозой отдельно внесенного в почву цинка 1 ОДК. У ячменя при увеличении содержания цинка в почве отмечен рост содержания металла в корнях и побегах. В вариантах опыта с моноэлементным загрязнением почвы цинком (доза 1 ОДК) и медью (доза 1 ОДК) у горчицы сарептской выявлено увеличение скорости транспорта ТМ из корней в побеги. Транслокационный фактор больше единицы для обоих металлов. У растений ячменя транслокационный фактор не превышал единицы практически во всех вариантах опыта. Исключением является вариант опыта с загрязнением цинком дозой 2 ОДК, где ТФ равен 1.1.

При увеличении концентрации ТМ в почве от 1 ОДК до 2 ОДК у горчицы сарептской наблюдается снижение миграции ТМ из корней в побеги. Содержание и меди, и цинка в кор-



нях заметно выше, чем в побегах (см. табл. 2). У растений ячменя скорость транспорта цинка значительно падает при увеличении загрязнения почвы до 10 ОДК (1100 мг/кг). Интенсивность переноса меди снижается при дозе загрязнения почвы равной 2 ОДК. По-видимому, концентрации загрязнителей, при которых происходит торможение их транспорта в побеги растений, являются порогами токсичности. Данный эффект обусловлен активацией физиологических барьеров, находящихся на границе «корень-побег» [5].

Динамика аккумулирующей способности горчицы сарептской, по отношению к изучаемым металлам при полиэлементном загрязнении почвы схожа с таковой при моноэлементном загрязнении. Необходимо отметить, что содержание ТМ в побегах и корнях горчицы при полиэлементном загрязнении достоверно выше, чем при моноэлементном ($P=0.05$) (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость содержания цинка и меди в органах растения от степени загрязнения почвы при полиэлементном загрязнении, изменение транслокационного фактора (ТФ) растений

Растение	ТМ	Орган растения	Доза загрязнения почв, ОДК			Корреляция	НСР ₀₅
			Фон	1 ОДК	2 ОДК		
Горчица сарептская	Cu	Корни	6.2±0.05	34.0±0.4	53.0±0.4	0.99	0.87
		Побеги	4.7±0.05	47.0±0.1	20.0±0.2	0.35	0.81
		ТФ	0.8	1.4	0.4		
	Zn	Корни	31.0±0.08	63.0±0.3	135.0±0.4	0.97	0.91
		Побеги	31.0±0.21	120.0±0.6	87.0±0.3	0.62	1.22
		ТФ	1.0	1.9	0.7		
Ячмень обыкновенный	Cu	Корни	4.1±0.03	12.4±0.2	9.4±0.1	0.62	0.83
		Побеги	2.7±0.05	7.9±0.1	6.5±0.08	0.70	0.36
		ТФ	0.6	0.6	0.7		
	Zn	Корни	13.1±0.21	89.3±0.1	67.1±0.4	0.68	1.14
		Побеги	10.0±0.17	66.0±0.2	46.2±0.4	0.63	1.28
		ТФ	0.8	0.7	0.7		

Максимальное содержание Zn в побегах горчицы установлено в варианте опыта с дозой 1 ОДК одновременного загрязнения цинком и медью (110 и 66 мг/кг). Оно составило 120 мг/кг, что в 3.9 раза выше данного показателя на контроле и в 2.6 раза выше, чем в варианте опыта при моноэлементном загрязнении почвы цинком дозой 1 ОДК. В этом же варианте опыта зафиксировано максимальное содержание Cu в побегах горчицы – 47 мг/кг, что в 10 раз выше данного показателя на контроле и в 3.6 раза выше, чем при моноэлементном загрязнении почвы медью дозой 1 ОДК. В варианте опыта с уровнем загрязнения 2 ОДК (Zn+Cu), наблюдался максимум содержания ТМ в корневой системе горчицы сарептской. Для цинка он составил 135 мг/кг, для меди – 53 мг/кг, что в 4.3 и 8.5 раза выше, чем на контроле и соответственно в 2.5 и 3.1 раза выше, чем в вариантах опыта с моноэлементным загрязнением почвы (2 ОДК Zn и 2 ОДК Cu – раздельное внесение).

Аккумуляция меди ячменем обыкновенным при полиэлементном загрязнении почвы аналогична таковой при моноэлементном загрязнении. Содержание меди в побегах и корнях ячменя выращенного на почве с полизагрязнениями ТМ имеют схожие значения с растениями ячменя, выращенными на почве с монозагрязнителем медью.

Содержание цинка в корнях и побегах ячменя при повышении уровня загрязнения почвы от 1 до 2 ОДК заметно снижается. Но в целом накопление металла органами ячменя при невысоком уровне полиэлементного загрязнения почвы выше, чем при аналогичном моноэлементном.

Максимум содержания цинка в корнях и побегах ячменя отмечен в варианте опыта с дозой отдельно внесенного цинка 1100 мг/кг. И равнялся – 390 и 121 мг/кг, что в 29.7 и 12.1 соответственно, выше, чем на контроле. Самая высокая концентрация меди в корнях ячменя – в 3.04 раза выше контрольных образцов и в 1.2 раза выше, чем при моноэлементном загрязнении медью, наблюдалась в варианте опыта при одновременном загрязнении цинком и медью дозами 10 ОДК. В этом же варианте опыта отмечена наивысшая концентрация Cu в побегах ячменя обыкновенного 7.9 мг/кг – в 2.9 раза выше, чем на контроле.

В результате статистической обработки экспериментальных данных мы получили эмпирические модели зависимости концентрации цинка и меди в корнях горчицы сарептской от их содержания в почве, которые описываются следующими уравнениями (рис. 1).

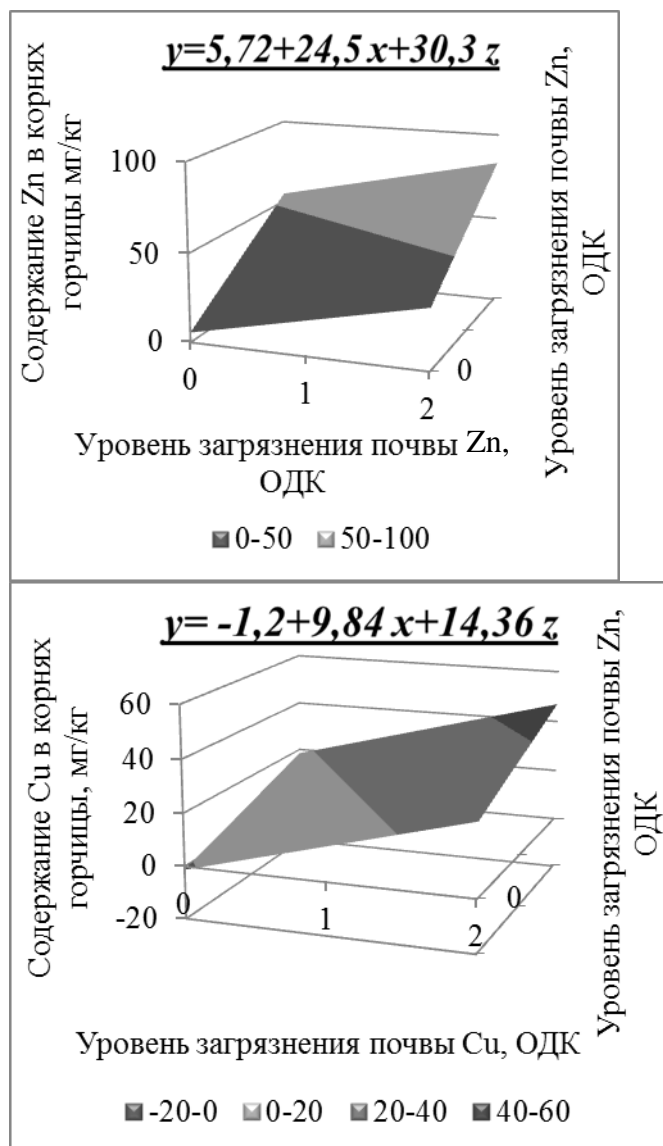


Рис. 1. Модели расчета концентраций цинка и меди в корнях горчицы сарептской

У горчицы сарептской наблюдалась обратная зависимость между длиной побегов и содержанием ТМ в почве. Самые высокие растения были на контроле. Самые низкие побеги наблюдались при моноэлементном загрязнении почвы медью. У ячменя динамика длины побегов схожа с таковой у горчицы лишь при полиэлементном загрязнении почвы. Самые высокие растения в варианте опыта с моноэлементным загрязнением почвы цинком дозой 2 ОДК, самые низкие в варианте опыта с моноэлементным загрязнением медью дозой 1 ОДК. В целом отмечено, что растения, выращенные на загрязненных цинком почвах, имеют большую длину, чем при выращивании их на почвах с медным загрязнением. Данное явление, как и рассмотренная выше урожайность побегов, свидетельствует о том, что медь для изучаемых нами растений, является более токсичным элементом, чем цинк [14] (рис. 3).

Показатели биологического выноса ТМ растениями так же указывают на то, что цинк обладает большей биологической доступностью для растений, чем медь. Вынос цинка ячменем обыкновенным и горчицей сарептской значительно превосходит результаты выноса меди данными растениями, независимо от характера и дозы загрязнения почвы (рис. 4, рис. 5).

Следует отметить, что при средних и высоких дозах моноэлементного загрязнения почвы ячмень обладает более интенсивной фиторемедиационной способностью, чем горчица, по отношению к цинку. При низких дозах загрязнения фиторемедиационная способность растений практически одинакова. Показатели выноса меди исследуемыми растениями имеют равные значения (см. рис. 4).

Наблюдение за абсолютно-сухой массой растений показало, что наибольшее накопление биомассы побегами исследуемых растений, отмечалось в почвах с фоновым содержанием металлов (контроль). При загрязнении почвы ТМ наблюдалось угнетение растений и падение урожая биомассы (рис. 2).

При полиэлементном загрязнении и при моноэлементном загрязнении почвы медью наблюдается резкое снижение биомассы при возрастании концентраций поллютантов от фонового значения до 1 ОДК, затем, при дальнейшем росте загрязнителя до 2 ОДК уменьшение биомассы имеет менее выраженный характер. При моноэлементном загрязнении чернозема цинком обратной зависимости на графике (см. рис. 2) не наблюдается. Отмечено скачкообразное увеличение биомассы при дозе 2 ОДК у горчицы и при дозе 10 ОДК у ячменя.

При полиэлементном загрязнении почвы оба растения имеют большую урожайность, чем при моноэлементном. Также стоит отметить, что на загрязненном цинком черноземе урожайность растений горчицы и ячменя выше, чем при загрязнении медью.

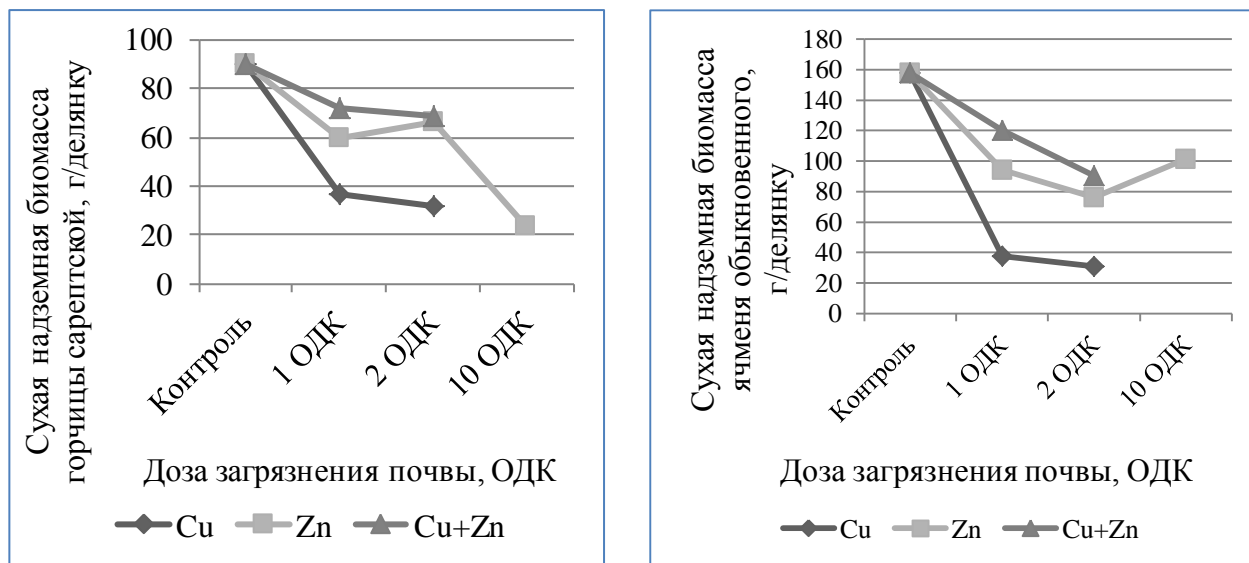


Рис. 2. Зависимость накопления надземной биомассы растениями от дозы и характера загрязнения почвы ТМ

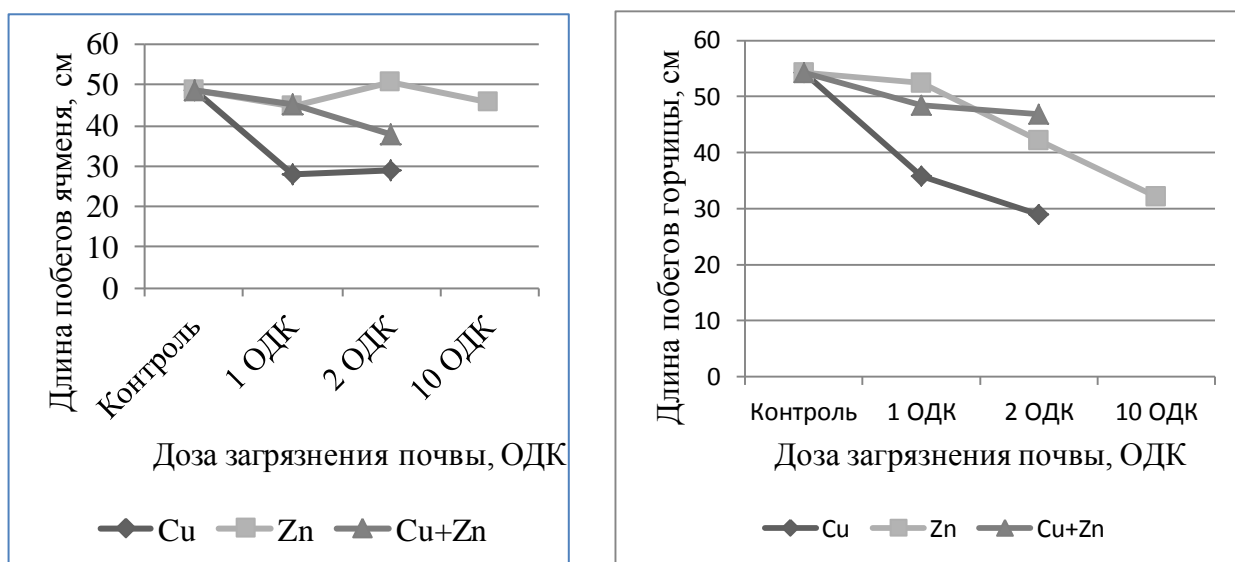


Рис. 3. Средняя длина побегов растений в зависимости от дозы и характера загрязнения почвы ТМ

Фиторемедиационная способность, проявленная горчицей по отношению к цинку и меди при полиэлементном загрязнении чернозема типичного значительно превосходит таковую у ячменя во всех вариантах опыта (см. рис 5).

Установлено, что при полиэлементном загрязнении чернозема типичного биологический вынос металлов растениями горчицы и ячменя достоверно выше, чем при моноэлементном загрязнении почвы. По-видимому, одновременное присутствие в почве высоких концентраций меди и цинка стимулирует накопление биомассы растений и поступление ТМ в органы растений.

Выводы

1. Горчица сарептская и ячмень обыкновенный являются перспективными фиторемедиаторами загрязненного цинком и медью чернозема типичного;
2. При полиэлементном загрязнении чернозема типичного цинком и медью горчица сарептская проявляет более высокую мелеоративную способность, чем ячмень обыкновенный;
3. При моноэлементном загрязнении чернозема типичного большим биологическим выносом металлов из почвы обладает культура ячменя.

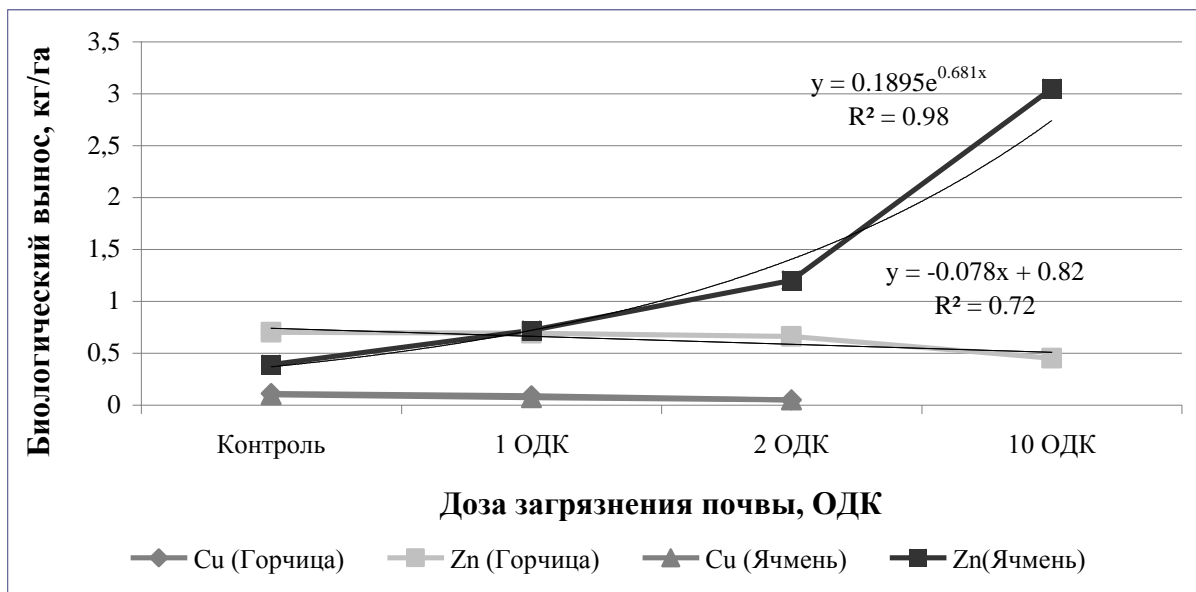


Рис. 4. Зависимость выноса ТМ побегами растений от дозы моноэлементного загрязнения почвы (примечание: графики ¹Cu (Горчица) и ²Cu (Ячмень) практически совпадают, различия данных не достоверны)

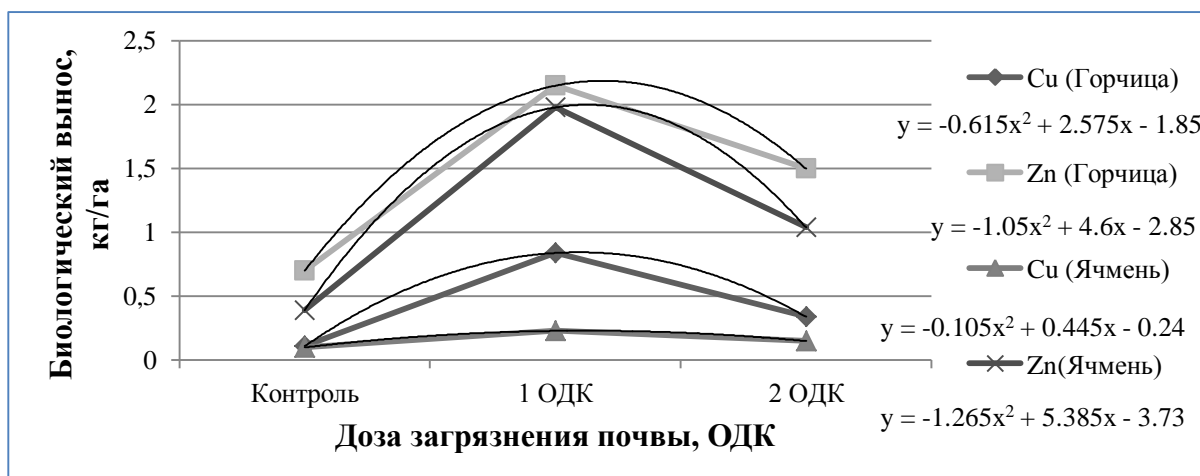


Рис. 5. Зависимость выноса ТМ побегами растений от дозы полиэлементного загрязнения почвы

Список литературы

1. Неведров Н.П., Проценко Е.П. Фитоэкстракция цинка растительностью урбоэкотопов города Курска в сравнении с культурными растениями [Электронный ресурс] // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2013. – №4. – Режим доступа: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/033-005.pdf>.
2. Неведров Н.П., Проценко Е.П., Кузнецов А.Е. Использование ячменя обыкновенного *Hordeum vulgare* (L.) в целях фиторемедиации // Теоретические и практические аспекты естественных и математических наук: материалы международной заочной научно-практической конференции (24 декабря 2012г.) – Новосибирск: Изд. «СибАК», 2012. – С. 115–120.
3. Регулирование ремедиационной способности горчицы сарептской *Brassica juncea* (L.) в отношении к цинку [Электронный ресурс] / Н.П. Неведров, Е.П. Проценко, П.Л. Медянцева, А.В. Пученкова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013б. – Т. 15. – № 3. – С. 108–111 – Режим доступа: http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2013/2013_3_108_111.pdf.



4. Проценко Е.П., Неведров Н.П. Способность к фитоэкстракции цинка горчицей сарептской *Brassica juncea* (L.) при разных уровнях загрязнения черноземной и серой лесной почвы [Электронный ресурс] // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2013. – №1 (25). – 5 с. – Режим доступа: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/029-038.pdf>
5. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях / Г.И. Квеситадзе, Г.А. Хатисашвили, Т.А. Садунишвили, З.Г. Евстигнеева. – М.: Наука, 2005. – 199 с.
6. Маркарова Е.Н. Физиология корневого питания растений. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 103 с.
7. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина, Г.Ф. Лайндинен. – Институт биологии КарНЦ РАН, Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 172 с.
8. Барбер С.А. Биологическая доступность питательных веществ в почве. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.
9. Якушкина Н.И., Бахтенко Е.Ю. Физиология растений – М.: Владос, 2004. – 464с.
10. Прасад М.Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем, загрязненных металлами // Физиология растений. – 2003. – Т. 50. – № 5. – С. 768–780.
11. Яковишина Т.Ф. Детоксикация загрязненных тяжелыми металлами черноземов обыкновенных северной Степи Украины : дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.16. – Днепропетровск, 2006. – 226 с.
12. ГН 2.1.7.020–94. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах. – М. Госкомсанэпиднадзор, 1995. – С. 5–6.
13. МУ 31–11/05 Количественный химический анализ проб почв, тепличных грунтов, илов, донных отложений, сапропелей, твердых отходов. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца, меди, марганца, мышьяка, ртути методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа ТА. ФР.1.34.2005.02119. ПНД Ф 16.1:2:2:2:3.48–06. – Томск : Изд-во ТПУ, 2005. – 43 с.
14. Водяницкий Ю.Н. Об опасных тяжелых металлах/металлоидах в почвах // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – М., 2011. – Вып. 68. – с. 56–81.

THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS (CU, ZN) IN THE BIOMASS OF BRASSICA JUNCEA (L.) AND HORDEUM VULGARE (L.) WHEN GROWN ON CONTAMINATED SOIL

**N.P. Nevedrov¹, E.P. Protsenko¹,
N.Y. Nevedrova², A.L. Belokon¹,
A.S. Annenkov¹, S.Y. Mironov¹**

¹ *Kursk State University, 33 Radishchev St, Kursk, 305000, Russia*

² *The Municipal Educational Institution "Secondary school № 47", 9th Industrial lane, Kursk, 305045, Russia
E-mail: 9202635354@mail.ru*

Data on copper and zinc accumulation by bodies of cultural plants at their cultivation on the typical chernozem polluted with heavy metals are presented. It is noted that at polyelement pollution of the soil with zinc and copper heat-sink ability of plants of *Brassica juncea* (L.) and *Hordeum vulgare* (L.) is higher, than at monoelement pollution of the typical chernozem with these metals.

Key words: fitoremediation, *Brassica juncea*, *Hordeum vulgare*, heavy metals, soil pollution, translocational factor, biological carrying out.

УДК 664.292 : 613.26

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ВЫХОД ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

А.В. Тры, Л.А. Михеева

Ульяновский государственный
университет, Россия, 432017,
г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, 42
E-mail: cab89.anna@yandex.ru

Проведено выделение пектиновых веществ из различного растительного сырья. Подобраны оптимальные условия, способствующие наибольшему выходу пектина из сырья. Проведено сравнительное изучение содержания галактуроновой кислоты, а также сорбционной способности в нативном, демеоксилированном и деминерализованном пектине. Установлено, что деминерализация является необходимым процессом обработки нативного пектина с целью возможного его применения в промышленности и медицине.

Ключевые слова: пектиновые вещества, выделение пектина, сорбционная способность, демеоксилированный пектин, деминерализованный пектин.

Введение

Биополимеры природного происхождения, обладающие максимальной способностью связывать ионы тяжёлых металлов и радионуклидов, в последнее время приобретают особую актуальность в связи с техногенными и природными катастрофами и ухудшением экологической ситуации в целом. К таким веществам, безусловно, относятся пектины, то есть полимеры, основной структурной единицей которых служат молекулы α -D галактуроновой кислоты, часть карбоксильных групп которой этерифицированы метанолом [1, 2].

Пектиновые вещества (от греческого *pektos* – свернувшийся, сгущенный, замерзший) – растительные полисахариды, в основе молекул которых лежит главная цепь из 1→4-связанных остатков α -D-галактуроновой кислоты, содержащая некоторое (иногда значительное) количество остатков 2-O-замещенной L-рамнопиранозы [3].

Мировое производство пектинов составляет свыше 80 тысяч тонн в год [4]. Основным видом промышленного сырья для производства пектина являются выжимки плодов цитрусовых: грейпфрутов, лимонов, апельсинов, в несколько меньшем количестве мандаринов [5, 6]. Цитрусовый пектин составляет примерно 60% объема производимого. Содержание пектина в свежей корочке цитрусовых колеблется от 4 до 6%, в сухой – от 9 до 30%. Известны различные способы экстракции пектина из пектинсодержащего сырья. Эти способы основаны на экстракции измельченного высушенного сырья горячей водой, растворами органических и неорганических кислот, фильтрации, вакуумном упаривании экстракта, осаждении пектина из упаренного экстракта этанолом или ацетоном с последующим отделением или сушкой [7, 8]. Основными факторами, определяющими экстракционный процесс, помимо вида используемого сырья являются: применяемый экстрагент, технологические параметры ведения процесса гидролиза-экстракции пектина (*pH* реакционной среды, температура и время обработки).

Несмотря на то, что со времен открытия пектиновых веществ прошло более двухсот лет, химическое строение этих соединений стало изучаться лишь в последние десятилетия по причине трудности получения чистых препаратов пектиновых веществ в нативном состоянии вследствие их чрезмерной чувствительности к различным химическим и термическим воздействиям.

Цель исследования – выделение пектиновых веществ из различного растительного сырья, а также определение факторов и условий, способствующих их наибольшему выходу.

Объекты и методы исследования

В качестве исходного растительного сырья использовались апельсиновая цедра, яблочный жом, корзинки подсолнечника, морковь, рябина, смородина красная, смородина черная, тыква.

Выделение пектиновых веществ из растительного сырья проводилось по нижеприведенной методике [9].



Навеску исходного сырья, в качестве которого использовалось вышеперечисленное растительное сырье, массой 5 г, помещали в плоскодонную колбу на 200 мл и заливали гидролизующей смесью 100 мл дистиллированной воды, подкисленной до $pH=1-2$. Гидролиз был проведен при температуре $37^{\circ}C$, время гидролиза составило 1 час. После чего смесь отфильтровывали через воронку Шота, фильтрат упаривали до 40 мл при $60^{\circ}C$. Пектиновые вещества осаждали 96%-ным этиловым спиртом в соотношении 1:1.5. Колбу с выделенным пектином выдерживали при температуре $0^{\circ}C$ в течении 3–4 часов. Пектин отфильтровывали через бумажный фильтр, высушивали на воздухе и измельчали.

Для определения влияния различных факторов на выход пектиновых веществ из растительного сырья варьировалось время экстракции, температура экстракции, а также природа экстрагента. В качестве экстрагентов использовались следующие кислоты: соляная, серная, азотная, лимонная, щавелевая, уксусная. Время экстракции изменялось от 1 до 5 часов, а температура, при которой проходила экстракция составляла $37^{\circ}C$, $50^{\circ}C$, $60^{\circ}C$, $70^{\circ}C$, $80^{\circ}C$.

Определение содержания галактуроновой кислоты основывалось на потенциометрическом титровании раствора пектина 0.005 М раствором гидроксида натрия соответственно [5].

Получение деминерализованного соляной кислотой пектина проводили в соответствии с методикой, описанной в работе [9].

К 100 мл 5%-ного раствора цитрусового пектина, полученного путем растворения пектина в воде при непрерывном перемешивании, добавляли разведенную до pH 2.0 соляную кислоту. Раствор оставляли при температуре $18^{\circ}C$ на 1 час при перемешивании. Затем пектиновый раствор концентрировали под вакуумом до $1/3$ от первоначального объема, обрабатывали трехкратным объемом 96%-ного этанола. Выпавшие в осадок пектины фильтровали через бумажный фильтр и трижды промывали на фильтре 96%-ным этанолом по 50 мл. Сушили при температуре $60-70^{\circ}C$.

Получение демеоксилированного гидратом аммиака пектина проводили в соответствии с методикой, описанной в работе [9].

К 100 мл 5%-ного раствора цитрусового пектина при непрерывном перемешивании добавляли 5%-ный раствор NH_4OH до pH смеси равной 10.5 (потенциометрически). Колбу со смесью плотно закрывали и выдерживали в течение 2 часов при комнатной температуре. Через 2 часа образовывалось желе, которое высушивали под тягой до удаления запаха аммиака и сушили в сушильном шкафу при температуре $60-70^{\circ}C$.

Одним из наиболее важных показателей качества пектинов является их сорбционная способность (СС). Этот показатель характеризует количество миллиграммов иона металла, связанное одним граммом пектина. Для характеристики сорбционной способности в качестве металла обычно выбирают свинец, это связано с тем, что свинец является эталоном при анализе лекарственных веществ на содержание тяжелых металлов. Чем выше значение СС, тем пектин более эффективен как детоксикант. Определение СС проводилось по методике [10]. В основе метода лежит обработка раствора исследуемого пектина раствором ацетата свинца. Количество связавшихся ионов определяется по разнице вносимого и остаточного количества ионов свинца комплексонометрическим титрованием.

Результаты и их обсуждение

Выход пектиновых веществ, выделенных из различного растительного сырья, в зависимости от природы экстрагента представлен в таблице 1. В большинстве случаев максимальный выход пектина наблюдается при использовании в качестве экстрагента лимонной кислоты.

Таблица 1
Выход пектиновых веществ при температуре $37^{\circ}C$ и времени экстракции 1 час

Сырье Навеска 5 г (сух.)	Экстрагент	Масса пектина (сух.), г	Выход, % (в расчете на су- хой вес сырья)	Выход, % (в расчете на со- держание пек- тина)
1	2	3	4	5
Апельсиновая цедра	Азотная кислота	0.090±0.010	1.80±0.20	9.47±1.05
	Лимонная кислота	0.115±0.004	2.30±0.08	12.11±0.42
	Серная кислота	0.100±0.006	2.00±0.12	10.53±0.63
	Соляная кислота	0.119±0.004	2.38±0.08	12.53±0.42
	Уксусная кислота	0.093±0.008	1.86±0.16	9.79±0.84
	Щавелевая кислота	0.070±0.005	1.40±0.10	7.37±0.53



Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Вишня	Азотная кислота	0.091±0.008	1.82±0.16	26.00±2.29
	Лимонная кислота	0.114±0.004	2.28±0.08	32.57±1.14
	Серная кислота	0.102±0.006	2.04±0.12	29.14±1.71
	Соляная кислота	0.103±0.012	2.06±0.24	29.43±3.43
	Уксусная кислота	0.084±0.007	1.68±0.14	24.00±2.00
	Щавелевая кислота	0.070±0.009	1.40±0.18	20.00±2.57
Корзинки подсолнечника	Азотная кислота	0.101±0.011	2.02±0.22	11.88±1.29
	Лимонная кислота	0.140±0.012	2.80±0.24	16.47±1.41
	Серная кислота	0.171±0.007	3.42±0.14	20.12±0.82
	Соляная кислота	0.132±0.009	2.64±0.18	15.53±1.06
	Уксусная кислота	0.114±0.010	2.28±0.2	13.41±1.18
	Щавелевая кислота	0.092±0.006	1.84±0.12	10.82±0.71
Морковь	Азотная кислота	0.010±0.002	0.20±0.04	4.00±0.80
	Лимонная кислота	0.031±0.004	0.62±0.08	12.40±1.60
	Серная кислота	0.022±0.005	0.44±0.10	8.80±2.00
	Соляная кислота	0.054±0.007	1.08±0.14	21.60±2.80
	Уксусная кислота	0.022±0.006	0.44±0.12	8.80±2.40
	Щавелевая кислота	0.011±0.002	0.22±0.04	4.40±0.80
Рябина	Азотная кислота	0.092±0.010	1.84±0.20	14.15±1.54
	Лимонная кислота	0.120±0.012	2.40±0.24	18.46±1.85
	Серная кислота	0.132±0.007	2.64±0.14	20.31±1.08
	Соляная кислота	0.132±0.006	2.64±0.12	20.31±0.92
	Уксусная кислота	0.104±0.004	2.08±0.08	16.00±0.62
	Щавелевая кислота	0.073±0.003	1.46±0.06	11.23±0.46
Смородина красная	Азотная кислота	0.011±0.004	0.22±0.08	3.67±1.33
	Лимонная кислота	0.042±0.003	0.84±0.06	14.00±1.00
	Серная кислота	0.012±0.002	0.24±0.04	4.00±0.67
	Соляная кислота	0.054±0.010	1.08±0.02	18.00±3.33
	Уксусная кислота	0.022±0.008	0.44±0.16	7.33±2.67
	Щавелевая кислота	0.010±0.003	0.20±0.06	3.33±1.00
Смородина черная	Азотная кислота	0.021±0.004	0.42±0.08	8.40±1.60
	Лимонная кислота	0.064±0.004	1.28±0.08	25.60±1.60
	Серная кислота	0.053±0.006	1.06±0.12	21.20±2.40
	Соляная кислота	0.031±0.003	0.62±0.06	12.40±1.20
	Уксусная кислота	0.012±0.002	0.24±0.04	4.80±0.80
	Щавелевая кислота	0.034±0.004	0.68±0.08	13.60±1.60
Тыква	Азотная кислота	0.042±0.003	0.84±0.06	9.33±0.67
	Лимонная кислота	0.074±0.005	1.48±0.10	16.44±1.11
	Серная кислота	0.082±0.002	1.64±0.04	18.22±0.44
	Соляная кислота	0.043±0.004	0.86±0.08	9.56±0.89
	Уксусная кислота	0.052±0.006	1.04±0.12	11.56±1.33
	Щавелевая кислота	0.041±0.002	0.82±0.04	9.11±0.44
Яблочный жом	Азотная кислота	0.093±0.004	1.86±0.08	12.40±0.53
	Лимонная кислота	0.164±0.006	3.28±0.12	21.87±0.80
	Серная кислота	0.103±0.003	2.06±0.06	13.73±0.40
	Соляная кислота	0.112±0.006	2.24±0.12	14.93±0.80
	Уксусная кислота	0.080±0.004	1.60±0.08	10.67±0.53
	Щавелевая кислота	0.091±0.003	1.82±0.06	12.13±0.40



На следующих этапах исследования в качестве сырья использовали апельсиновую цедру, а в качестве экстрагента лимонную и соляную кислоту, так как выход пектина из данного сырья в этих случаях наибольший.

В таблице 2 представлены результаты исследования влияния температуры экстракции на выход пектина. Температура варьировалась от 37°C до 80°C. Навеска сухого измельченного сырья составляла 5,0 г, время экстракции 1 ч.

Таблица 2

Выход пектиновых веществ в зависимости от температурного режима экстракции

Используемый экстрагент	Температура, °C	Масса пектина (сух.), г	Выход, % (в расчете на сухой вес сырья)	Выход, % (в расчете на содержание пектина)
1	2	3	4	5
Соляная кислота	37	0.124±0.004	2.48±0.08	13.05±0.42
	50	0.202±0.005	4.04±0.10	21.26±0.53
	60	0.200±0.010	4.00±0.20	21.05±0.11
	70	0.233±0.009	4.66±0.18	24.53±0.95
	80	0.150±0.010	3.00±0.20	15.79±0.11
Лимонная кислота	37	0.114±0.005	2.28±0.10	12.00±0.53
	50	0.131±0.008	2.62±0.16	13.79±0.84
	60	0.153±0.010	3.06±0.20	16.11±0.11
	70	0.170±0.007	3.40±0.14	17.90±0.74
	80	0.103±0.009	2.06±0.18	10.84±0.95

Далее было определено влияние условий экстракции на выход пектиновых веществ из растительного сырья. Установлено, как влияет время экстракции на результат. В таблице 3 представлены результаты с наибольшим выходом. Процесс проводился при температуре 70°C.

Таблица 3

Выход пектиновых веществ в зависимости от времени экстракции

Экстрагент	Время проведения экстракции, ч	Масса пектина (сух.), г	Выход, % (в расчете на сухой вес сырья)	Выход, % (в расчете на содержание пектина)
Соляная кислота	1	0.232±0.006	4.64±0.12	24.42±0.63
	2	0.199±0.009	3.88±0.18	20.42±0.95
	3	0.282±0.012	5.64±0.24	29.68±1.26
	4	0.161±0.007	3.22±0.14	16.95±0.74
	5	0.104±0.009	2.08±0.18	10.95±0.95
Лимонная кислота	1	0.171±0.006	3.42±0.12	18.00±0.63
	2	0.154±0.011	3.08±0.22	16.21±0.12
	3	0.160±0.007	3.20±0.14	16.84±0.74
	4	0.154±0.004	3.08±0.08	16.21±0.42
	5	0.112±0.009	2.24±0.18	11.79±0.95

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что наибольший выход пектиновых веществ из апельсиновой цедры наблюдается при использовании в качестве экстрагента соляной и лимонной кислот. Оптимальная температура составляет 70°C, а время процесса в обоих случаях совпадает и составляет 1 час.

Определенные в ходе эксперимента условия экстракции, способствовавшие наибольшему выходу пектина из апельсиновой цедры, были использованы для определения выхода пектиновых веществ из яблок, тыквы, рябины, смородины, вишни, корзинок подсолнечника. Результаты отражены в таблице 4.

Содержание галактуроновой кислоты, определенное потенциометрическим титрованием аналогично методике [5], составляет для выделенного цитрусового пектина (26.4±1.8)%, деминерализованного цитрусового пектина (66.9±1.8)%, демеоксилированного – (32.5±2.0)% (для деминерализации был использован выделенный цитрусовый пектин по существующему способу).



Таблица 4

Выход пектиновых веществ из растительного сырья при времени экстракции 1 час и температуре 70°C

Растительное сырье	Экстрагент	Выход пектина (сух.), г	Выход, % (в расчете на сухой вес сырья)	Выход, % (в расчете на содержание пектина)
Апельсиновая цедра	Соляная кислота	0.232±0.006	4.64±0.12	24.42±0.63
	Лимонная кислота	0.171±0.006	23.42±0.12	18.00±0.63
Вишня	Соляная кислота	0.113±0.006	2.26±0.12	32.29±1.71
	Лимонная кислота	0.101±0.004	2.02±0.08	28.86±1.14
Корзинки подсолнечника	Соляная кислота	0.182±0.007	3.64±0.14	21.41±0.82
	Лимонная кислота	0.154±0.006	3.08±0.12	18.12±0.71
Морковь	Соляная кислота	0.052±0.003	1.04±0.06	20.80±1.20
	Лимонная кислота	0.031±0.004	0.62±0.08	12.40±1.60
Рябина	Соляная кислота	0.142±0.005	2.84±0.10	21.85±0.77
	Лимонная кислота	0.121±0.010	2.42±0.20	18.62±1.54
Смородина красная	Соляная кислота	0.064±0.005	1.28±0.10	21.33±1.67
	Лимонная кислота	0.042±0.003	0.84±0.06	14.00±1.00
Смородина черная	Соляная кислота	0.054±0.002	1.08±0.04	21.60±0.80
	Лимонная кислота	0.063±0.004	1.26±0.08	25.20±1.60
Тыква	Соляная кислота	0.081±0.004	1.62±0.08	18.00±0.89
	Лимонная кислота	0.094±0.006	1.88±0.12	20.89±1.33
Яблоки	Соляная кислота	0.132±0.004	2.64±0.08	17.60±0.53
	Лимонная кислота	0.154±0.008	3.08±0.16	20.53±1.07

Исходная концентрация ионов свинца в растворе составила (103.6±13.0) мг/г, равновесная концентрация ионов свинца, после взаимодействия с нативным пектином составила (54.0±4.3) мг/г, с демеоксилированным (42.5±3.5) мг/г, а после взаимодействия с деминерализованным пектином (12.5±0.9) мг/г. Сорбционная способность для выделенного из цитрусовых выжимок пектина составила (99.2±8.6) мг Pb²⁺/г пектина, для демеоксилированного пектина (122.2±4.5) мг Pb²⁺/г пектина, для деминерализованного соляной кислотой пектина (182.2±1.8) мг Pb²⁺/г пектина. Из литературных данных известно, что СС для деминерализованного цитрусового пектина – 200 мг Pb²⁺/г пектина, нативного – 66.67 мг Pb²⁺/г пектина [11].

Заключение

Установлено, что наибольший выход пектиновых веществ наблюдается при использовании в качестве экстрагентов лимонной и соляной кислот, оптимальное время процесса экстракции должно составлять 1 час, а температура процесса 70°C. Определено содержание галактуроновой кислоты в выделенном нативном пектине, а также в деминерализованном и демеоксилированном пектине. Установлено, что по сравнению с нативным пектином содержание галактуроновой кислоты в деминерализованном соляной кислотой пектине значительно выше и составляет (26.4±1.8)% и (66.9±1.8)% соответственно. По сравнению с нативным пектином в демеоксилированном пектине содержание галактуроновой кислоты незначительно выше.

Определена сорбционная способность цитрусового пектина как нативного, так и демеоксилированного, и деминерализованного. Основываясь на экспериментальных данных можно сделать вывод, что демеоксилирование пектина незначительно повышает его сорбционную способность, а деминерализация увеличивает практически вдвое по сравнению с нативным пектином (с (99.2±8.6) мг Pb²⁺/г пектина до (182.2±1.8) мг Pb²⁺/г пектина). Следовательно, чтобы пектин имел свое дальнейшее применение в промышленности необходимо вводить дополнительные процессы, способствующие улучшению его качества и свойств.

Список литературы

1. Ильина И.А. Научные основы технологии модифицированных пектинов. – Краснодар, 2001. – 312 с.
2. Богус А.М., Шаззо Р.И. Физические способы получения пектина. – Краснодар: Экоинвест, 2003. – 127 с.
3. Химическая энциклопедия. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1992. – Т. 3. – С. 895–897.



4. Донченко Л.В. Технология пектина и пектинопродуктов. – М.: Дели, 2000. – 256 с.
5. Pectic polysaccharides from mature orange (*Citrus sinensis*) fruit albedo cell walls: Sequential extraction and chemical characterization / I. Prabasari, F. Pettolino, M.-L. Liao, A. Basic // *Carbohydrate Polymers*. – 2011. – №1. Vol. 84. – Pp. 484–494.
6. Piriyaarasarth S., Sriamornsak P. Flocculating and suspending properties of commercial citrus pectin and pectin extracted from pomelo (*Citrus maxima*) peel // *Carbohydrate Polymers*. – 2011. – №2. Vol. 83. – Pp. 561–568.
7. Graves F. Process for producing crude pectin through ion exchange // Pat. US 5364851, IPC5 Co8B37/06. publ. 11.10.1994.
8. Environmentally friendly preparation of pectins from agricultural byproducts and their structural / rheological characterization / B. Min, J. Lim, S. Ko et al. // *Bioresource Technology*. – 2011. – № 4. Vol. 102. – Pp. 3855–3860.
9. Василенко Ю.К., Кайшева Н.Ш., Компанцев В. А. Сорбционные свойства пектиновых // *Химико-фармацевтический журнал*. – 1993. – С. 44–46.
10. Кайшева Н.Ш., Щербак С.Н., Компанцев В.А. Анализ пектинов защитного действия // *Журнал аналитической химии*. – 1994. – Т. 49; №11. – С. 1158–1162.
11. Блажитко Е.М., Бурмистров В.А., Колесников А.П. Серебро в медицине. – Новосибирск: Наука-Центр, 2004. – 254 с.

EXTRACTION OF PECTIN SUBSTANCES FROM DIFFERENT PLANT MATERIALS AND EFFECT VARIOUS FACTORS ON THIS PROCESS

A.V. Try, L. A. Miheeva

*Ulyanovsk State University, 42 Leo
Tolstoy St, Ulyanovsk, 432017, Russia
E-mail: cab89.anna@yandex.ru*

Extraction of pectin substances from various plant materials was performed. The optimal conditions which involve maximum yield of pectin were selected. The galacturonic acid content and sorption ability were determined in natural pectin, demineralized and demethoxylated pectin. The study showed that demineralization is a necessary process of the treatment of natural pectin for the purpose the possibility of its use in industry and medicine.

Key words: pectin substances, extracting of pectin, sorption ability, demethoxylated pectin, demineralized pectin.

УДК 668.52:581.135.51

ВЛИЯНИЕ ХРАНЕНИЯ СЫРЬЯ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА НЕКОТОРЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ³

**О.В. Шелепова, Т.В. Воронкова,
В.В. Кондратьева,
Л.С. Олехнович, Г.Ф. Бидюкова**

Главный ботанический сад
им. Н.В. Цицина РАН, Россия, 127276,
Москва, Ботаническая ул. 4
E-mail: lab-physiol@mail.ru

Изучен состав эфирного масла из свежесобранного и высушенного сырья 3 видов лекарственных растений (*Tanacetum vulgare* L., *Origanum vulgare* L., *Mentha spicata* L.). Выявлено, что при хранении в течение 1 месяца воздушно-сухого сырья наблюдаются изменения состава эфирного масла растений. В масле *T. vulgare* зафиксировано снижение в 3,5–4 раза доли α - и β -туйона, борнеола, гермакрена D. В масле *O. vulgare* – появление новых компонентов (спатуленол и кароифилленоксид). В масле *M. spicata* – снижение доли монотерпенов в 1,1–1,3 раза, повышение содержания кислородсодержащих производных моно- и сесквитерпенов в 1,1–1,2 раза.

Ключевые слова: эфирное масло, *Tanacetum vulgare* L., *Origanum vulgare* L., *Mentha spicata* L.

Введение

Многообразие сырьевых источников лекарственного растительного сырья и разнообразие экологических условий в местах их заготовок требуют точной идентификации качественного состава эфирного масла для стандартизации фармакопейного сырья. В фармакопее России [1], как и во многих других странах, рекомендованы методики основанные на использовании воздушно-сухого растительного сырья. Это во многом связано с тем, что высушивание сырья является простейшим способом консервации. Хотя известно, что при хранении эфиромасличного сырья наблюдается уменьшение выхода эфирного масла и изменение его компонентного состава [2, 3, 4], так как при срезке растений происходит нарушение нормальных процессов биосинтеза. Низшие терпеноиды – моно-, би- и сесквитерпеновые соединения – наиболее сильно изменяются при сушке сырья и последующем его хранении. Это обусловлено высокой летучестью многих компонентов эфирного масла и их способностью к окислению под воздействием кислорода воздуха.

Целью данной работы было изучение изменения состава эфирного масла растений, полученного из свежесобранного и высушенного (срок хранения 1 месяц) сырья. Объектами исследования были душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.), мята колосковая (*Mentha spicata* L.) (оба вида из семейства губоцветных (*Lamiaceae*)) и пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.) (семейство сложноцветных (*Asteraceae*)). Данные эфиромасличные виды широко используются в народной медицине и фармакологии, так как обладают широким спектром терапевтических свойств.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования были растения *O. vulgare* и *T. vulgare*, собранные в естественных местах обитания - луговом фитоценозе в окрестностях деревни Базарово Дмитровского района Московской области, и растения *M. spicata*, выращенные на экспериментальном участке лаборатории экологической физиологии и иммунитета ГБС РАН. Для получения эфирного масла использовали среднюю пробу из соцветий и листьев, собранных в фазу бутонизации и начала цветения (для *M. spicata*) и полного цветения (для *O. vulgare* и *T. vulgare*) с площади 0,5 м². Для каждого вида растений из измельченного материала методом гидродистилляции получали 2 образца масла: один – из свежесобранного материала, другой – из сырья, которое высушивалось в затененном месте до воздушно-сухого состояния (влажность образцов не превышала 14%) и хранилось при комнатной температуре в течение 1 месяца. Выбор срока хранения 1 месяц обусловлен результатами исследования легколетучих соединений эфирного масла мяты, которые показали, что максимальная потеря данной фракции наблюдалась в течение первых 10 дней после срезки растения [5]. Качественный анализ эфирного масла проводили на

³ НИР выполнена при поддержке программы ОБН РАН «Биологические ресурсы России: динамика в условиях глобальных климатических и антропогенных воздействий».



базе сервисной лаборатории комплексного анализа химических соединений кафедры физической и органической химии РГАУ-МСХА им. Тимирязева методом хроматомасс-спектрометрии на аналитической комплексе "Clarus 600M" фирмы "Perkin Elmer" (США) (ГХ капиллярная колонка "Elite Wax" – 60 м × 0.32 мм × 0.5 мк; газ-носитель гелий – 1 мл/мин, объем пробы – 0.5 мкл, деление потока 1/50; температурный режим термостата колонки: 60°C – 5 мин, 3 /мин до 195°C, изотерма 15 мин; t° инжектора – 230°C; детекторы пламенно-ионизационные (230°C) и масс-спектрометрический детектор (одновременно); режим масс-спектрометрии: энергия ионизации – 70 эВ, t° интерфейса – 210°C, t° источника – 180°C). Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST 05-WILEY [6]. В таблице представлены средние значения 3 аналитических повторностей.

Результаты и их обсуждение

Основными компонентами эфирного масла являются низшие терпеноиды, которые при сушке и последующем хранении сырья подвержены сильным качественным и количественным изменениям по сравнению с другими вторичными метаболитами (алкалоидами, флавоноидами и т. п.). Монотерпены, наиболее летучая часть эфирных масел, при хранении теряется быстрее других, их содержание в масле уменьшается, а доля менее летучих соединений (кислородсодержащих монотерпеноидов и сесквитерпеновых соединений) увеличивается. Большинство компонентов эфирного масла являются ненасыщенными соединениями, они нестойки во внешней среде и подвержены разнообразными химическим реакциям, инициированным кислородом воздуха и светом. Наиболее подвержены окислению кислородом воздуха соединения, молекулы которых содержат сопряженные двойные углеродные связи [3]. Кроме того, компоненты эфирного масла растений имеют разные скорости диффузии и испарения, что также может сказываться на изменении состава масла при хранении.

В составе эфирного масла исследованных растений было обнаружено до 45 компонентов, все компоненты с содержанием более 0.1% от общей суммы легко идентифицировались по времени удерживания и масс-спектрам. Сопоставление состава двух образцов эфирного масла (табл. 1), выделенных из одного и того же растения, показало, что при переходе от эфирного масла из свежесобранного сырья, к эфирному маслу, полученному после высушивания сырья и хранения его в течение 1 месяца, для всех исследованных растений характерны потеря легколетучих компонентов и процесс окисления соединений масла. Так, в образцах масел значительно изменялось содержание сопряженных ненасыщенных диеновых углеводов – гермакрена D (*T. vulgare*, *O. vulgare*), β-мирцена (*O. vulgare*, *M. spicata*), транс- и цис- оцименов (*O. vulgare*), что показывает существенную роль окислительной деструкции в изменении состава эфирного масла в процессе хранения сырья.

Содержание идентичных компонентов в составе масла отдельных видов растений менялось неодинаково. Так, если при переходе от свежего к высушенному сырью содержание α- и β-пиненов и сабинена у всех исследованных растений снижалось (при этом скорость снижения примерно одинакова), то содержание 1,8-цинеола уменьшалось у *T. vulgare* и увеличивалось у *O. vulgare* и *M. spicata*, гермакрена D – снижалось у *T. vulgare* и *O. vulgare*, увеличивалось у *M. spicata*.

Таблица 1

Содержание основных компонентов эфирного масла растений, %

Компоненты	Содержание в эфирном масле, %	
	Свежесобранное сырье	Высушенное сырье
1	2	3
Пижма обыкновенная (<i>Tanacetum vulgare</i> L.)		
α-пинен	6.18	5.28
сабинен	12.14	8.80
β-пинен	2.33	2.10
1,8-цинеол	12.26	11.01
γ-терпинен	1.76	1.84
α-туйон	15.39	3.90
β-туйон	1.30	0.31
хризантенон	3.15	2.78
камфора	3.98	2.40

1	2	3
пинокарвон	1.40	1.72
борнеол	1.48	0.40
терпинен-4-ол	3.9	5.02
миртеналь	1.41	0.95
миртенол	12.85	14.38
фрагранол	7.37	16.82
миртенилацетат	2.60	1.52
гермакрен D	2.45	0.75
Душица обыкновенная (<i>Origanum vulgare</i> L.)		
α-пинен	0.65	0.52
сабинен	7.87	6.72
β-пинен	1.12	0.97
мирцен	4.66	3.88
1,8-цинеол	9.26	10.71



Окончание табл. 1

1	2	3
цис-оцимен	21.83	15.77
γ-терпинен	1.17	1.25
линалоол	2.84	2.96
α-терпинеол	1.21	0.98
тимол	0.23	0.23
β-кариофиллен	9.59	10.34
гумулен	0.90	0.93
гермакрен D	10.69	8.68
бициклогермакрен	4.41	3.91
1,6-гермакрадиен-5-ол	1.24	3.63
α-кадинол	2.46	3.92
спатуленол	0	3.46
кариофилленоксид	0	2.17

1	2	3
Мята колосковая (<i>Mentha spicata</i> L.)		
сабинен	1.35	1.00
β-пинен	1.81	1.59
мирцен	3.92	3.68
лимонен	6.57	5.09
1,8-цинеол	3.24	3.48
линалоол	2.95	3.12
ментон	2.10	2.86
изоментон	6.94	6.11
ментол	36.79	37.78
изоментол	1.96	0
α-терпинеол	0.68	1.65
нераль	0.73	1.49
геранилацетат	4.59	5.44
гермакрен D	4.66	5.07

Примечание: в составе эфирных масел не отражены минорные компоненты.

Наиболее существенные изменения в составе масла наблюдались у *T. vulgare* – резко уменьшилось содержание α- и β-туйона (практически в 4 раза), борнеола (в 3.7 раза), гермакрена D (в 3.3 раза), снизилась доля монотерпеноидов (α- и β-пиненов, сабинена в 1.1–1.4 раза); увеличилась доля окисленных и кислородсодержащих производных – фрагранола в 2.2 раза, терпинен-4-ола – в 1.3 раза, миртенола – в 0.9 раза.

В составе эфирного масла *O. vulgare* в группе монотерпеновых соединений снизилась доля транс- и цис-оцименов (в 1.3 и 1.34 раза, соответственно), α- и β-пиненов, сабинена и гермакрена D в 1.1–1.3 раза; увеличилась доля окисленных производных, в частности 1,8-цинеола и β-кариофиллена в 1.2 раза и тяжелокипящих сесквитерпеноидов – 1,6-гермакрадиен-5-ола (в 2.9 раза), α-кадинола (в 1.6 раза). Характерный для эфирного масла душицы спатуленол и кариофилленоксид появился только в составе масла, полученного из высушенного сырья. При этом в составе масла отсутствуют предшественники, из которых при неферментативных реакциях могли бы получиться данные соединения. Это свидетельствует о важном значении смены направленности и интенсивности биохимических процессов при сушке сырья. Механические повреждения при срезке растений вызывают нарушение метаболизма в их тканях, а потеря влажности растительным сырьем способствует стабилизации и замедлению биохимических реакций в клетках высушенных растений.

Наиболее незначительно изменился состав масла *M. spicata* – уменьшилась доля монотерпеноидов и увеличилась доля менее летучих сесквитерпеновых соединений: среди монотерпеноидов снизилась доля лимонена (в 1.3 раза) и увеличилась доля окисленных производных (1,8-цинеол и линалоол – в 1.1 раза). Среди сесквитерпеноидов наблюдалось увеличение содержания гермакрена D (в 1.1 раза), геранилацетата (в 1.2 раза) и нералья (в 2.1 раза).

Выводы

Проведенные исследования изменения компонентного состава эфирного масла 3 видов лекарственных растений показали, что состав масла при переходе от свежесобранного к высушенному сырью меняется, что обусловлено улетучиванием легкокипящих компонентов и процессами окисления ненасыщенных соединений. Изменения могут быть незначительными (у *M. spicata* зафиксировано снижение доли монотерпенов в 1.1–1.3 раза и увеличение доли кислородсодержащих производных моно- и сесквитерпенов в 1.1–1.2 раза) и весьма серьезными (у *T. vulgare* наблюдалось снижение в 3.5–4 раза доли α- и β-туйона, борнеола, гермакрена D; *O. vulgare* – появление новых компонентов (спатуленол и кариофилленоксид). Эфиромасличное сырье после сбора не должно подвергаться сильному измельчению в целях сохранения максимальной целостности секреторных структур. При стандартизации эфиромасличного сырья, используемого в качестве фармакопейного, необходимо точно указывать методики его хранения.

Список литературы

1. Государственная фармакопея Российской Федерации. XII изд. (часть I). – 2008. – 704 с.
2. Long-term effects of drying conditions on the essential oil and color of tarragon leaves during storage / A. Arabhosseini, W. Huisman, A. van Boxtel, J. Muller // J. of Food Eng. – 2007. – Vol. 79. – Pp. 561–566.



3. Изменение состава эфирного масла при разных сроках хранения сырья / А.В. Ткачев, Е.А. Королюк, М.С. Юсубов, А.М. Гурьев // Химия растительного сырья. – 2002. – №1. – С. 19–30.

4. Исследование качественного состава эфирного масла душицы обыкновенной, произрастающей в восточной Сибири / В.М. Минович, Т.А. Коненкина, Г.М. Федосеева, Н.Н. Головных // Химия растительного сырья. – 2008. – №2. – С. 61–64.

5. Воронкова Т.В., Шелепова О.В. Патент № 2490867 RU A01G 7/00 (20006.01), C11B 9/00 (20006.01) «Способ определения фракции легколетучих соединений в эфирном масле листа мяты» // Бюл. №24. – 27.08.2013.

6. О взаимосвязи выхода и состава эфирного масла и уровня салициловой кислоты у растений мяты на разных этапах онтогенеза / О.В. Шелепова, В.В. Кондратьева, Т.В. Воронкова, Л.С. Олехнович // Изв. РАН. Сер. биол. – 2013. – №3. – С. 309–314.

INFLUENCE OF STORAGE PLANTS MATERIALS ON THE QUALITATIVE COMPOSITION OF ESSENTIAL OILS OF SOME MEDICINAL PLANTS

**O.V. Shelepova, T.V. Voronkova,
V.V. Kondratieva,
L.S. Olehnovich, G.F. Bidukova**

*N.V. Tsitsin Main Botanical Gardens
of RAS, 4 Botanicheskaya St, Moscow,
127276, Russia*

E-mail: lab-physiol@mail.tu

The composition of the essential oil in fresh and dried material of 3 species of plants (*Tanacetum vulgare* L., *Origanum vulgare* L., *Mentha spicata* L.) was studied. Changes in the composition of the essential oils of plants were observed when air-dried raw materials were stored for 1 month. In the oil of *T. vulgare*, there was registered a decrease of 3.5-4 times in the proportion of α - and β -thujone, borneol, germacrene D. In oil of *O. vulgare* - new components (spathulenol and caryophyllene). In the oil of *M. spicata* - the decline in the share of monoterpenes of 1.1-1.3 times, the increase in the content of oxygen-containing derivatives of mono- and sesquiterpenes of 1.1-1.2 times.

Key words: essential oil, *Tanacetum vulgare* L., *Origanum vulgare* L., *Mentha spicata* L.

ХИМИЯ

УДК 547.758:544

О ВЛИЯНИИ *pH* НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ 3-НИТРОФЕНОЛА СИСТЕМАМИ ФЕНТОНА И РАФФА*

К.С. Ерохин, О.Е. Лебедева

Белгородский государственный
университет, Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: OLebedeva@bsu.edu.ru

Изучено влияние исходной величины *pH* реакционных систем на скорость и эффективность окислительной деструкции 3-нитрофенола пероксидом водорода в присутствии ионов двух- и трехвалентного железа. Установлено, что оптимальное значение *pH* лежит в интервале 2.5-3.5.

Ключевые слова: 3-нитрофенол, окислительная деструкция, система Фентона, система Раффа.

Введение

В настоящее время растет интерес исследователей к пероксиду водорода. Это вызвано способностью пероксида водорода окислять органические субстраты, что обуславливает широкое использование пероксида при разработке Передовых Окислительных Процессов (Advanced Oxidative Processes), которые применяются для очистки воды от органических поллютантов. Такие процессы весьма актуальны при обезвреживании загрязнителей, устойчивых к биодegradации. Однако пероксид водорода обладает недостаточно высоким окислительно-восстановительным потенциалом, поэтому для глубокого разложения органических субстратов необходимо предварительно осуществлять его «активацию». Одним из наиболее распространенных способов повышения редокс-потенциала пероксида водорода является введение в окислительную систему ионов переходных металлов, в частности, ионов железа (2+) и (3+). Данные окислительные системы были названы системами Фентона и Раффа соответственно. Габером и Вейсом был предложен радикально-цепной механизм распада пероксида водорода в системе Фентона, согласно которому первичным продуктом взаимодействия пероксида водорода с ионами железа является гидроксильный радикал [1].

Ранее нами были предприняты успешные попытки окислительной деструкции моно- и динитрофенолов [2], этоксилатов алкилфенолов [3], некоторых лекарственных средств [4], индигокармина [5], однако влияние *pH* реакционных систем на процесс окисления было изучено недостаточно. Вместе с тем исходная величина *pH* является критическим параметром окисления, который определяет как форму существования ионов железа, так и механизм деструкции. В настоящей работе проводилось изучение влияния исходной величины *pH* на скорость и эффективность окисления 3-нитрофенола.

Объекты и методы исследования

В работе использовали 3-нитрофенол марки «чда», пероксид водорода марки «чда», точное значение концентрации которого определяли методом косвенного окислительно-восстановительного титрования тиосульфатом натрия в кислой среде. В качестве источников ионов железа использовались $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ марки «чда» и $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ марки «чда».

Эксперименты по окислительной деструкции осуществлялись в водных растворах 3-нитрофенола объемом 25 мл с начальной концентрацией субстрата 250 мкмоль/л. Концентрации окислительных реагентов – пероксида водорода и соли железа – были одинаковы во всех экспериментах и составляли 4 ммоль/л и 25 мкмоль/л соответственно. Изучаемый интервал исходного значения *pH* составил 1.0–4.5. Реакционные смеси доводили до заданного значения *pH* добавлением серной кислоты или гидроксида натрия. Контроль *pH* проводили с помощью *pH*-метра Mettler Toledo. Изменение концентрации 3-нитрофенола в растворах фиксировали спектрофотометрическим методом при помощи прибора SOLAR CM2203 в режиме автоматической регистрации оптической плотности.

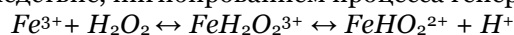
* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки в рамках базовой части госзадания (код проекта 154).



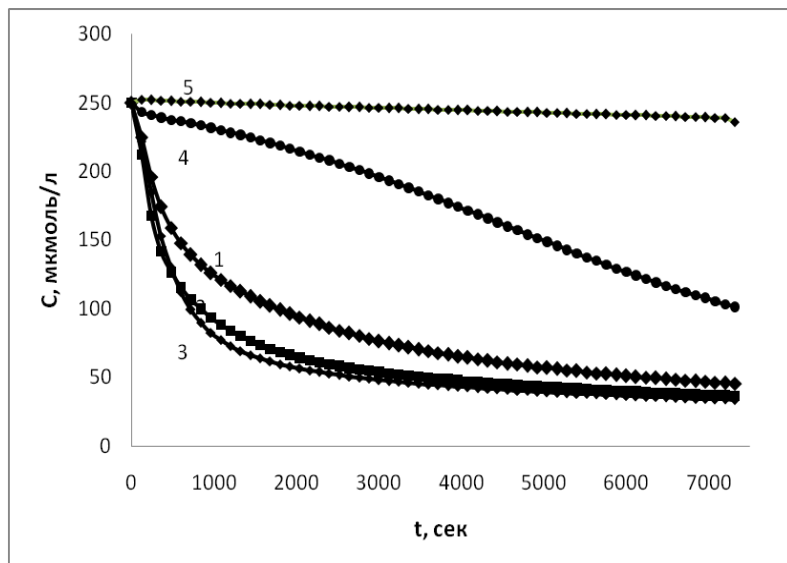
Обсуждение результатов

Первоначально проводили изучение окислительной деструкции 3-нитрофенола системой Фентона при различных начальных значениях pH реакционных систем. Полученные результаты, представленные на рис. 1, показали, что наибольшая скорость и эффективность окислительной деструкции субстрата наблюдается при pH 2.5 и 3.5, причем соответствующие кинетические кривые окисления практически совпадают. В данном диапазоне pH преобладающей формой катализатора, вероятно, выступают высокоактивные $Fe(OH)^+$ и $Fe(OH)^{2+}$ [1]. Дальнейшее понижение pH приводит к значительному уменьшению эффективности, а именно общей и начальной скорости окисления субстрата настолько, что при pH 1.0 степень деструкции практически близка к нулю. Это может быть обусловлено высокой концентрацией протонов в реакционной системе, и, как следствие, высокой ионной силой раствора, в результате чего активная концентрация образуемых в системе радикалов оказывается низкой. При pH 4.5 происходит частичное осаждение катализатора, что приводит к понижению концентрации активной формы катализатора и, следовательно, уменьшению скорости окислительной деструкции. Таким образом, оптимальное исходное значение pH при окислении 3-нитрофенола системой Фентона лежит в интервале 2.5-3.5, что согласуется с литературными данными для фенолов, красителей, хлорорганических соединений [6, 7].

Аналогичные результаты были получены в ходе изучения окисления субстрата системой Раффа при различных pH реакционных систем (рис. 2): наибольшие скорость и эффективность процесса окисления наблюдаются в интервале pH 2.5-3.5, а понижение исходной величины pH приводит к понижению этих показателей. Это, вероятно, обусловлено смещением равновесия реакции первичного взаимодействия ионов Fe^{3+} с пероксидом водорода в сторону исходных веществ и, как следствие, ингибированием процесса генерирования ионов $FeHO_2^{2+}$:



В то же время повышение исходной величины pH реакционных систем до 4.5 также приводит к значительному понижению скорости и эффективности окислительной деструкции субстрата, что обусловлено более интенсивным образованием гидроксокомплексов железа и началом осаждения $Fe(OH)_3$,



то есть снижением концентрации активной формы катализатора. Кроме того, в данном случае не исключается комплексообразование ионов железа (III) с 3-нитрофенолом, что также может способствовать понижению скорости окисления.

Рис. 1. Кинетические кривые окисления 3-нитрофенола системой Фентона при различных pH реакционных систем: 1 – $pH=4.5$; 2 – $pH=3.5$; 3 – $pH=2.5$; 4 – $pH=1.5$; 5 – $pH=1.0$

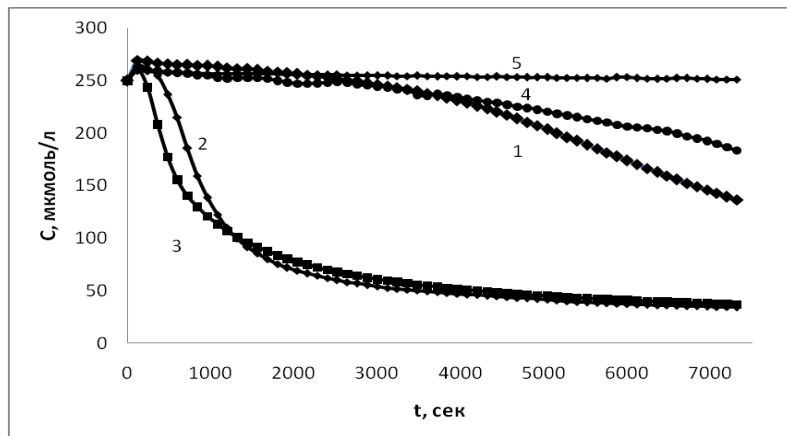


Рис. 2. Кинетические кривые окисления 3-нитрофенола системой Раффа при различных pH реакционных систем: 1 – $pH=4.5$; 2 – $pH=3.5$; 3 – $pH=2.5$; 4 – $pH=1.5$; 5 – $pH=1.0$

Заклучение

Таким образом, как в случае системы Фентона, так и в случае системы Раффа оптимальная исходная величина pH реакционной смеси лежит в интервале 2.5-3.5, что согласуется с литературными данными [6, 7]. Полученные в ходе исследования результаты сопоставимы с полученными нами ранее при изучении влияния исходной величины pH реакционной смеси на скорость и глубину окисления индигокармина [5]. Таким образом, можно предположить, что роль субстрата при смене pH малозначима, а наблюдаемые изменения вызваны состоянием компонентов окислительной системы.

Список литературы

1. Сычев А.Я., Исаак В.Г. Гомогенный катализ соединениями железа. Кишинев: Штиинца, 1988. – 216 с.
2. Соловьева А.А., Лебедева О.Е. Окисление моно- и динитрозамещенных фенолов пероксидом водорода в присутствии ионов железа (II) и (III) // Химия в интересах устойчивого развития. – 2010. – Т. 18. – № 5. – С. 615–619.
3. Козырева Ю.Н., Заздравных И.Н., Глухарева Н.А., Лебедева О.Е. Кинетика окисления оксиэтилированных изонилфенолов под действием пероксида водорода в присутствии неорганических солей // Ж. физической химии. – 2009. – Т. 83. – № 5. – С. 843–846.
4. Немченко М.Н., Лебедева О.Е. Окислительная инактивация анальгина // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. – 2010. – № 15 (86) – Вып. 12. – С. 134–139.
5. Ерохин К.С., Жибурт В.С., Глухарева Н.А., Лебедева О.Е. Окислительная деструкция индигокармина // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. – 2011. – № 9 (104) – Вып. 15. – С. 142–146.
6. Kremer M.L. The Fenton Reaction. Dependence of the Rate on pH // J. Phys. Chem. – 2003. – Vol. 107. – № 11. – Pp. 1734–1741.
7. Соложенко Е.Г., Соболева Н.М., Гончарук В.В. Применение каталитической системы H_2O_2 - $Fe^{2+}(Fe^{3+})$ при очистке воды от органических соединений // Химия и технология воды. – 2004. – Т. 26. – № 3. – С. 219–246.

CONCERNING pH INFLUENCE AT EFFICIENCY OF 3-NITROPHENOL OXIDATIVE DEGRADATION BY FENTON AND RUFF SYSTEMS

K.S. Erokhin, O.E. Lebedeva

Belgorod State National Research
University, 85 Pobedy St., Belgorod,
308015, Russia
E-mail: OLebedeva@bsu.edu.ru

An influence of original pH value of reaction system at the rate and efficiency of 3-nitrophenol oxidative degradation by hydrogen peroxide in the presence of di- and trivalent iron ions was studied. Optimal pH value was found to be in the range 2.5–3.5.

Keywords: 3-nitrophenol, oxidative degradation, Fenton system, Ruff system.



УДК I 553.611.6:54-414 I:631.4

МОНТМОРИЛЛОНИТОВЫЕ ГЛИНЫ КАК СОРБЕНТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОЧВЫ ОТ ИОНОВ МЕДИ**Л.Ф. Перистая, А.И. Везенцев,
В.В. Скорбач, В.А. Перистый,
Л.В. Мирошниченко***Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85**E-mail: peristaya@bsu.edu.ru*

В работе изучены сорбционные свойства глины месторождения «Поляна» Белгородской области на концентрацию меди в универсальном торфо-грунте.

Ключевые слова: глина, сорбенты, очистка почвы, тяжелые металлы, сорбционная очистка, ионы меди.

Введение

В небольших количествах медь необходима для нормальной жизнедеятельности растений, животных и человека. Она является биогенным микроэлементом. Однако, как избыток меди, так и недостаток ее, как и других элементов, не благоприятен для растений сельскохозяйственного назначения, а значит, в конечном итоге и для здоровья человека

Медь относится к группе тяжелых металлов, которые являются весьма распространенными и опасными загрязнителями биосферы.

Общее содержание меди колеблется от 1 до 200 мг на 1 кг плодородной почвы. Ионы Cu^{2+} , поглощенные коллоидными частицами и связанные с органическим веществом почвы, растениям практически недоступны. Доступность меди растениям снижается с подщелачиванием грунта. В почвы медь поступает как с ядохимикатами, которыми обрабатывают сельскохозяйственные культуры, так и с медьсодержащими удобрениями.

В состав удобрений медь вводят в виде кристаллогидрата сульфата меди – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, содержащий медь (25.4 масс. %) в легкодоступном состоянии. Потребность растений в медьсодержащих удобрениях зависит, прежде всего, от их биологических особенностей и содержания в почве подвижных (усвояемых) форм данного микроэлемента [1].

Поведение меди в почвах и её геохимическая миграция существенно зависят от кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий. В кислой среде медь обладает средней степенью подвижности; в нейтральной, щелочной и восстановительной среде – очень низкой подвижностью [2].

Тяжелые металлы, поступающие в верхний слой почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции. Первый период полуудаления (т. е. удаления половины от начальной концентрации) тяжелых металлов значительно варьирует для различных элементов, но составляет весьма продолжительные периоды времени: для меди – от 310 до 1500 лет [2].

К числу важнейших компонентов почв, связывающих тяжелые металлы, относятся гидроалюмосиликаты, группы монтмориллонита, т.е. слоистые силикаты структурного типа 2:1 с разбухающей кристаллической решеткой. Сорбционные свойства минеральной части почв обусловлены глинистой фракцией, представленной смесью различных глинистых минералов, к которым относятся каолиниты, смектиты, иллиты, хлориты, вермикулиты.

Растения способны накапливать тяжелые металлы, являясь промежуточным звеном в цепи «почва – растения – животные – человек». По коэффициенту биологического поглощения ($n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^0$) медь относится к группе элементов слабого накопления и среднего захвата [2]. Они в основном накапливаются в наземных органах растений (листьях, стеблях), причем, во влажные годы сильнее, чем в засушливые.

Загрязнение почвы медью имеет ряд отрицательных экологических последствий. Тяжелые металлы являются протоплазматическими ядами. При токсичных уровнях медь ингибирует деятельность ферментов. Она взаимодействует с клеточными мембранами, изменяя их проницаемость, вызывает разрыв клеточных мембран [2].

В организме человека медь входит в состав 25 белков и ферментов. Вместе с железом участвует в кроветворении, при ее недостатке возможно разрушение эритроцитов. Избыток

меди вызывает болезнь Коновалова-Вильсона. Растворимые соли меди в больших концентрациях токсичны [3, 4].

Весьма опасным является загрязнение ионами меди природной воды, особенно питьевой. Поэтому поиск методов очистки воды от ионов меди с помощью монтмориллонитовых глин ведется нами уже более 10 лет. Результаты этих работ отражены во многих научных публикациях, в частности, в работе [5].

В 2008 году нами были получены положительные результаты по повышению экологического качества почвы путем сорбции ионов тяжелых металлов с помощью природной глины. Опыты были проведены в полевых условиях, при выращивании кукурузы [6].

Объект и методы исследования

Целью данной работы явилось исследование эффективности сорбционной очистки плодородной почвы от ионов меди с помощью обогащенной глины месторождения «Поляна» Белгородской области. При этом решались две конкретные задачи: апробация глины как сорбента для очистки загрязненной почвы от ионов меди(II); определение влияния разного содержания ионов меди(II) в почве на интенсивности роста и развития вегетативной системы редиса сорта «Заря».

Исследования были проведены вегетационным методом. Растения выращивали в деревянных ящиках. Средой для их жизнедеятельности служил универсальный торфогрунт (УТГ).

В наших экспериментальных исследованиях медь вносили в почву в виде водного раствора пентагидрата сульфата меди – $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ из расчета 198 мг ионов Cu^{2+} на квадратный метр. В качестве сорбента в почву вносили обогащенную глину месторождения «Поляна» Белгородской области из расчета 90 г/м². Обогащение проводили гравитационным методом путем отмучивания и соответствующим образом определяли гранулометрический состав [7].

Эксперимент проводили по схеме, включающей три варианта опыта: 1. УТГ (контроль); 2. УТГ + соль меди; 3. УТГ + соль меди + глина.

Элементный состав образцов почвы определяли с помощью оптического эмиссионного спектрометра с индуктивно – связанной плазмой ICPE – 9000 SHIMADZU (Япония). Подвижные соединения меди в почве определяли по ГОСТ Р 50683-94 и ГОСТ Р 50684-94 методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии, pH почвы определяли с помощью pH-метра по ГОСТ 27753.3-88. Образцы почвы для исследования готовили по стандартной методике. Аналитические электронно–микроскопические исследования экспериментальных образцов включали в себя светопольное исследование в трансмиссионном электронном микроскопе в сочетании с микродифракцией электронов и энергодисперсионным определением элементного состава. Исследования проведены на микроскопе JEOL 2100, оснащенный энергодисперсионным анализатором EELS. Определение массовой доли сорбционно–активного минерала монтмориллонита в глине осуществляли методом адсорбционного люминесцентного анализа, основанного на катионообменной адсорбции глиной органических красителей на основе люминофоров с образованием коагулята органоглинистого комплекса.

Результаты и обсуждение исследования

Проведенные исследования позволили получить следующие результаты.

Химический состав обогащённой глины с размером глинистых частиц меньше 10 мкм представлен следующими оксидами (масс. %) в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав обогащенной глины, %

SiO_2 – 52.4	Al_2O_3 – 16.4	Na_2O – 4.76
Fe_2O_3 – 7.25	CaO – 5.08	TiO_2 – 0.43
K_2O – 3.16	MgO – 2.36	<i>n.n.n.</i> – 7.86
P_2O_5 – 0.05	FeO – 0.24	

Массовая доля монтмориллонита в исследуемом образце глины составляет 59.5–60.1%.

В таблице 2 указано содержание основных элементов в УТГ.

Таблица 2

Элементный состав универсального торфогрунта

Содержание элементов	Элементы									
	<i>Al</i>	<i>Ca</i>	<i>Fe</i>	<i>J</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Si</i>
мг/г	18	8.6	18	0.81	15	2.8	35	0.91	13	200
масс%	1.8	0.86	1.8	0.081	1.5	0.28	3.5	0.091	1.3	20

В таблице 3 показано общее (валовое) содержание меди и содержание подвижных соединений меди, а также pH трех образцов универсального торфогрунта.

Таблица 3

Содержание меди в универсальном торфогрунте

Вариант опыта		Общее (валовое) содержание меди, мг/кг	Подвижные соединения меди, мг/кг		pH грунта
№ п/п	Вид грунта		Экстрагирующий раствор		
			ацетатно-аммонийный буферный раствор с pH 4.8	1н. HCl	
1	УТГ	69	3,0	4.9	6.27
2	УТГ + Cu ²⁺	170	3,9	22.3	5.91
3	УТГ + Cu ²⁺ + глина	168	2,6	18.1	6.26

Общее (валовое) содержание меди в торфогрунте в образце №1 составляет 69 мг/кг или $6.9 \cdot 10^{-3}$ масс %. По В.В. Ковальскому, нормальным содержанием меди в почвах является $(1.5-6.0) \cdot 10^{-3}$ масс % [8]. Следовательно, исследуемый образец торфогрунта содержит избыточное количество меди. Это можно объяснить тем, что торф, как известно, является хорошим сорбентом.

При внесении в грунт сульфата меди в указанном выше количестве валовое содержание меди увеличилось до 170 мг/кг (образец №2). После внесения глины в торфогрунт, искусственно загрязненный медью, валовое содержание меди уменьшилось до 168 мг/кг (образец №3), т. е. на 1.2 масс. %, а содержание подвижных соединений меди уменьшилось значительно: с 22.3 мг/кг до 18.1 мг/кг – на 18.8 масс. %.

Нами установлено, что избыточное содержание меди в торфогрунте отрицательно сказывается на росте и развитии редиса. Растения усыхают, листочки свертываются, имеют бледную окраску, наблюдается хлороз. Образование корнеплодов не произошло. Особенно отчетливо эти признаки отмечаются с образцом почвы №2, где содержание меди больше, чем в других образцах. Они имеют меньшую высоту стебля и площадь листьев, что иллюстрирует таблица 4, что является следствием содержания подвижных водорастворимых форм меди.

Из таблицы 3 следует, что глина уменьшает концентрацию ионов водорода и соответственно увеличивает pH почвы за счет катионообмена. Следовательно, внесение глины является положительным фактором в борьбе с закислением плодородной почвы.

Таблица 4

Влияние ионов Cu²⁺ и сорбционно активной глины на высоту стебля и площадь листа редиса (через месяц после посадки)

Вариант опыта	Содержание меди в почве, мг/г	Высота стебля, см	Площадь листа, см ²
1. чистая почва	0.069	5.6	11.09
2. почва + Cu ²⁺	0.170	4.8	9.00
3. почва + Cu ²⁺ + глина	0.110	5.5	10.80

В результате проведенной экспериментальной работы установлено отрицательное воздействие ионов Cu²⁺ и положительное – сорбционно активной монтмориллонитовой глины месторождения «Поляна» Белгородской области на рост и развитие вегетативной системы редиса.

Благодарности. Коллектив авторов выражает глубокую благодарность Центру коллективного пользования НИУ «БелГУ» за проведение исследований на современном аналитическом оборудовании.

Литература

1. Сад и огород на приусадебном, дачном участке. / Сост. П.Ф. Паско. – Минск: Ураджай, 1994. – 543 с.
2. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. М.: Высшая школа, 1998. – 287 с.
3. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды. – М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 295 с.
4. Токсикологическая химия/ под ред. Т.В. Плетеневой. – М.:ГЭОТАР – Медиа, 2005. – 512 с.
5. Голдовская-Перистая Л.Ф. Исследование способности купинской и протопоповской глин сорбировать тяжелые металлы (медь и свинец) из водных растворов // Сб. материалов Всерос. науч. конф. с международным участием «Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья». Белгород: изд-во БелГУ, 2004. – С. 46–49.



6. Везенцев А.И. Сорбционная очистка почв от тяжелых металлов // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. – 2008. – Т. 3, № 6. – С. 172 – 175.

7. Зверевич В.В. Перов В.А. Основы обогащения полезных ископаемых. – М.: Изд-во «Недра», 1971. – 216 с.

8. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. – 150 с.

MONTMORILLONITE CLAYS AS SORBENTS FOR CLEANING SOIL FROM COPPER IONS

**L.F. Peristaya, A.I. Vezentsev,
V.V. Skorbach, V.A. Peristy,
L.V. Miroshnichenko**

*Belgorod State National Research
University, 85 Pobedy St, Belgorod,
308015, Russia*

E-mail: peristaya@bsu.edu.ru

In this paper we set the upper threshold concentration of excess copper in the universal peat soil. Using clay of the deposit "Polyana" in Belgorod region as a sorbent allows to reduce the concentration of copper in polluted peaty soil. There was revealed a negative effect of excessive copper on the growth and development of autonomic system of radish.

Key words: clay, sorbents, removal, heavy metals, sorption purification, copper ions.



НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 631.459.2

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЭРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ АГРОЛАНДШАФТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ¹

Ж.А. Буряк

Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет, Россия, 308015,
г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: buryak@bsu.edu.ru

Предложен подход к усовершенствованию методики оценки эрозионной опасности территории при адаптивно-ландшафтном земледелии, основанный на ГИС-анализе сочетаний геоморфологических условий, при которых наблюдается усиление водно-эрозионных процессов. По данным дистанционного зондирования Земли были выявлены эрозионно трансформированные ареалы пашни, для которых было вычислено среднее значение рельефной функции, определенное нами как «критичное». В результате пространственного анализа для территории исследуемого полигона была построена карта эрозионно опасных земель, сочетающая в себе распределение критичных значений рельефной функции и экспозиций склонов.

Ключевые слова: водная эрозия, рельеф, рельефная функция, геоинформационные системы, ландшафтное земледелие.

Введение

Существенным ограничением устойчивого и долговременного сельскохозяйственного производства и землепользования в Белгородской области является деградация почв под воздействием водной эрозии, которая оценивается огромными величинами – более 3 млн. т в год [1]. Причины интенсивного смыва почв кроются, прежде всего, в сложных геоморфологических условиях всего Центрально-Черноземного региона. Белгородская область расположена на территории Среднерусской возвышенности и характеризуется высокой расчлененностью рельефа, а в этих условиях активно протекают процессы, как поверхностного смыва, так и линейного размыва почв. Но, несмотря на сложные рельефные условия, более 55% (1509 тыс. га) площади области вовлечено в интенсивное сельскохозяйственное использование и находится под пашней, из которой 56–60% подвержено эрозионной трансформации [2].

Интенсивность эрозионных процессов зависит от совокупности рельефных, почвенных, климатических, растительных и агротехнологических условий. Среди них рельеф является базовым фактором перераспределения вещественно-энергетических потоков в ландшафте и выступает в роли «каркаса» эрозионных процессов, определяющего их интенсивность. Идея подстраивания землепользования под рельефные условия при организации сельскохозяйственных угодий нашла свое отражение в концепции адаптивно-ландшафтного земледелия, получившей развитие в 90-х годах прошлого века. Данный подход подразумевает контурно-полосное обустройство территории, отражающее природную структуру ландшафта, а также дифференцированное использование угодий в зависимости от эрозионной опасности. В качестве критерия эрозионной опасности территории здесь часто выбирают уклон местности, в зависимости от которого земли подразделяются на технологические группы с рекомендованными для выращивания культурами и способом обработки. А.Г. Татарико [3] подразделяет земли на три технологические группы со следующими градациями уклонов:

I группа – равнинные земли и склоны до 3°, пригодные для размещения пропашных культур;

II группа – склоны от 3 до 7° с севооборотами зернотравяного типа;

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области (договор № Г-03 от 10.11. 2013 г.).

III группа – склоны более 7° , рекомендованные к выводу из пашни и длительному залужению.

При внедрении ландшафтной системы земледелия в Центрально-Черноземной зоне применяли [4] более дифференцированную классификацию пашни по степени эродированности почв и уклона. В ней предусмотрены четыре категории эродированности: до 1° – несмытые почвы, $1-3^\circ$ – эрозионно-опасные, $3-5^\circ$ – слабосмытые, $5-8^\circ$ – средне- и сильносмытые. При этом почвозащитные севообороты предлагается вводить на склонах крутизной от 5° .

Дифференциация использования пашни по уклонам имеет неоспоримые преимущества по сравнению с прямолинейной организацией территории. Однако только один параметр «крутизна склона» не может в полной мере описать все геоморфологические условия, влияющие на эрозионные процессы. Отмечено, что в районах с интенсивными ливнями и стоком талых вод эрозия проявляется уже на склонах 1° [5], где вклад в интенсивность стока вносят и другие факторы. При возрастающих темпах деградации пашни в Белгородской области крайне необходимо найти пути ужесточения критериев выделения эрозионно опасных земель. Решением может стать комплексное исследование геоморфологических особенностей территории, которые не ограничиваются лишь уклоном, с последующей к ним адаптацией землеустройства и землепользования.

В эрозиоведении при оценке потенциальных почвенных потерь рельефные условия рассматриваются более широко: помимо уклона учитывают длину и экспозицию склона, форму водосбора. При адаптивно-ландшафтном подходе также отмечается их влияние на эрозионную опасность, но при проектировании эти параметры, как правило, не учитываются. Можно предположить, что это связано с отсутствием доступа к автоматизированным способам геоморфологического анализа, а использование расчетных методов в 80–90-е гг. XX в. было еще трудоемким.

Современные геоинформационные системы (ГИС) способны существенно облегчить расчеты, увеличивая количество учитываемых факторов. С использованием ГИС-технологий сложившиеся методологические подходы к оценке эрозионной опасности территории могут быть выведены на качественно новый уровень. В сочетании с данными дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) ГИС позволяют проводить комплексный мониторинг агроландшафтов, а также осуществлять моделирование протекающих в них процессов, связанных с переносом вещества и энергии в пространстве. Модули пространственного анализа ГИС-приложений позволяют создать цифровые модели рельефа, которые являются основой для моделирования эрозионно-аккумулятивных процессов в агроландшафтах. Полученные результаты могут быть взяты за основу землеустроительного проектирования на адаптивно-ландшафтной основе.

Объекты и методы исследования

При оценке эрозионной опасности территории необходимо отталкиваться от конкретных величин анализируемых факторов. Таким критерием является степень смытости почвы, т.е. уменьшение мощности гумусового горизонта под воздействием водной эрозии. Как правило, для ее определения необходимо проведение масштабных и затратных полевых исследований. Однако существует альтернативный объективный критерий эрозионной трансформации, который можно оценить дистанционно, особенно применительно к условиям Белгородской области – это выходы меловых и лессовидных почвообразующих пород на поверхность в результате интенсивного смыва почвы. При дешифрировании ДДЗ выходы пород идентифицируются через непостоянство яркостных характеристик в различных участках изображения. Изменение характера кривой спектрального отражения сопутствуют изменению тональности окраски – в местах смыва наблюдается увеличение яркости изображения [6].

Позиции границ ареалов смытых почв можно принять в качестве индикаторов сильной эрозионной трансформации агроландшафта, а совокупность сопряженных рельефных условий – за исходные расчетные критерии. Для Белгородской области характерно распространение как смытых почв, деградация которых зависит от развития антропогенно обусловленных эрозионных процессов, так и маломощных, короткопрофильность которых обусловлена также особенностями почвообразования. Дешифровочные признаки и тех и других почв одинаковы, поэтому при выборе ареалов смытых почв необходимо использовать почвенно-генетическую подоснову [7].

В качестве полигона исследования был выбран участок в степной зоне Белгородской области в бассейне реки Айдар площадью 5 тыс. га, из которых пашня занимает 74 %. Участок относится к юго-восточному эрозионному району очень сильного смыва и сильной заовраженности. Участок характеризуется сложным эрозионным рельефом, пашня на склонах $0-3^\circ$ занимает 63%, $3-5^\circ$ – 31%, более 5° – 6%. Почвенный покров участка, типичный для степной зоны, на пашне представлен преимущественно черноземами обыкновенными среднemosными,

обыкновенными карбонатными среднемоющими и обыкновенными остаточными карбонатными. Гранулометрический состав более тяжелый, чем у других подтипов черноземов, на данном участке он тяжелосуглинистый.

Для идентификации ареалов смытых почв использовали космические снимки BING, которые имеют высокое разрешение и комбинацию цветов, идентичную восприятию человеческим глазом. Поэтому визуальный метод дешифрирования таких снимков позволяет получить достоверные сведения о смытости почв [8].

По результатам визуального дешифрирования на пашне было выделено 36 ареалов эродированных почв. После анализа почвенных карт из выборки были исключены ареалы на почвах, образованных на элювии мела. Оставшиеся 22 ареала, представленные почвами на лессовидных суглинках, были разделены на две группы в зависимости степени изменения яркости по сравнению с фоновой почвой на водоразделе. Так, почвы с меньшей разностью яркостей мы назвали «менее смытые» (63,6 га), с большей – «более смытые» (124,9 га).

Для анализа морфометрических характеристик в выбранных ареалах в программной среде ArcGIS 9.3 была построена гидрологически корректная цифровая модель рельефа размером ячейки 25x25 м. При выборе анализируемых параметров мы остановились на следующих: длина склона, уклон и экспозиция. Влияние длины и крутизны склона учитывали через совокупную рельефную функцию, которую используют для количественной оценки фактора рельефа при расчете модуля смыва почвы. Существует ряд формул для расчета рельефной функции, каждая из которых по-своему отражает вклад длины и уклона [9]. В общем виде рельефная функция может быть представлена следующим выражением:

$$F(L, S) = f(L^p \times S^n), \quad (1)$$

где $F(L, S)$ – фактор рельефа, L – фактор длины склона, представляющий собой расстояние от водораздела, S – фактор уклона, p и n – показатели степени.

В нашей работе для расчета рельефной функции была использована формула, используемая в американской модели RUSLE – модифицированном универсальном уравнении потерь почвы [10, 11]. Данная модель получила широкое распространение во всем мире благодаря легкости реализации в ГИС за счет своей мультипликативной структуры (Lorito, 2006; Джама-лов, 2011; Hasan et al., 2013 и др.), поэтому уже имеется алгоритм ГИС-представления рельефной функции [12]. В формуле расчета рельефной функции RUSLE используется разделение по уклонам более и менее 5.14° :

$$LS = (a \times \sin S + b) \times \left(\frac{L}{22,1} \right)^{\frac{\sin S}{\sin S + 0.269 \times (\sin S)^{0.8} + 0.05}}, \quad (2)$$

где L – длина склона от водораздела, м, S – средневзвешенный уклон, в %, a и b – коэффициенты, при уклоне менее 5.14° равные 10.8 и 0.03 соответственно, при уклоне равном или более 5.14° – 16.8 и 0.5.

Анализ рельефной функции и остальных параметров проводили в точках на верхних границах ареалов смытости, где начинаются объективно идентифицируемые процессы эрозионной трансформации. Для каждой точки, начиная от линии водораздела, строили линию стока воды и по ней вычисляли средневзвешенный уклон. По полученным данным рассчитывали рельефную функцию вида (2).

Результаты и их обсуждение

Проанализировав рельефные условия для ареалов почв двух градаций смытости, установленных путем визуального дешифрирования, мы сравнили зависимость степени эродированности от длины склона и уклона. Из графика рисунка 1 видно, что с увеличением расстояния от водораздела снижается доля менее смытых ареалов и увеличивается число более смытых, т.е. прослеживается четкая прямая связь эродированности с фактором длины склона. Параметр уклона относительно степени смытости распределен более хаотично: почвы разной степени эродированности встречаются на всем диапазоне уклонов, без ясно выраженной закономерности.

Контрастные на первый взгляд геоморфологические условия в точках могут быть обобщены с помощью рельефной функции LS . Это хорошо продемонстрировано на примере двух точек (выделены черным на рис. 1): одна точка лежит на расстоянии 265 м от водораздела при средневзвешенном уклоне 2.6° , другая – на расстоянии 875 м при уклоне 1.9° . При совершенно разных рельефных ситуациях обе точки отражают позицию смытых почвах, где LS принимает одинаковые значения – 1.4. Мы видим, что совокупное влияние факторов длины и уклона создает условия для проявления эрозионной трансформации на разных позициях ландшафтов. Интегральный показатель рельефной функции точнее описывает геоморфологи-

ческие условия, нежели отдельно уклон и длина склона, что делают ее более приемлемым критерием при оценке эрозионной опасности почв агроландшафтов.

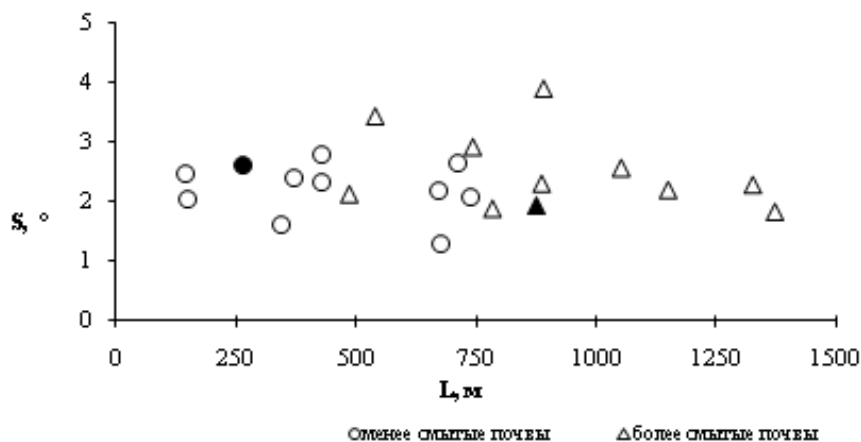
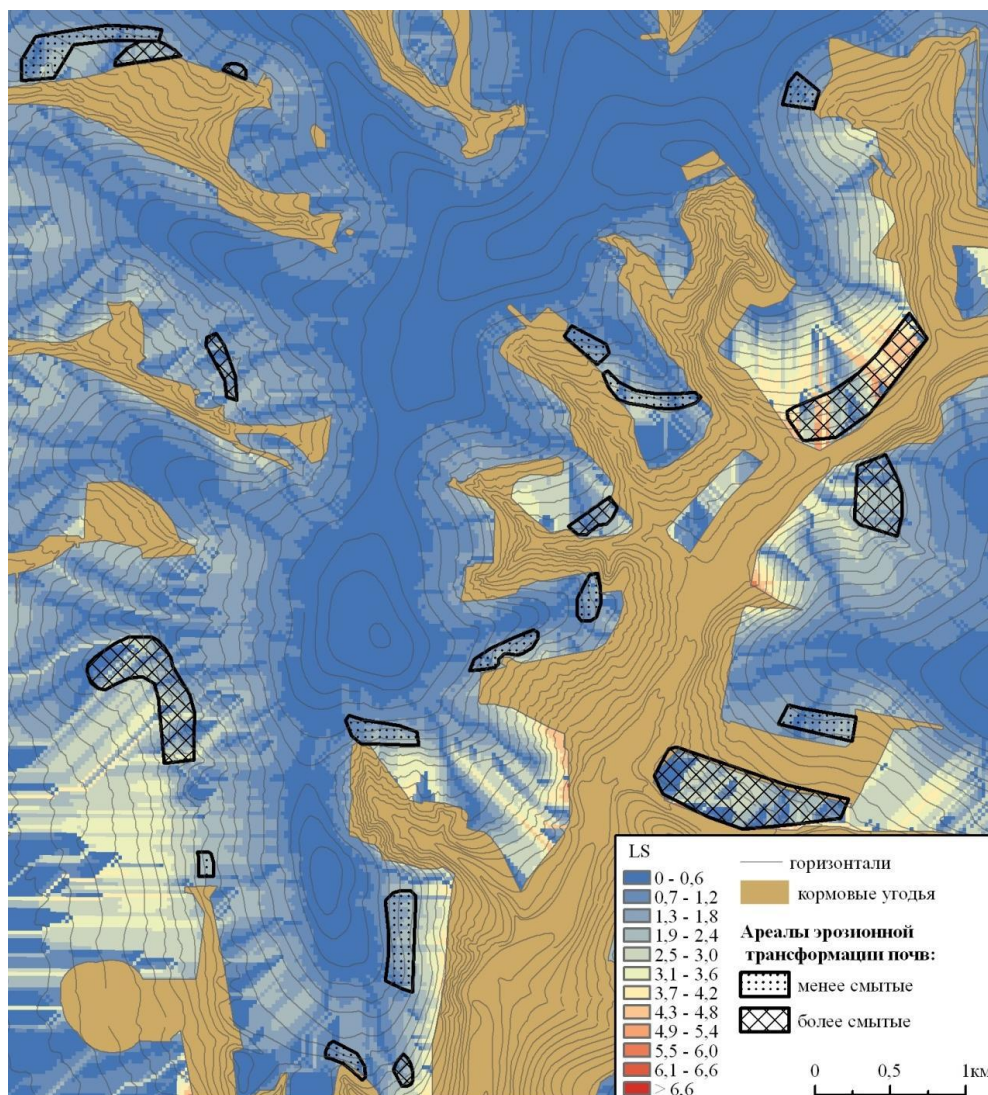


Рис. 1. Распределение значений длины L и крутизны S для верхних границ ареалов смытости.

В результате анализа установлено, что для полигона исследования среднее значение рельефной функции LS в точках эрозионной трансформации равно 1.7. Полученное значение LS можно назвать «критичным» для исследуемой территории, т.к. оно соответствует верхней границе эрозионной трансформации земель, ниже которой создаются геоморфологические предпосылки усиления водно-эрозионных процессов уровня эрозионной деградации почв.



Пространственный анализ рельефа в ГИС позволяет получить растры значений LS заданной точности для территории любого масштаба (рис. 2). Выделенные на них границы критичных значений LS могут являться основой противоэрозионного проектирования.

Рис. 2. Распределение значений рельефной функции LS на пашне исследовательского полигона

Пространственное распределение значений рельефной функции позволяет выделить территории, подверженные риску водной эрозии. Помимо этого необходимо оценить еще один параметр важный рельефа – экспозицию, которая также существенно влияет на протекание эрозионных процессов в период весеннего снеготаяния. В традиционных методиках оценки талого стока учитывают экспозицию с помощью коэффициентов (C_3) по четырем румбам: юг ($C_3 > 1$), север ($C_3 < 1$), запад и восток ($C_3 = 1$). Возможности растрового представления данных в ГИС позволяют учесть экспозицию по абсолютным значениям румбов, что существенно повышает точность оценки. При анализе территории особенно важно выявить склоны «теплых» экспозиций, румбы которых лежат в диапазоне $112.5-247.5^\circ$ (ВЮВ–ЗЮЗ). Пространственные сочетания критичных значений рельефной функции с «теплыми» экспозициями будут идентифицированы как наиболее эрозионно опасные позиции агроландшафтов.

На рисунке 3 представлен результат оверлея пространственных данных – производная картосхема распределения экспозиций с критичным значением LS (более 1.7). Для сравнения здесь же штриховкой показаны территории с уклоном более 5° , на которых, согласно классификации технологических групп земель, рекомендовано вводить почвозащитные севообороты. При классификации экспозиций нами были выбраны качественные характеристики, которые наглядно отражают температурный режим склонов. Склоны западной и восточной экспозиции объединены в класс нейтральных, так как их ориентация существенно не влияет на интенсивность талого стока [9].

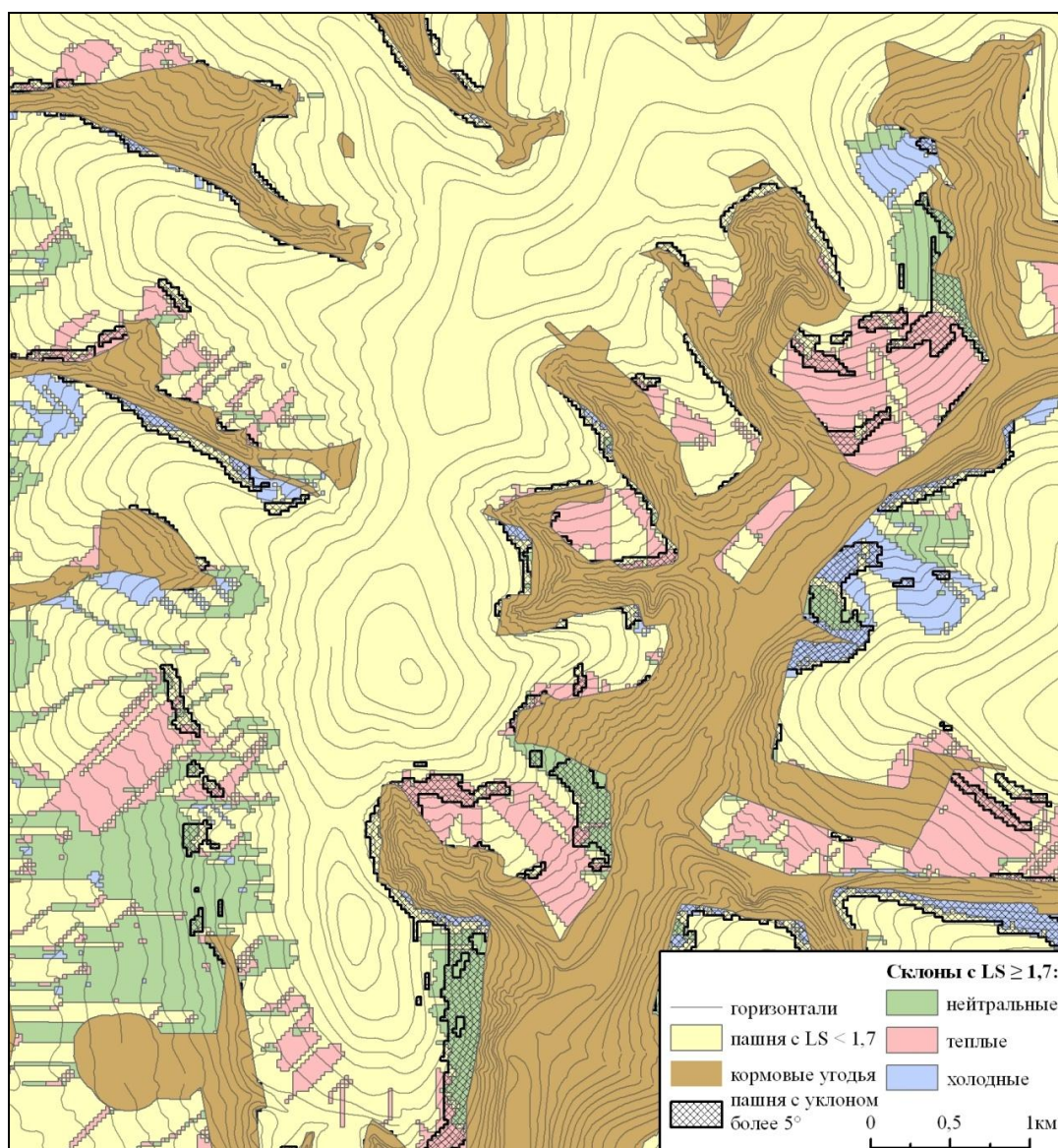


Рис. 3. Картосхема эрозионно опасных участков пашни

Оценка эрозионного потенциала территории по нескольким параметрам рельефа позволяет ужесточить требования к почвозащитной организации агроландшафтов. В случае, если бы мы оценивали эрозионный потенциал рельефа лишь по критерию уклона, то к эрозионно опасным угодьям на склонах более 5° было бы отнесено лишь 6.4% пашни. При комплексном подходе к анализу геоморфологических условий через сочетания LS и экспозиций на исследуемом участке оцениваемая площадь эрозионно опасных земель выросла в 3.6 раза и составила 23% от общей площади пашни, причем средний уклон этих территорий равен 3° . Данные территории либо уже подверглись активной эрозионной трансформации, что подтверждают ДДЗ, либо потенциально эрозионно опасные из-за геоморфологических предпосылок.

Выделенные по критичному значению LS эрозионно опасные территории в свою очередь могут быть подразделены по степени эрозионной опасности в зависимости от экспозиции. Теплые склоны с критичным LS следует отнести к особо эрозионно опасным из-за интенсивного стока талых вод в весенний период: такие территории приоритетны для противоэрозионных мероприятий. На полигоне исследования эрозионно опасные территории распределены по экспозициям следующим образом: теплые – 49%, нейтральные – 37% и холодные – 14%. Мы видим, что половина эрозионно опасных земель, а это 11% от общей площади пашни, может быть отнесена к особо эрозионно опасным. На таких территориях могут быть реализованы различные сценарии землепользования: введение почвозащитных севооборотов, консервация до восстановления плодородия, либо безвозвратный перевод из пашни в средостабилизирующие виды угодий для деградированных земель.

Заключение

Комплексный подход к эрозионной оценке рельефа позволяет более объективно отразить условия, способствующие развитию водной эрозии. Предложенный способ анализа эрозионного потенциала рельефа может являться существенным дополнением к традиционным методикам противоэрозионной организации агроландшафтов. Использование рельефной функции в сочетании с зонированием территории по экспозициям в качестве критерия оценки позволяет более объективно выделить эрозионно опасные позиции агроландшафтов. Так, с применением предложенного подхода оцениваемая площадь эрозионно опасных земель на исследуемом участке увеличилась в 3.5 раза по сравнению с традиционно используемым критерием уклона. При условии замещения на этих землях полевых и зерновых севооборотов многолетними травами суммарные годовые почвенные потери могут снизиться в 4–7 раз.

Стоит отметить, что полученное в нашем исследовании для исследуемой территории критичное значение функции LS является частным случаем и будет меняться в зависимости от противоэрозионной стойкости почв и климатических особенностей территории. Использование предложенной нами методики позволит определить уникальные критичные значения LS для других территорий Центрально-Черноземного региона.

Применение инструментария ГИС дает качественно новые результаты, которые с легкостью могут быть использованы в виде подосновы проектирования, наряду с почвенными, климатическими и агротехническими факторами. Критичная величина рельефной функции может являться обоснованием для вывода земель из интенсивного сельскохозяйственного использования. Перспективными для дальнейших исследований являются вопросы типизации территории области по критичным значениям LS, а также способах хозяйственного использования угодий в зависимости от значений рельефной функции.

Список литературы

1. Шатилов И.С., Силян А.Д., Полев Н.А. Состояние и перспективы повышения плодородия почв в Центрально-Черноземном экономическом районе РСФСР // Повышение эффективности земледелия и агропромышленного производства Белгородской области. – М.: Росагропромиздат, 1990. – С. 33–43.
2. Лукин С.В. Экологические проблемы и пути их решения в земледелии Белгородской области. – Белгород: Изд-во «Крестьянское дело», 2004. – 164 с.
3. Тарарико А.Г. Агроэкологические основы почвозащитного земледелия – К.: Урожай, 1990. – 184 с.
4. Котлярова О.Г. Ландшафтная система земледелия центрально-черноземной зоны – Белгород: Изд-во Белгородской ГСХА, 1995. – 293 с.
5. Каштанов А.Н., Заславский М.Н. Почвоводоохранное земледелие. – М.: Россельхозиздат, 1984. – 462 с.
6. Использование данных многозональной космической съемки для анализа свойств почв и растительности в условиях европейской лесостепи / О.А. Чепелев, П.А. Украинский, В.И. Соловьев, А.В. Свиридова, И.М. Гашпоренко // Вестник ВГУ. Серия: география. Геоэкология. – 2009. – № 1. – С. 55–56.



7. Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В. Оценка развития линейной эрозии и эродированности почв по результатам аэрофотосъемки // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 2009. – № 10. – С. 39–43.

8. Украинский П.А. Оценка земель сельскохозяйственного назначения по показателям плодородия для дистанционного мониторинга: Автореф. дисс... канд. геогр. наук. – Белгород, 2011. – 23 с.

9. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения / Под ред. А. А. Светличного. – Белгород: Константа, 2012. – 456 с.

10. Revised slope length factor / D.K. McCool, G.R. Foster, C.K. Mutchler, L.D. Meyer // Transactions of ASAE. – 1989. – Vol. 32(5). – Pp. 1571–1576.

11. RUSLE: Revised Universal Soil Loss Equation / K.G. Renard, G.R. Foster, G.A. Weesies, J.P. Porter // J. Soil and Cons. – 1991. – Vol. 46. – Pp. 30–33.

12. Van Remortel R., Hamilton M., Hickey R. Estimating the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of digital elevation data // Cartography. – 2001. – Vol. 30. № 1. – Pp. 27–35.

IMPROVEMENT OF APPROACHES TO ASSESSING THE RISK OF EROSION IN AGRICULTURAL LANDSCAPES USING GIS TECHNOLOGY

Zh.A. Buryak

Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: buryak@bsu.edu.ru

An approach of improving the methodology of assessing the risk of erosion at adaptive-landscape agriculture was proposed. It is based on GIS analysis of the combination of geomorphological conditions in which there is increased water-erosion processes. Based on remote sensing data, areas of erosion transformed arable land were identified, for which the average value of relief function, defined as 'critical', was calculated. As a result of the spatial analysis for the area of the test polygon the map of erosion-prone land was constructed, combining the distribution of critical values of the relief function and slope aspects.

Key words: water erosion, relief, relief function, GIS, landscape farming.



УДК 631.459.22

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ОБ ЭРОЗИИ ПОЧВ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ¹**А.П. Жидкин¹, Ю.Г. Чендев²**

¹ *Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Россия, 119991, г. Москва Ленинские Горы д. 1,*

² *Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, д. 85*

E-mail: gidkin@mail.ru; chendev@bsu.edu.ru

В статье представлен литературный обзор существующих представлений об эрозии почв (в результате плоскостного смыва) в Белгородской области. Проведена оценка степени изученности вопроса и выявлены основные направления исследований. Представлены авторские взгляды на перспективность развития некоторых направлений изучения эрозии почв в данном регионе.

Ключевые слова: плоскостной смыв, эрозия, почва, обзор, Центральная лесостепь, Белгородская область.

Введение

Территория Белгородской области в значительной степени подвержена эрозии почв. Развитию эрозионных процессов в данном регионе способствуют: высокая расчлененность рельефа, низкая противозэрозионная устойчивость почвообразующих пород и почв, активное снеготаяние весной и ливневый характер осадков летом. Кроме того, помимо высокой степени освоения данного региона, развитию эрозии почв способствует преобладание в севооборотах пропашных культур.

В связи с этим актуальность изучения эрозионных процессов в Белгородской области трудно переоценить. Еще в середине XX века А.С. Козменко [1] обращал внимание на сильные темпы смыва почв, наблюдаемые в некоторых районах Белгородской области. С тех пор различные специалисты исследовали данную проблему. Однако на сегодняшний день накопленные данные об эрозионных процессах в Белгородской области немногочисленны, в особенности при сравнении с некоторыми другими регионами России, например – с соседней Курской областью. При этом отмечается не только дефицит фактических данных об эрозионных процессах, полученных отдельными исследователями, но и в освещении этих вопросов в сборниках и литературных обзорах.

Некоторыми белгородскими исследователями сделаны литературные обзоры, в которых прямым или косвенным образом проанализированы эрозионные процессы.

Например: «Эрозионные процессы на территории Белгородской области» [2]; «Региональные особенности развития и распространения экзогенных геоморфологических процессов на территории Белгородской области» [3]; «Современные геоморфологические процессы на территории Белгородской области и их антропогенная активизация» [4]. Однако эти обзоры малочисленны, неполны и, в значительной степени, показывают данную проблему в общих чертах, охватывая помимо плоскостной эрозии почв, овражный смыв, оползневые и другие процессы.

В данной статье литературный обзор направлен исключительно на анализ работ, посвященных эрозии почв в результате их плоскостного смыва в Белгородской области. Акцент на исследование данного вида эрозии почв неслучаен, т.к. несмотря на протекание линейной эрозии в виде оврагообразования, плоскостной смыв почв с пахотных полей является наиболее мощным по масштабам процессом, приводящим к утрате значительных объемов органического вещества и минеральной части почв региона. Цель литературного исследования – обратить внимание специалистов в области эрозиоведения на малое количество, а в некоторых случаях практически полное отсутствие некоторых направлений исследований эрозии почв в Белгородской области.

Обзор существующих представлений

Понимание существенной роли эрозионных процессов пришло только в XX веке; до этого исследователями описывались лишь единичные катастрофические события. Поэтому

¹ Публикация осуществлена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество», проект РГО-РФФИ №13-05-41158.



точно установить особенности смыва почв, в особенности плоскостного, на основе исторических материалов не представляется возможным. Однако некоторые современные методы исследования позволяют приблизительно оценить развитие эрозионных процессов, протекавших в предыдущие века. Так, А.Ю. Сидорчуком [5] было проведено ретроспективное исследование эрозии почв на основе анализа исторических карт и математических моделей почвенной эрозии с учетом изменения во времени главных факторов эрозии в пределах Русской равнины. Автором анализируется период с конца XVII века, поскольку раньше этого времени эрозия почв в данном регионе носила локальный характер в силу низкой освоенности территории. На рубеже XVII и XVIII веков (с прекращением регулярных набегов татар), южная часть изучаемой территории начинает интенсивно заселяться и осваиваться, что приводит к активному развитию эрозионных процессов. Однако по данным А.Ю. Сидорчука в XVIII веке (1696–1796 годы) основная эрозионная нагрузка приходилась в большей степени на наиболее населенную распаханную территорию российского Нечерноземья. В свою очередь смыв в черноземной зоне составил лишь 40% от общего объема вещества почв (около 7.8 млрд тонн). При этом смыв был не очень сильным – на 94% площади пашни мощность слоя смыва не превышала 10 см.

В XIX веке (в период 1796–1887 годы) ситуация изменилась и, несмотря на то, что наиболее интенсивная эрозия все еще проявлялась на старопахотных почвах Нечерноземья, освоение черноземной зоны Русской равнины привело к перемещению 16.5 млрд тонн почвы за период 1796–1886 годы (45% от общего смыва). При этом на юге Курской губернии (в современной Белгородской области) на 30% пашни слой смыва превысил 10 см. В XX веке (в период 1887–1980 годы) интенсивное земледелие в степной зоне приводит к смыву 15.5 млрд тонн почв (37% от общего смыва). За указанный период на территории ЦЧО наиболее интенсивная эрозия проявилась именно в Белгородской области – на 7% пашни смыв превысил 30 см [5].

Возрастающие темпы смыва оказывают необратимые последствия на почвенный покров юга Центральной России. В середине XX века А.С. Козменко [1] обследовал 8 колхозов Валуйского района Белгородской области и пришел к выводу о том, что 31% пахотных земель изучаемой территории было сильно смыто, а еще 26% «полу-смыто».

В следующие десять лет, в период с 1955 по 1965 годы, согласно работе [6], вследствие неправильной обработки и интенсивного использования земель в Белгородской области площадь эродированных пахотных угодий увеличилась на 40 тысяч га (2.4% общей площади пашни – примечание авторов), а эродированных выгонов – на 5.9 тысяч га. Также отмечается, что каждый пятый гектар сельскохозяйственных угодий за указанный период был подвержен водной эрозии, а площадь эродированной пашни составила 291 тысячу га (17.6% общей площади пашни – примечание авторов). Охарактеризованы и скорости плоскостного смыва – с каждого гектара склоновых полей может быть смыто 10–15 тонн почвы, а местами и больше [6].

В период 1950–1980 гг. проведено два тура детальных почвенно-съемочных работ, на основании которых Б.П. Ахтырцевым и В.Д. Соловиченко [7] написана одна из фундаментальных работ по почвенному покрову Белгородской области, в которой в том числе подробно рассмотрены вопросы эрозии почвенного покрова данной территории. Согласно данным исследователей, к 1984 году 53.6% всех земель Белгородской области было отнесено к эродированным. Особенно внушительно эта цифра выглядит при сравнении со средними данными по Центрально-Черноземному региону от 2006 года, в котором средняя эродированность земель оценена величиной 20.1% от общей площади [8].

Отметим, что цифра 53.6% фигурирует практически во всех современных работах, освещающих вопросы эродированности почв Белгородской области. Однако сама по себе эта цифра не является особо информативной без дополнительных сведений о степени эродированности почв, также представленных в работе [7]. Авторы приводят следующие площади территорий, в разной степени подверженные эрозии: «слабосмытые – 940 тыс. га (34.6%), среднесмытые – 332.6 тыс. га (12.6%), сильносмытые – 154.2 тыс. га (5.6%), развеваемые почвы – 26.6 тыс. га (0.9%)» ([7], с. 104).

В докторской диссертации В.Д. Соловиченко 2011 года [9] дается более подробная характеристика ареалов разных по степени смытости почв, при которой выделено 5 групп: первая группа слабосмытых и слабозаовраженных почв охватывает 48.9% площади региона, вторая – среднесмытых и среднезаовраженных почв – 31.3%, третья – сильносмытых и среднезаовраженных почв – 12.9%, четвертая – очень сильно-смытых и сильнозаовраженных почв – 3.1% и пятая – развеваемых и слабозаовраженных почв – 1.6%. Таким образом, в указанной работе по сравнению с данными прошлых лет [7] площади сильно и очень сильно смытых почв заметно увеличены. Как отмечает сам автор, согласно мониторингу почвенного покрова за последние 30–40 лет площадь эродированных почв увеличилась на 5–9% от общей площади почвенного покрова Белгородской области.

По результатам дешифрирования аэрофотоснимков Ф.Н. Лисецким и Л.В. Марциневской в 2009 году [10] установлено, что площадь сильносмытых почв за последние 30 лет увеличилась на 18.15 тыс. га (с 151.95 тыс. га до 170.1 тыс. га). Используя ранее указанные соотношения между категориями эродированности (полученные Б.П. Ахтырцевым и В.Д. Соловиченко [7]) прогнозные площади слабосмытых и среднесмытых почв оцениваются в 1063 и 387 тыс. га соответственно. Таким образом, общая эродированность почвенного покрова Белгородской области за счет нарастания процесса эрозии за 30 лет и более точного учета его проявления увеличилась на 6% и может составлять 59.7% от общей площади региона.

Согласно данным Л.И. Белоусовой [3], эрозии подвержено 60% пашни (1597.6 тыс. га) Белгородской области, что также в достаточной степени совпадает с результатами предыдущих исследований.

Представленные данные позволяют судить о постоянно прогрессирующих процессах эрозии почв в Белгородской области. Очевидно, что ареалы смытых почв при этом с каждым годом возрастают. Однако остается открытым вопрос о темпах эрозии и их изменениях с течением времени в различные этапы освоения территории.

На сегодняшний день в литературе фигурируют редкие цифры о скоростях смыва почв в Белгородской области. Средние оценки по смыву почв в изучаемом регионе следующие: по данным И.П. Здоровцева и С.С. Мясоедова [11] ежегодный смыв почв в Белгородской области составляет 12 т/га в год. Аналогичные темпы, около 12 т/га в год, приводятся в публикации [12] со ссылкой на работу [13]. Как отмечалось ранее, в работе [6] фигурируют темпы смыва 10–15 т/га в год почвы, а местами темпы могут быть выше. Согласно исследованиям Ю.Г. Чендева и соавторов [14] смыв на пашнях со склонов крутизной более 2° составлял около 6 т/га в год за всю историю земледельческого освоения Белгородской области. В.Д. Ивановым и Е.В. Кузнецовой [15] представлена информация по темпам эрозии в Центральном Черноземье по геоморфологическим округам. В южном геоморфологическом округе, на территории которого расположена Белгородская область, темпы смыва составили в среднем 11.9 т/га в год в западной части и 16.2 т/га в год в восточной части Белгородской области.

Крупномасштабные исследования на отдельно взятых склонах в Белгородской области также свидетельствуют о достаточно высоких темпах смыва. В работе [16] проводились сопряженные исследования эрозии почв за последние 100 лет на освоенных и целинных черноземах типичных в Старооскольском районе Белгородской области. Согласно этим данным, на целинных степных участках смыв отсутствовал даже на крутых склонах крутизной более 20°, а на аналогичном по экспозиции и морфологии распаханном склоне смыв составил в среднем 18 т/га в год, а в некоторых его частях достигал значений 26 т/га в год.

Исследования черноземов среднемощных среднесуглинистых в междуречье рек Северский Донец и Липовый Донец в пределах водосбора балки Каменный Лог, выявили темпы смыва за последние 100 лет (полученные на основе метода магнитного трассера) равные 8.1 т/га в год, на отдельных участках склона достигая 15 т/га в год; а за последние 25 лет (на основе радиоцезиевого метода) эрозия составила 3.4 т/га в год, достигая темпов смыва 20 т/га в год в нижней части изучаемого склона [17].

В некоторых источниках скорости смыва не фигурируют напрямую, однако представленные авторами данные позволяют оценить темпы эрозии почв в Белгородской области.

Согласно Л.И. Белоусовой [3], ежегодно в результате эрозии с пахотных земель смывается от 7 до 14.5 млн. тонн почвы. На основе этих данных можно рассчитать среднюю по Белгородской области скорость эрозии, которая варьирует в диапазоне 4–10 т/га в год.

Л.Ф. Литвиным [18] на основе математической модели эрозии почв рассчитаны площади распахаемых территорий с различными скоростями смыва по всей России (табл. 1). В Белгородской области, площадь пашни со скоростью смыва <5 т/га в год составляет примерно 66%; 5–10 т/га в год – около 21%; 10–25 т/га в год – около 11%; более 25 т/га в год – около 2%. Таким образом, на основе данных Л.Ф. Литвина [18] можно произвести простой расчет средней скорости смыва в Белгородской области, который составляет около 5 т/га в год.

Таблица 1

Интенсивность смыва распахаемых почв Белгородской области, по данным [18]

Скорость смыва, т/га в год	<0.5	0.5-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-7	7-10	10-15	15-20	20-30	>30
% пашни	5.68	13.84	13.12	16.1	9.75	7.37	10.62	10.49	7.73	2.62	1.97	0.71

Данные представленные в работе Б.П. Ахтырцева и В.Д. Соловиченко [7] также позволяют провести приблизительный расчет средних темпов смыва. Слабосмытые серые лесные почвы имеют на 9–16 см меньшую мощность гумусового горизонта по сравнению с несмыты-



ми, что при средней длительности освоения почв Белгородской области в 150–250 лет составляет убыль от 0.36 до 1.00 мм/год. Учитывая среднюю плотность пахотных почв в 1.2–1.3 г/см³, это соответствуют темпам смыва 4.3–12.0 т/га в год. Аналогичный расчет для серых лесостепных почв средней смытости соответствует темпам 10.8–25.6 т/га в год, сильной смытости – 13.0–33.6 т/га в год. Для черноземов: слабосмытые разности характеризуются потерями 5.8–12.0 т/га в год мелкозема; среднесмытые – 14.4–29.6 т/га в год; сильносмытые – 20.6–44.0 т/га в год. С учетом площадей приводимых в работе [7] смытых почв, приблизительный расчет дает средние темпы смыва в 10–20 т/га в год.

Представленные данные показывают широкое варьирование оценок скоростей смыва почв (табл. 2). В среднем по всем найденным публикациям темпы смыва почв находятся в пределах 11–12 т/га в год. Различия в оценках, полученных разными учеными, в значительной степени обусловлены нелинейным, случайным характером развития процессов поверхностного смыва мелкозема. На юге Центральной России амплитуда колебаний скоростей эрозии почв носит особенно сильный характер в связи с тем, что и талый и дождевой (ливневой) смыв вносят значительный вклад в эрозию почв, при этом ежегодно сильно варьируя.

Таблица 2
Литературные данные о темпах эрозии почв
в Белгородской области

Публикация	Темпы эрозии почв, т/га в год
Здоровцев, Мясоедов, 1990	12
Экологические основы..., 2006	12
Борьба с эрозией..., 1968	10-15
Чендев и др., 2008	6
Иванов, Кузнецова, 2003	11.9-16.2
Геннадиев и др., 2010	18
Голосов и др., 2011	3.4-8.1
Белоусова, 2011*	4-10
Литвин, 2002*	5
Ахтырцев, Соловиченко, 1984*	10-20
Среднее по всем работам	11.3

Примечание: * – согласно расчетам по данным, представленным в публикациях.

снеготаяния, равных 0.45–0.8 т/га в год [20] и 2.76 т/га в год [21]. Однако максимальные значения талого смыва в отдельные годы бывают крайне высоки – до 10 т/га в год [21]. Максимальные темпы ливневого смыва в отдельные годы также достигают высоких значений – до 30–60 т/га за одно эрозионное событие [18]. А в августе 1976 года в Курской области был зафиксирован смыв 200 т/га в год за один ливень [22].

Ежегодные флуктуации темпов смыва с увеличением длительности времени распашки в течение нескольких веков относительно нивелируются, поэтому средние оценки темпов смыва в аналогичных условиях при одинаковой длительности распашки должны быть относительно близкими. Однако территория Белгородской области характеризуется сложной этапной историей освоения земель. Различная длительность агрикультурного периода, на наш взгляд, должна обязательно учитываться при оценках средних темпов эрозии почв на разных участках Белгородской области. К сожалению, в литературе данные об оценках развития эрозионных процессов на территориях региона с различной длительностью сельскохозяйственного освоения отсутствуют.

Рассмотрим представленные в литературе другие факторы развития эрозионных процессов. Достаточно детально рассмотрен фактор экспозиции. Еще в работе [6] за 1968 год отмечен заниженный смыв на склонах северной экспозиции относительно южной. В связи с этим к категории слабо эродированных земель авторы относят почвы на склонах крутизной 1–2° и местами – на склонах северной экспозиции, крутизной 3–4°. В работе Б.П. Ахтырцева и В.Д. Соловиченко [7] также отмечено, что средне- и сильносмытые почвы приурочены к склонам южной экспозиции крутизной более 3°, на остальных пространствах чаще всего распространены слабосмытые почвы. По данным М.А. Наконечной и В.Е. Явтушенко [23] в Белгородской области на склонах с максимальной крутизной 5° эродированные черноземы на северном склоне занимали около 15% площади, а на южном склоне – больше 50%. Приуроченность

К сожалению, по Белгородской области фактических данных о темпах талого и дождевого смыва найти не удалось. Однако данные по соседней с Белгородской, Курской области в полной мере характеризуют неравномерность протекания эрозионных процессов на юге Центральной России. Так, по данным Академии Наук СССР, полученным в середине XX века [19], в Курской области ежегодный снос мелкозема за одно снеготаяние с пашни по крутизне склонов 4–6° составил от 25 до 60 т/га в год. Более точные исследования последних десятилетий представляют иные значения при также сильной амплитуде ежегодных колебаний. Среднепогодные данные наблюдений в Курской области свидетельствуют о средних значениях талого смыва в период весеннего

сильноэродированных почв к южной экспозиции подтверждается статистическими оценками Ж.А. Кириленко [24]. На основе анализа карт и космических снимков Новооскольского района Ю.В. Тарасовой [25] сделан аналогичный вывод о том, что сильноэродированные почвы представлены на склонах южной и юго-западной экспозиции с крутизной 5–7°. В диссертации Л.В. Марциневской [26] отмечается, что распространение ареалов сильноэродированных почв на территории Белгородской области крайне неравномерно, однако при этом половина выделенных ареалов расположена в пределах тёплых (южных) склонов.

Во многих работах оцениваются площади ареалов разных по степени эродированных почв в различных районах Белгородской области [2, 3, 7, 9, 26–28 и др.]. Этот вопрос достаточно хорошо исследован. Дробность деления области на районы у авторов различна, но все авторы сходятся на том, что самый сильный смыв почв, – и плоскостной, и овражный, – отмечается в юго-восточной части Белгородской области; в западной части области эти процессы проявляются в наименьшей степени, а центральная часть Белгородской области характеризуется средней по области интенсивностью овражной и плоскостной эрозии.

Также в некоторых редких исследованиях отмечается влияние морфологии склонов на развитие эрозии. Например, Л.В. Марциневской [26] выявлено, что в большей степени сильноэродированные почвы приурочены к склонам с крутизной более 5° и в меньшей степени – к выпуклым склонам крутизной от 3 до 5°, где они соответствуют местам рельефа с резкими перегибами поверхности; на склонах крутизной менее 3° сильноэродированные почвы не выявлены.

В диссертации В.В. Половинко [29] была установлена связь между соотношением рельефной функции и значениями эродированности почв, которые позволили автору сделать интересный вывод о том, что рельефный фактор не менее чем на 58% определяет интенсивность водной эрозии. Видимо, этот вывод сделан исключительно для распаиваемых территорий в пределах Белгородской области, то есть для одного режима землепользования со схожими метеорологическими характеристиками. В этом случае кроме режима землепользования вызывают интерес иные факторы, а именно факторы климатических условий и рельефной функции, определяющие оставшиеся 42%.

В большинстве исследований, посвященных оценке и анализу поверхностного смыва почв Белгородской области, приводятся обобщенные данные либо для всей ее территории, либо для отдельных районов области [1–3, 6–9, 11–15, 26–28 и др.]. Реже встречаются работы, в которых отражены результаты исследований конкретных почвенных катен и водосборов [16, 17, 20, 29]. Еще реже дается анализ развития эрозионных процессов в разрезе отдельно взятого сельскохозяйственного предприятия и рабочих участков полей его севооборотов [30, 31]. Если проводить аналогии с иерархией физико-географического районирования, то исследования первого рода отражают уровень от района до провинции, исследования второго рода – уровень от фации до урочища, а исследования третьего рода – уровень от местностей до ландшафтов. Таким образом, существует очевидная неполнота проводимых исследований по степени пространственной детализации и пространственной соподчиненности изучаемых явлений в соответствии с физико-географическим районированием Белгородской области.

Особым блоком представлены работы, посвященные оценкам влияния эрозионных процессов на свойства почв и расчеты допустимых эрозионных потерь. Интересный литературный обзор на эту тему сделан Ф.Н. Лисецким [32]. Также Ф.Н. Лисецким в соавторстве с О.А. Марининой [33] представлены модельные эксперименты вегетационного опыта по оценке критической мощности чернозема южного тяжелосуглинистого с целью обоснования комплексных методик, основанных на показателях, содержащих, помимо скоростей ресурсоформирующих и почворазрушающих процессов, также оценку запасов почвенных ресурсов.

Конкретно по Белгородской области Л.В. Марциневской [28] на основе материалов крупномасштабных почвенных обследований «Росгипрозема» проведены расчеты скоростей почвообразования и допустимых эрозионных потерь почв (ДЭПП) для области в целом и для каждого из районов в отдельности. В целом по Белгородской области ДЭПП составили 4.5 т/га в год, варьируя от 4.0 в Чернянском и Ровеньском до 5.2 т/га в год в Ивнянском районе.

О.В. Спесивым и Ф.Н. Лисецким [34] рассчитаны ДЭПП для Центрально-Черноземного района. Согласно представленной в статье карте, в Белгородской области ДЭПП несколько выше, чем указанные в работе Л.В. Марциневской [28] и достигают значения «более 6.0 т/га в год» в северо-западной части (где находится Белгородская область). Особенность расчетов, проведенных О.В. Спесивым и Ф.Н. Лисецким [34], заключалась в применении бассейнового подхода.

В работе Д.С. Лебедевой [35] необычным образом поставлен вопрос сопряженного анализа темпов смыва почв и прироста гумусовых горизонтов за счет почвообразовательных процессов в пределах целинной катены под естественной растительностью.



В работе С.В. Лукина и соавторов [36] рассмотрено влияние эрозии на черноземы обыкновенные Белгородской области. Авторами проведен сравнительный анализ почв разной степени смывтости по следующим показателям: содержание органического вещества, подвижных форм фосфора, серы, цинка, марганца, обменного калия, рН солевого, валовых содержаний меди, цинка, кадмия, свинца. Авторами установлено, что с увеличением степени эродированности почв снижается их обеспеченность подвижными формами фосфора, обменными формами калия, органическим веществом, а величина рН солевого увеличивается. В более поздней работе П.А. Чекмаревым и С.В. Лукиным [37] подробно рассмотрены данные по мониторингу плодородия пахотных почв Центрально-Черноземных областей России. В работе использованы материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв, проведенного агрохимической службой в Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областях. В пробах почвы определяли: содержание органического вещества, pH_{KCl} , содержание подвижных форм фосфора и калия. Некоторые изменения в свойствах почв связываются авторами с эрозионными процессами. В частности для условий Белгородской области установлено, что величина pH_{KCl} несмытого типичного чернозема составила – 6.3; слабосмытого – 6.4; среднесмытого – 6.7; сильносмытого – 6.8. При этом отмечается, что подщелачивание почв негативно влияет на доступность фосфора для растений.

Перспективы дальнейших исследований

Представленные выше направления исследований эрозии почв в Белгородской области исследованы в разной степени. Некоторые направления освещены достаточно широко, иные в меньшей степени или практически не рассматриваются.

В Белгородской области, на наш взгляд, наибольшее внимание, согласно анализу литературных источников, уделено региональным особенностям распространения ареалов почв, в разной степени подвергшихся смыву. Благодаря масштабным почвенно-мониторинговым исследованиям, проводившимся в период 1950–1980 гг., а также в последние десятилетия благодаря работам, сопряженным с дешифрированием аэрофотоснимков и расчетами по эрозионным моделям, в литературе широко фигурируют данные о процентном соотношении ареалов в разной степени эродированных почв. Установленный тренд увеличения темпов смыва в направлении с запада на юго-восток области фигурирует в большом количестве проанализированных работ. Однако, на наш взгляд, отмечается некоторое однообразное копирование одних и тех же данных предыдущих лет при слабом поступлении новой статистической информации. Тем не менее, новые данные, полученные В.Д. Соловиченко [9], Ф.Н. Лисецким и Л.В. Марциневской [10] свидетельствуют о существенном нарастании площадей ареалов смытых почв, что свидетельствует о необходимости получения новой, «свежей» информации в дальнейшем. Важную роль в получении новых данных могут играть современные методы исследования с применением дистанционного зондирования, ГИС-программ, комплекса методов гео-моделирования и других технологий.

В последние годы достаточно широко проводятся расчеты допустимых эрозионных потерь почв и исследуются процессы влияния эрозионных процессов на почвенные свойства. Как было отмечено ранее, данная тематика представляется очень актуальной и перспективной. Стоит отметить, что данное направление очень многогранно и, несмотря на относительное обилие работ по Белгородской области, все они очень разноплановы - каждым автором применяются собственные подходы к изучению данного вопроса, что несколько затрудняет унификацию получаемых результатов.

Одним из важнейших направлений в изучении эрозии почв является количественная оценка темпов смыва почв. Найденные статьи по данной теме в Белгородской области очень малочисленны в сравнении с другими регионами. Возможно, эти данные представлены в литературе шире, а их поиск затруднен отсутствием в названии или аннотации региональной привязки к Белгородской области. В большинстве найденных работ фигурируют исключительно средние темпы смыва по области, либо по районам. При этом авторами, за редким исключением, не описаны методы, на основании которых были проведены эти расчеты. Очевидно, что данные расчетов темпов смыва, получаемые на основе почвенно-мониторинговых исследований, анализа аэрофотоснимков или эрозионных моделях имеют совершенно разную точность, подробность и даже результат.

Трудно не согласиться с Л.В. Марциневской [26], которая отмечает, что в пределах Белгородской области наряду с эродированными почвами развиты и почвы с маломощными профилями. В географии маломощных почв сохраняется та же закономерность: количество ареалов и их площадь увеличивается с запада на восток Белгородской области, а максимум приходится на юго-восточный район области. Часть площади морфологически неполноразвитых почв (10.6%), имеющих все соответствующие диагностические признаки и выделяемые по ре-

зультатам почвенной съёмки как сильносмытые, накладываются на ареалы изначально мало-мощных почв. Короткопрофильность этих почв зависит не столько от интенсивности проявления эрозионных процессов, сколько от исходных особенностей почвообразования в пределах разно ориентированных склонов с крутизной более 3°.

Кроме этого необходимо отметить описанные в работе Ф.Н. Лисецкого и соавторов [38] трудности выбора эталона, а также различные скорости формирования гумусовых горизонтов склоновых почв по сравнению с почвами, расположенными в автономных ландшафтно-геохимических позициях.

Перечисленные особенности необходимо учитывать при изучении темпов эрозии, в особенности при региональных и внутрирегиональных оценках. Наиболее продуктивным было бы сравнение региональных данных с данными крупномасштабных ключевых исследований, а также многолетних стационарных наблюдений за ежегодным смывом почв. Однако крупномасштабные исследования по изучению темпов смыва, которые удалось обнаружить, единичны, а стационарные многолетние наблюдения найти не удалось вообще.

Проведение крупномасштабных оценок эрозионных потерь почв и стационарных исследований представляется на наш взгляд очень перспективным в Белгородской области, поскольку данные исследования можно проводить комплексно при сопряженном использовании нескольких методов оценок эрозии почв. Такого рода работы могут быть направлены как на уточнение региональных оценок, так и на совершенствование самих методов исследования.

Еще одним направлением исследований является факторный анализ развития эрозионных процессов. Во многих публикациях рассмотрен фактор экспозиции. Всеми исследователями однозначно выявлена приуроченность более высоких темпов смыва, либо ареалов сильносмытых почв к склонам южной экспозиции. В мировой литературе широко известен данный факт. Однако стоит отметить, что большинство проанализированных работ опирается на почвенно-морфологический метод. На наш взгляд, при изучении экспозиционных различий в проявлении эрозионных процессов необходимо очень аккуратное использование почвенно-морфологического метода. Это обусловлено тем, что свойства почв, в том числе мощности гумусовых горизонтов, на склонах разной экспозиции могут отличаться не только в результате воздействия эрозионных процессов, но также в значительной степени определяются природными различиями в интенсивности почвообразовательных процессов. В связи с этим данные об экспозиционных проявлениях эрозионных процессов, на наш взгляд, рекомендуется подтверждать путем сопряженного использования нескольких методов оценок эрозии почв. По остальному перечню факторов развития эрозионных процессов в почвах Белгородской области представленные в литературе данные весьма малочисленны.

Особое внимание хотелось бы обратить на региональные особенности развития эрозии почв в Белгородской области в связи с фактором истории сельскохозяйственного освоения данной территории. В работе Ю.Г. Чендева и соавторов [14] рассмотрены различные этапы деградации геосистем в Белгородской области для различных компонентов ландшафтов. Представляется перспективной дальнейшая проработка аналогичных подходов для изучения эрозионных процессов в почвах Белгородской области.

В заключении следует отметить, что согласно литературным данным, Белгородская область в сильной степени подвержена эрозионным процессам. Этот факт известен, по крайней мере, уже несколько десятилетий. На наш взгляд дальнейшие исследования эрозии почв в регионе, должны проводиться сопряженно различными методами, с акцентом на крупномасштабные исследования и анализ факторов развития эрозионных процессов с учетом региональной специфичности изучаемой территории.

Список литературы

1. Козменко А.С. Борьба с эрозией почвы. – М.: Сельхозгид, 1954. – 232 с.
2. Петина В.И., Гайворонская Н.И., Белоусова Л.И. Эрозионные процессы на территории Белгородской области // Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки». – 2009. – №11 (66). Вып. 9. – С. 109–117.
3. Белоусова Л.И. Региональные особенности развития и распространения экзогенных геоморфологических процессов на территории Белгородской области // Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки». – 2011. – №3 (98). Вып. 14. – С. 186–192.
4. Хрисанов В.А., Бахаева Е.А. Современные геоморфологические процессы на территории Белгородской области и их антропогенная активизация // Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки». – 2011. – №15 (110). Вып. 16. – С. 209–216.
5. Сидорчук А.Ю. Эрозионно-аккумулятивные процессы на Русской равнине и проблемы заиления малых рек // Тр. Академии водохозяйственных наук: Водохозяйственные проблемы русловедения. – М., 1995. – Вып. 1 – С. 74–83.
6. Борьба с эрозией почв в Белгородской области / Под ред. Н.Р. Асыка, Е.Н. Кочергина, А.Д. Зуйченко, И.Н. Лаврухина. – Белгород, 1968. – 72 с.



7. Ахтырцев Б.П., Соловиченко В.Д. Почвенный покров Белгородской области: структура, районирование и рациональное использование. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1984. – 268 с.
8. Кравцов С.В., Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В. Эффективность эколого-ландшафтных систем земледелия в решении почвоохранных задач // Ecology-2006: scientific articles 15th international symposium, Sunny Beach, Bulgaria, 5–9 June 2006. – Bulgaria, 2006. – Pt.1: Information express. – Pp. 79–92.
9. Соловиченко В.Д. Почвенный покров Центрально–Черноземного региона и воспроизводство плодородия почв: Автореф... докт. с.-х. наук. – Белгород, 2011. – 42 с.
10. Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В. Оценка развития линейной эрозии и эродированности почв по результатам аэрофотосъемки // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2009. – №10. – С. 39–43.
11. Здоровцев И.П., Мясоедов С.С. Белгородчине – почвоводоохранную систему земледелия. // Повышение эффективности земледелия и агропромышленного производства Белгородской области: Мат-лы совместного заседания президиума ВАСХНИЛ и президиума Всероссийского отделения ВАСХНИЛ. – М.: Росагропромиздат, 1990. – С. 111–132.
12. Экологические основы земледелия (на примере Белгородской области): Учеб. пособие / Под ред. С.В. Лукина, П.Г. Акулова, В.П. Сушкова. – Белгород: «Отчий край», 2006. – 288 с.
13. Скурятин Н.Ф., Мерецкий С.В. Рациональный способ посева зерновых на эродированных почвах // Материалы конференции «Аграрная наука – сельскому хозяйству. Инновационные технологии в земледелии и растениеводстве, точное земледелие, прямой посев, no–till, ресурсосбережение», Алтайский государственный аграрный университет. – Барнаул, 2011. – С. 459–463.
14. Деградация геосистем Белгородской области в результате хозяйственной деятельности / Ю.Г. Чендев, А.Н. Петин, Е.В. Серикова, Н.Н. Крамчанинов // География и природные ресурсы. – 2008. – №4 – С. 69–75.
15. Иванов В.Д., Кузнецова Е.В. Эрозия и охрана почв Центрального Черноземья России: Учебное пособие. – Воронеж: Изд-во ВГАУ, 2003. – 360 с.
16. Эрозия почв в различных условиях землепользования: оценка методом магнитного трассера / А.Н. Геннадиев, А.П. Жидкин, К.Р. Олсон, В.Л. Качинский // Почвоведение. – 2010. – №9. – С. 1126–1134.
17. Пространственно-временные особенности развития почвенно–эрозионных процессов в лесостепной зоне Восточно–Европейской равнины / В.Н. Голосов, А.Н. Геннадиев, К.Р. Олсон и др. // Почвоведение. – 2011. – №7. – С. 861–869.
18. Литвин Л.Ф. География эрозии почв сельскохозяйственных земель России. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 255 с.
19. Попов В.И. Почвы Белгородской области. – Белгород: Белгородское книжное издание, 1958. – 98 с.
20. Голосов В.Н. Эрозионно–аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. – М.: ГЕОС, 2006. – 296 с.
21. Здоровцев И.П., Дощечкина Г.В. Актуальные вопросы рационального регулирования эрозионно–гидрологических процессов в агроландшафтах Среднерусской возвышенности // Восемнадцатое пленарное межвузовское координационное совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Курск, 2003. – С. 132–133.
22. Герасименко В.А., Рожков А.Г. Выдающийся ливень в ЦЧО и проявление эрозионных процессов // Науч.-техн. Бюл. по проблеме «Защита почв от эрозии». – Курск: ВНИИЗиЗП, 1976. – Вып. 4(11). – С. 13–18.
23. Наконечная М.А., Явтушенко В.Е. Различия экологических условий на склонах южной и северной экспозиции ЦЧО // Почвоведение. – 1988. – №10. – С. 27–36.
24. Кириленко Ж.А. Определение зависимости степени эродированности почв в агроландшафтах от рельефной функции // Структура и морфогенез почвенного покрова в условиях антропогенного воздействия: Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Минск: Издат. центр БГУ. – 2013. – С. 116–119.
25. Тарасова Ю.В. Закономерности распространения сильноосмытых почв на склоновых землях Новооскольского района // Структура и морфогенез почвенного покрова в условиях антропогенного воздействия: Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф.. – Минск: Издат. центр БГУ, 2013. – С. 148–150.
26. Марциневская Л.В. Ландшафтно–экологические обоснование землепользования в условиях проявления водной эрозии почв: Автореф... канд. геогр. н. – Белгород, 2004. – 24 с.
27. Смольянинов В.М., Шмыков В.И. Оценка интенсивности почвенно–эрозионных процессов в Белгородской области: Тез. докл. 4–го совещ. по структуре почвенного покрова. – М., 1976. – С. 180–183.
28. Марциневская Л.В. Определение допустимых эрозионных потерь почвы для уровня административных районов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. Сер. «Географические науки». – 2011. – №10. – С. 10–13.
29. Половинко В.В. Ландшафтно–экологические основы оптимизации землепользования на разных иерархических территориальных уровнях его организации: Автореф. дис... канд. геогр. н. – Белгород, 2010. – 23 с.
30. Чендев Ю.Г., Авраменко П.М., Мащенко Т.И. Микрорегиональная оценка изменений содержания гумуса в пахотных почвах юга Среднерусской лесостепи // Агрохимия. – 1999. – №11. – С. 24–29.
31. Серикова Е.В. Мониторинг содержания органического вещества в пахотных почвах при ландшафтно–экологическом землеустройстве в Центральной лесостепи: Автореф... канд. геогр. н. – Белгород, 2010. – 23 с.
32. Лисецкий Ф.Н. Проблемы эрозионного разрушения и формирования почв: Научный обзор // Современные проблемы науки и образования: Электрон. науч. журн. – 2013. – №2. – С. 1–10.

33. Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А. Ресурсы и эрозионные потери почв // *Фундаментальные исследования*. Сер. «Сельскохозяйственные науки». – 2011. – №4. – С. 59–64.
34. Спесивый О.В., Лисецкий Ф.Н. Оценка интенсивности и нормирование эрозионных потерь в Центрально–Черноземном районе на основе бассейнового подхода // *Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки»*. – 2014. – №10 (181). Вып. 27 – С. 125–132.
35. Лебедева Д.С. Геоморфологические предпосылки формирования почв на эрозионной катене // *Фундаментальные исследования. Географические науки*. – 2013. – №8. – С. 1125–1129.
36. Влияние водной эрозии на основные свойства пахотных почв Белгородской области / С.В. Лукин, О.С. Верютина, Н.И. Корнейко, А.В. Малыгин // *Достижения науки и техники АПК*. – 2008. – №10. – С. 7–8.
37. Чекмарев П.А., Лукин С.В. Мониторинг плодородия пахотных почв Центрально–черноземных областей России // *Агрохимия*. – 2013. – №4. – С. 11–22.
38. Лисецкий Ф.Н., Светличный А.А., Черный С.Г. *Современные проблемы эрозиоведения*. – Белгород: Константа, 2012. – 456 с.

SOIL EROSION IN BELGOROD REGION OF RUSSIA

A.P. Zhidkin¹, Yu.G. Chendev²

¹*Lomonosov Moscow State University,
Leninskie Goru 1, Moscow, 119991,
Russia*

²*Belgorod State National Research
University, 85 Pobedy St, Belgorod,
308015, Russia*

*E-mail: gidkin@mail.ru;
chendev@bsu.edu.ru*

In the paper, based on the literature review, are presented results of soil erosion (sheet erosion) studies in Belgorod region of Russia. The degree of scrutiny of the problem has assessed and main directions of have executed researches were identified. The author opinions on the prospects of some future directions of soil erosion study in this region are presented.

Key words: Sheet runoff, erosion, soil, review, Central forest-steppe, Belgorod oblast.



УДК 528.856:528.936(045)

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ ГОРОДА КИЕВА

**А.В. Мацибора¹, Ф.Н. Лисецкий²,
И.В. Кураева³, Ю.Ю. Войтюк³**

¹ *Институт географии Национальной академии наук, Украина, 01030, г. Киев-30, ул. Владимирская, 44.*

² *Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.*

³ *Институт геохимии, минералогии и рудообразования имени Н.П. Семеновко Национальной академии наук, Украина, 03680, г. Киев-142, пр. Академика Палладина, 34.*

E-mail: rmcf@ukr.net; liset@bsu.edu.ru; yuliasun@mail.ru

Рассмотрены возможности использования геоинформационных систем для создания пространственных баз данных геохимических исследований почвенного покрова урбоэкосистем. Представлены результаты оценки уровня техногенного загрязнения и моделирования пространственного распределения тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Sn) в почвах города Киева. Показано, что наибольшие значения содержания тяжелых металлов характерны для районов с интенсивным промышленным производством.

Ключевые слова: тяжелые металлы, городские почвы, геоинформационные системы, геоинформационное моделирование, пространственная база данных.

Введение

Важной чертой развития человечества на современном этапе является ускорение процесса урбанизации. Постоянно увеличивающиеся площади городских земель и концентрация населения в городах способствуют формированию новых форм взаимодействия в системе «человек–окружающая среда». Урбанизация носит глобальный характер и выступает фактором существенной трансформации географической оболочки, в результате чего развиваются специфические образования – урбоэкосистемы. Повышение роли городов в жизни человечества обуславливает концентрацию ресурсов и их потребителей на относительно небольших участках пространства, что приводит к возникновению диспропорций в балансе использования и восстановления природной среды.

Одним из наиболее чувствительных к антропогенно обусловленным изменениям геокомпонентов являются почвы, которые непосредственно испытывают трансформации физико-химических параметров в результате влияния человеческой деятельности. В результате функционирования объектов промышленности, транспортной инфраструктуры почвенный покров урбанизированных территорий накапливает в аккумулятивных горизонтах химические элементы в количествах, отличных от его природного геохимического фона.

Промышленные отходы, выбрасываемые в окружающую среду, обогащены химическими элементами; а их значительные концентрации, комплексность и вариабельность состава определяют особенности современных технологий. Техногенные аномалии химических элементов в почвенных образованиях являются индикаторами наличия и интенсивности загрязнения атмосферы промышленными выбросами.

Особого внимания требует оценка поступления тяжелых металлов воздушным путем в поверхностные горизонты почв с последующим накоплением и миграцией по профилю. Вопросы изучения пространственного распределения, миграционных особенностей тяжелых металлов в почвах рассмотрены в работах Ю.Н. Водяницкого [1, 2], В.Г. Добровольского [3], Д.В. Ладонина [4], В.Б. Ильина [5] и других авторов. Согласно этим исследованиям установлены природные источники тяжелых металлов в почвах: 1) прямое обогащение металлами из почвообразующей породы; 2) региональное нарушение баланса между химическими элементами; 3) активизация литогенных тяжелых элементов в результате колебания уровня грунтовых вод. Антропогенное загрязнение почв происходит в результате: аэриального выпадения вокруг стационарных или передвижных объектов; поступления тяжелых металлов гидрогенным путем с промышленными сточными водами; создания отвалов золы, шламов, руд непосредственно возле промышленных центров. Комплексный анализ факторов загрязнения позволяет провести оценку степени антропогенной нагрузки на городские почвы.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являются почвы города Киева, урбанизированная территория которого характеризуется высокой степенью антропогенной нагрузки в связи с функционированием значительного количества предприятий и в первую очередь машиностроения, черной и цветной металлургии, химической промышленности, а также легкой и полиграфической. Район исследований характеризуется наличием промышленных предприятий различного профиля, которые в ряде случаев расположены близко друг от друга и образуют промышленные зоны, перемежаемые жилыми кварталами и рекреационными территориями.

Отбор почвенных образцов проводили по регулярной сети ключевых участков с учетом особенностей планирования городской застройки города Киева и функциональной структуры. Обозначенный подход предусматривает исследование почв промышленных зон, территорий отдельных предприятий, жилых массивов и рекреационных объектов, что позволяет составить эколого-геохимическую характеристику почв городской агломерации. В ходе проведения полевых исследований было отобрано 73 образца почв с глубины 5 см на ключевых участках.

С целью определения содержания тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Sn) в почвах урбоэкосистемы Киева применяли спектральный полуколичественный анализ на спектрографе СТЭ-1 и атомно-абсорбционный анализ с использованием прибора КАС-115. Валовое содержание химических элементов сравнивали с фоновым показателем, в качестве которого были приняты параметры почв вне административных границ города Киева. Для всех ключевых участков исследования был рассчитан суммарный коэффициент техногенного загрязнения [6].

На основе полученных результатов лабораторных анализов создана пространственная база данных (ПБД) геохимических исследований. Обработку пространственных данных и моделирование геохимических полей выполняли в рабочей среде настольной геоинформационной системы с открытым исходным кодом QGIS 2.2.0-Valmiera, которая распространяется на условиях GNU General Public License. Построение интерполированных поверхностей распределения тяжелых металлов производили с применением метода обратно-взвешенных расстояний (IDW).

Кроме разработки ПБД и моделирования составлен перечень объектов, которые являются источниками поступления тяжелых металлов в почвы урбоэкосистемы Киева (предприятия промышленности, транспорта, сельскохозяйственного производства). Используя метод оверлея, проанализированы пространственные закономерности распределения концентраций химических элементов по отношению к потенциальным источникам техногенного загрязнения.

Результаты и их обсуждение

В результате проведения полевых работ и лабораторных анализов получен массив данных геохимических исследований, который стал основой формирования ПБД. Структура атрибутивной информации ПБД оптимально организована для целей хранения данных, интерактивного взаимодействия с пользователем и геостатистического моделирования. Учитывая, что ГИС QGIS поддерживает большинство распространенных типов данных и практически не ограничивает набор атрибутов пространственных объектов, их перечень максимально полно описывает почвенно-геохимическую информацию.

Для целей исследования ПБД ключевых участков содержит информацию о географических координатах, населенном пункте и его административных районах, адресную привязку, название ближайшего промышленного объекта, возле которого проводился отбор образцов почв, глубину отбора, а также результаты лабораторных анализов по содержанию тяжелых металлов и суммарный коэффициент техногенного загрязнения (табл. 1).

Таблица 1

Структура атрибутивной информации ПБД геохимических показателей почв (на примере г. Киева)

№	Название поля	Тип поля	Значение (в скобках пример данных)
1	2	3	4
1.	Number	Integer	порядковый номер ключевого участка, на котором проводился отбор почвенных образцов («72»)
2.	X	Real (10.8)	географические координаты («37.479551»)
3.	Y	Real (10.8)	географические координаты («47.168001»)
4.	City	String (254)	название города исследования («Киев»)
5.	District	String (254)	принадлежность ключевого участка к элементу административного деления города – району («Печерский район»)
6.	Address	String (254)	адресная привязка ключевого участка («ул. Владимирская, 44»)



Окончание табл. 1

1	2	3	4
7.	Plant	String (254)	крупный объект промышленного производства, находящийся в непосредственной близости от ключевого участка («ПО Химволокно»)
8.	Depth	Real (3.2)	глубина отбора образца, единицы измерения – метры («0.05»)
9.	<i>Pb</i>	Real (10.2)	содержание тяжелых металлов в почвенных образцах, единицы измерения – мг/кг («400»)
10.	<i>Zn</i>		
11.	<i>Cu</i>		
12.	<i>Cr</i>		
13.	<i>Ni</i>		
14.	<i>Sn</i>		
15.	<i>Zc</i>	Real (10.2)	суммарный коэффициент техногенного загрязнения («28.68»)

Использование обозначенного широкого перечня показателей и характеристик обусловлено необходимостью не только создавать картографические изображения для визуальной оценки геохимической ситуации, но и для эксплуатации самой ПБД, что предусматривает выполнение атрибутивных и пространственных запросов, создание выборок, расчета статистических показателей, установку связей, сортировку, объединение данных.

Уровень техногенного загрязнения тяжелыми металлами почв урбоэкосистемы города Киева оценивался на основе изучения пространственного распределения шести химических элементов, которые относятся к различным классам опасности. Согласно обще токсикологическим нормативам [7] *Pb* и *Zn* относятся к сильноопасным, *Ni*, *Cu*, *Cr* к умеренноопасным и *Sn* – к слабоопасным элементам. Обозначенная градация имеет достаточно условный характер, так как поведение тяжелых металлов в почвах, отличающихся гранулометрическим, минералогическим составом, показателем pH и содержанием органического вещества, может существенно различаться. Но для общей оценки уровня техногенной нагрузки на почвенный покров указанная градация может быть использована в качестве официально утвержденной классификации.

Показатели концентрации *Pb*, *Zn*, *Cu*, *Cr*, *Ni*, *Sn* в почвах города Киева характеризуются широкой амплитудой колебаний значений на отдельно взятых ключевых участках, что можно объяснить их принадлежностью к разным функциональным зонам урбанизированной территории. Для всех исследуемых металлов характерно существенное превышение средних значений над фоновыми (табл. 2).

Таблица 2

Статистические показатели результатов геохимических исследований почв урбоэкосистемы г. Киева (количество определений – 73)

Химический элемент	Содержание, мг/кг			
	max	min	среднее	фоновое
<i>Pb</i>	410.00	2.00	124.00	10
<i>Zn</i>	600.00	103.00	262.55	30
<i>Cu</i>	266.00	50.00	158.00	16
<i>Cr</i>	450.00	7.00	96.70	20
<i>Ni</i>	96.00	3.00	35.86	7
<i>Sn</i>	16.40	2.00	9.20	2

Наличие в массиве данных значений концентрации тяжелых металлов, которые характеризуются более чем двадцатикратным превышением фона, связано с отбором образцов у непосредственной близости к действующим промышленным предприятиям, где в результате длительной техногенной нагрузки верхний горизонт почвы аккумулировал значительное количество загрязнителей. К таким химическим элементам стоит отнести *Pb*, максимальное значение которого в 40 раз превышает аналогичное фоновое значение, *Zn* – в 20 и *Cr* – более чем в 22 раза.

Полученные геохимические данные отражают содержание тяжелых металлов на каждом отдельном ключевом участке, что не позволяет сформулировать выводы о пространственном распределении исследуемых показателей. Для этих целей целесообразно применить геоинформационное моделирование, которое позволяет построить континуальные растровые поверхности на основе набора дискретных данных, используя процедуру пространственной интерполяции.

Среди широкого спектра методов интерполяции был выбран алгоритм обратновзвешенных расстояний (IDW). Использование IDW-интерполяции обуславливается, в первую очередь, возможностью применения в случае, если набор данных имеет неравномерное изме-

нение значений, что особенно актуально для геохимических исследований, так как значения содержания тяжелых металлов на территории промышленных предприятий и рекреационных зон могут существенно различаться. Важной особенностью метода IDW является вычисление промежуточных значений переменной, учитывая показатели близлежащих точек, что исключает влияние факторов, не имеющих пространственных связей с вычисляемым узлом регулярной сети.

Использование процедуры IDW-интерполяции, реализованной в настольной ГИС QGIS, позволило создать картосхемы пространственного распределения *Pb*, *Zn*, *Cu*, *Cr*, *Ni* и *Sn* в почвах урбоэкосистемы Киева. Учитывая необходимость дальнейшей визуальной оценки полученных картографических материалов, отображение интерполированных поверхностей производили с использованием метода количественного фона, согласно которому, интенсивность цвета пропорциональна значению отображаемого параметра, в данном случае концентрации химического элемента. Цветовая шкала была разделена по формальному принципу на шесть одинаковых интервалов, что дает возможность не только сопоставить интенсивность техногенного загрязнения, но и оценить пространственное распределение показателей, значения которых выше среднего. Повысить информативность картосхем позволило применение изолинейного отображения концентрации исследуемого тяжелого металла. В качестве подложки для геохимических данных использовали растровый слой «Google Physical» (рис. 1).

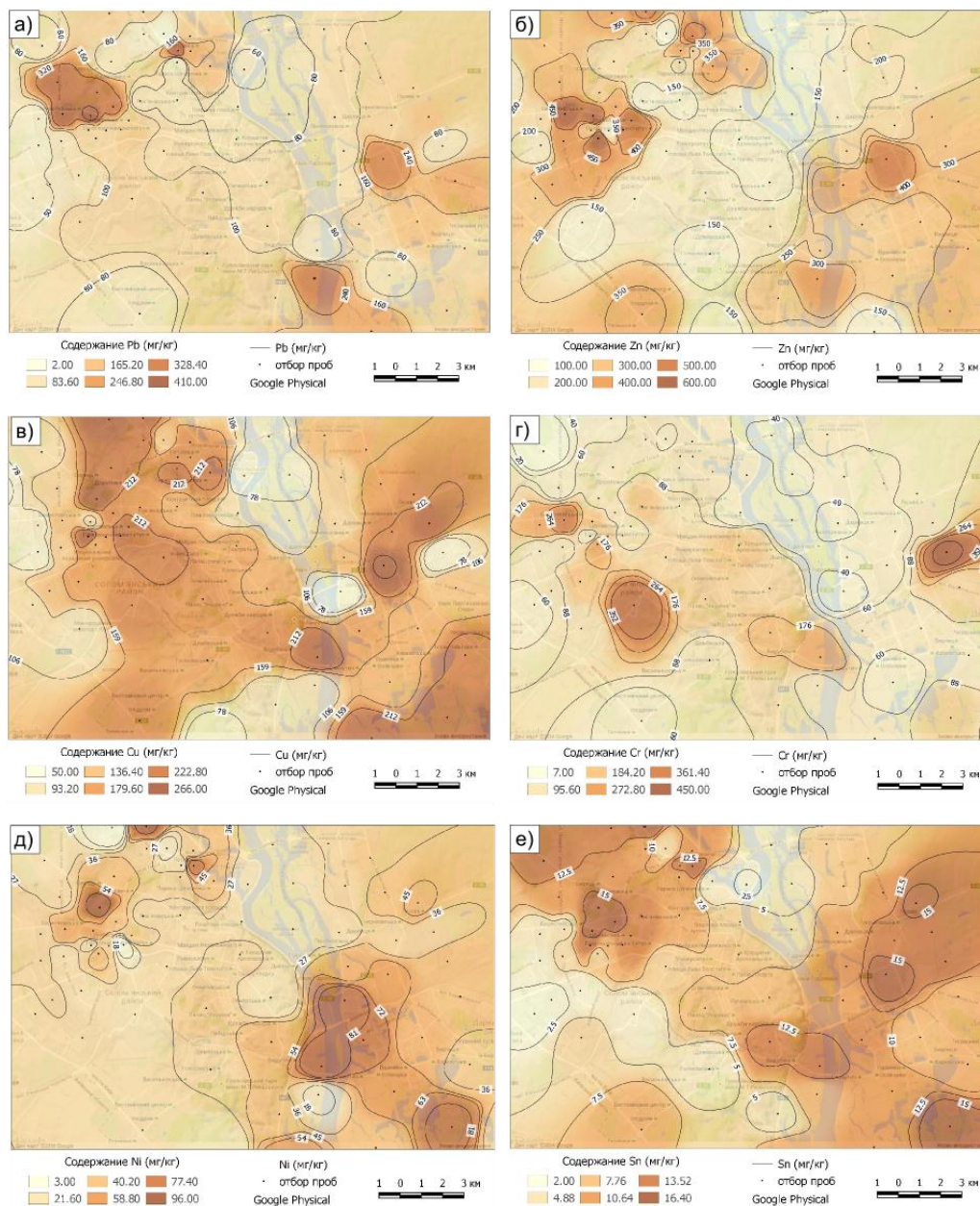


Рис. 1. Пространственное распределение тяжелых металлов в почвах г. Киева: а) *Pb*; б) *Zn*; в) *Cu*; г) *Cr*; д) *Ni*; е) *Sn*

Картосхемы пространственного распределения тяжелых металлов в почвах исследуемой урбоэкосистемы наглядно демонстрируют приуроченность центров повышенной концентрации химических элементов к скоплению объектов промышленного производства.

Изучение пространственного распределения *Pb* (рис. 1, а) позволило установить повышенное содержание данного элемента в северо-западной части города (Шевченковский административный район), где его концентрация достигает 400 мг/кг. Высокие значения обусловлены размещением в данном районе нескольких промышленных объектов на ограниченной площади. Максимальное содержание *Pb* в почвах восточной части Киева составляет 300 мг/кг. В южной части города значения *Pb* достигают 320 мг/кг. К районам с невысоким содержанием *Pb* в почвах (до 40 мг/кг) относится северная часть Киева (Деснянский и часть Днепроовского районов), а также его исторический центр (Печерский, Соломенский и Голосеевский районы).

Пространственное распределение *Zn* (рис. 1, б) в почвах Киева отличается значительной неоднородностью и в общих чертах характеризуется наличием отдельных зон резкого повышения концентрации в северо-западной части города (Оболонский район), где содержание достигает 200–400 мг/кг. Для промышленной зоны западных районов Киева (Шевченковского и Соломенского) данные показатели еще выше – от 350 до 600 мг/кг. Относительное повышение концентрации *Zn* наблюдается в почвах Днепроовского и Дарницкого районов, где максимальные показатели достигают 300–500 мг/кг. Минимальное содержание *Zn* (150 мг/кг) отмечено для Деснянского и Печерского районов.

Содержание *Cu* (рис. 1, в) в почвах на территории Киева варьируется от 60 мг/кг (в Деснянском и Днепроовском районах), до 250 мг/кг (в западной и юго-восточных частях города). Для *Cu* характерной остается общая тенденция повышения концентраций в промышленных районах и резкое уменьшение там, где отсутствуют объекты промышленности, с тем отличием, что большая часть территории агломерация имеет показатели выше средних (160 мг/кг).

Особенный характер пространственного распределения свойственен *Cr* (рис. 1, г). Данный химический элемент не создает больших ареалов с повышенными уровнями содержания, для него характерно наличие отдельных, небольших по площади, участков с концентрацией, которая достигает 250–450 мг/кг в Днепроовском, 200–400 мг/кг в Соломенском и 150–250 мг/кг в Шевченковском районах. Для остальной территории исследования содержания *Cr* не превышает 80–100 мг/кг.

В городских почвах *Ni* распространяется неравномерно (рис. 1, д), для него характерно значительное повышение концентрации в юго-восточной части Киева до 70–90 мг/кг (преимущественно Дарницкий район) и отдельные небольшие ареалы в Шевченковском и Оболонском районах, где уровни содержания составляют 70–80 мг/кг. Минимальное количество *Ni* наблюдается в Соломенском, Печерском и северной части Днепроовского района – до 30 мг/кг.

Пространственное распределение *Sn* (рис. 1, е) характеризуется превышением среднего показателя концентрации (9 мг/кг) на большей части территории Киева, образуя ареалы со значениями выше 12 мг/кг в северо-западной (Подольский, Шевченковский и Оболонский районы), северо-восточной (Деснянский и часть Днепроовского районов) и юго-восточной (Дарницкий район) частях города. Минимальным содержанием отличаются Соломенский и Голосеевский районы – до 5 мг/кг.

Для комплексной оценки техногенного загрязнения почв города Киева использовали суммарный коэффициент (Z_c), рассчитанный по формуле:

$$Z_c = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{C_{\text{фон}}}$$

где Z_c – коэффициент суммарного техногенного загрязнения;
 C_i – концентрация i -го элемента;
 $C_{\text{фон}}$ – фоновая концентрация i -го элемента;
 n – количество исследуемых химических элементов.

При расчете коэффициента Z_c степень токсичности всех химических элементов условно считается одинаковой, а также могут нивелироваться экстремальные показатели отдельных элементов, если остальные не превышают фоновые значения. Известны предложения по совершенствованию использованной схемы расчета, учитывающей различия в токсичности элементов [8]. Несмотря на некоторые ограничения в использовании данного показателя, коэффициент Z_c позволяет оценить суммарное загрязнение почв с учетом значений всех исследуемых тяжелых металлов – *Pb*, *Zn*, *Cu*, *Cr*, *Ni*, *Sn* и в общих чертах отражает степень эколого-геохимической напряженности исследуемой территории (рис. 2).

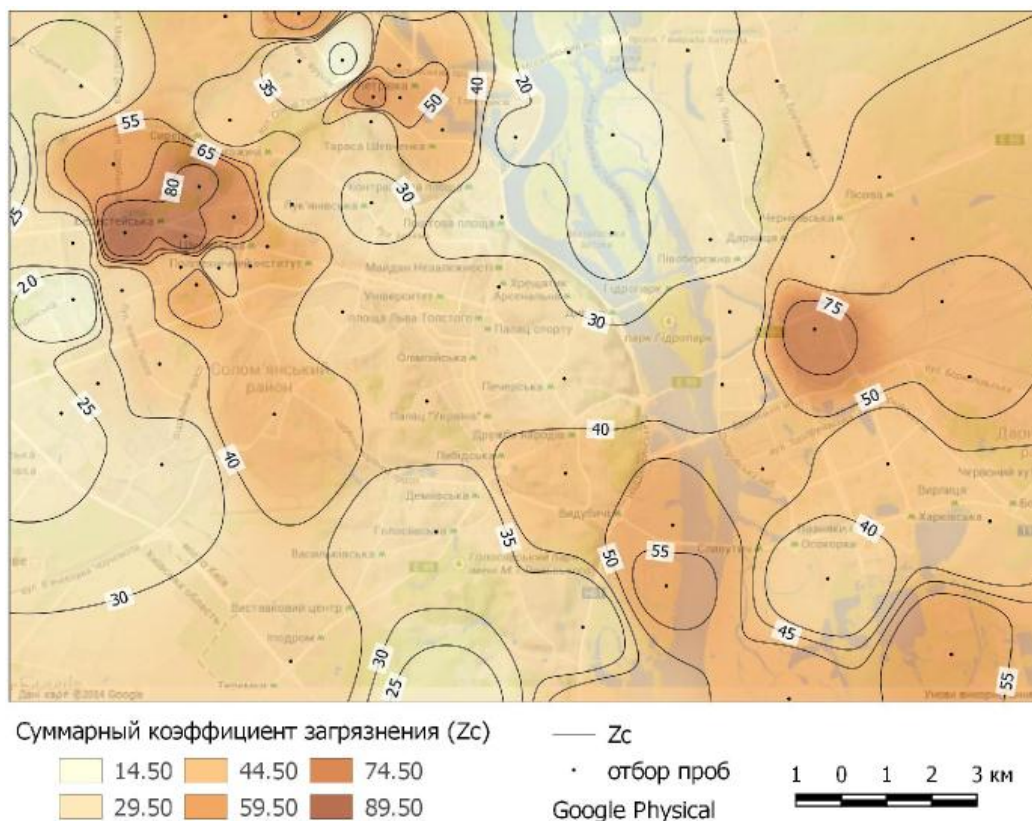


Рис. 2. Пространственное распределение суммарного коэффициента техногенного загрязнения (Z_c) почв на территории Киева

Пространственное распределение суммарного коэффициента техногенного загрязнения почв урбоэкосистемы Киева позволяет выделить районы наиболее загрязненные тяжелыми металлами с позиции их совместного воздействия. Наиболее высокие значения Z_c характерны для северо-западной части города (Шевченковский и Оболонский районы), где данный показатель достигает значений 80-90. Максимальные показатели Z_c , по-видимому, обусловлены размещением в данных районах нескольких промышленных объектов на ограниченной площади, среди которых «6-й Киевский Авторемонтный Завод», ОАО «Киевский авторемонтный завод №1», ПАО «Киевское центральное конструкторское бюро арматуростроения», комбината печати «Украина», Институт сверхтвёрдых материалов НАН Украины, ПАО «Киевский завод реактивов, индикаторов и аналитических препаратов», ЗАО «Полимер». Вторым участком с относительно высокими значениями Z_c является восточная часть Киева (Днепровский район), где коэффициент достигает 50–70. Среди наибольших объектов промышленного производства данного района стоит выделить ООО Киевский лакокрасочный завод «Макрофарб», ОАО «Киевхимволокно», ООО Киевский завод «Вулкан». Повышение Z_c характерно также для южных частей Киева (на границе Дарницкого и Голосеевского районов), где суммарный коэффициент техногенного загрязнения составляет 30–50. Наиболее мощными объектами промышленности в данном районе являются: ОАО «Киевский завод железобетонных изделий №5», Киевский комбинат «Стройиндустрия» и ОАО «Корчеватский комбинат строительных материалов».

Комплексное решение, предполагающее интеграцию цифровых моделей города, полученных растров полей концентраций загрязняющих веществ, карт зонирования территории по экологической комфортности, позволяет выделить зоны особой экологической опасности для населения и разработать предложения по ее снижению [9].

Заключение

Интенсивная техногенная нагрузка на почвенный покров в городах, большая концентрация объектов промышленности вызывает необходимость учета экологического фактора в развитии урбанизированных территорий и применения современных технологических решений для повышения эффективности урбоэкологического мониторинга. Создание пространственных баз данных геохимических показателей городских почв и моделирование средствами

ГИС является эффективным инструментом мониторинга и оценки экологического состояния урбоэкосистем.

Полученные в результате применения ГИС-технологий пространственная база геохимических данных и территориальные модели распределения тяжелых металлов (*Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Sn*) позволили выделить районы города Киева с наиболее высоким техногенным загрязнением почв, а также установить пространственную связь с объектами антропогенной нагрузки, которые могут обуславливать устойчивое развитие техногенных геохимических аномалий.

Работа с пространственными объектами в среде ГИС-приложения QGIS позволяет использовать все преимущества ПБД. Среди которых стоит выделить интерактивность взаимодействия с пользователем, динамичность обновления данных, контроль уровня актуальности информации, возможность формирования выборок и составления отчетов. ПБД в открытом формате можно рассматривать как инструмент разработки, который позволяет интегрировать картографическую функциональность в другие приложения.

Использование серии обзорных картосхем, с применением метода количественного фона, для отображения концентрации химических элементов, дает возможность визуально оценить пространственное распределение геохимических показателей городских почв и сформулировать рекомендации относительно землепользования, нормирования техногенной нагрузки на почвы, экологического состояния городской среды.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 14-35-50080-мол_нр.

Список литературы

1. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2009. – 182 с.
2. Водяницкий Ю.Н., Добровольский В.В. Железистые минералы и тяжелые металлы в почвах – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1998. – 216 с.
3. Добровольский В.В. Роль органического вещества почв в миграции тяжелых металлов // Природа. – 2004. – №7. – С. 35–39.
4. Ладонин Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения // Почвоведение. – 2002. – №6. – С. 682–692.
5. Ильин В.Б. Тяжелые металлы и неметаллы в системе почва-растение – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. – 219 с.
6. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта – М.: Астрель, 1999. – 768 с.
7. ГОСТ 17.4.1.02.-83 Охрана природы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
8. Титова В.И., Дабахов М.В., Дабахова Е.В. Некоторые подходы к экологической оценке загрязнения земельных угодий // Почвоведение. – 2004. – №10. – С. 1264–1267.
9. Лисецкий Ф.Н., Свиридова А.В., Соловьев В.И. Использование геоинформационных технологий для экологического мониторинга городских территорий // Экологические системы и приборы. – 2007. – №8. – С. 12–17.

GIS MODELING OF HEAVY METALS DISTRIBUTION IN SOILS OF KYIV AGGLOMERATION

**A.V. Matsibora¹, F. N. Lisetskii²,
I.V. Kuraieva³, Iu.Iu. Voitiuk³**

¹ Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine, 44 Volodymyrska St, Kyiv-030, 01030, Ukraine

² Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

³ M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation, National Academy of Sciences of Ukraine, 34 Akademik Palladin Ave., Kyiv-142, 03680, Ukraine

E-mail: rmcf@ukr.net;

liset@bsu.edu.ru; yuliasun@mail.ru

The possibilities of geographic information systems usage for creation of spatial database of geochemical information on the soil cover of urboecosystems are considered. The results of estimation of heavy metals (*Pb, Zn, Cu, Cr, Ni, Sn*) pollution in urban soils of Kyiv agglomeration and their spatial distribution are presented. It is shown that the highest value of heavy metals content is typical for the areas with intensive industrial production.

Key words: heavy metals, urban soils, GIS, spatial database, GIS modeling.

УДК 502.504

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМНОЙ МЕТОДОЛОГИИ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ ООПТ «ЧЕРНЯЕВСКИЙ ЛЕС» Г. ПЕРМИ)

**С.А. Двинских¹,
Н.Г. Максимович²,
О.В. Ларченко¹, О.А. Березина²,
А.А. Шайдулина¹**

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15
E-mail: hydrology@psu.ru

² Естественнонаучный институт ПГНИУ, Россия, 614990, г. Пермь, ул. Генкеля, 4

Теоретической основой проведенных исследований является системная методология. Её основные принципы нашли отражение в структурно-функциональной схеме, отражающей структуру и особенности функционирования системы, обладающей высокой степенью сложности. Установлено, что из внешних антропогенных воздействий основное влияние на экологическое состояние изучаемой ООПТ оказывает транспорт, из внутренних – рекреационная нагрузка в сочетании с низкой экологической культурой населения. Количественная характеристика техногенных воздействий и их последствий позволила дать комплексную характеристику экологического состояния изучаемой территории. В основу характеристики положена разработанная методика, которая может быть рекомендована к использованию при реализации подобных проектов.

Ключевые слова: ООПТ, системная методология, структурно-функциональная схема, техногенные нагрузки, экологическое состояние.

Введение

Город Пермь – единственный из больших промышленных центров России, в состав которого входят десятки тысяч гектаров городских лесов. В настоящее время на территории города находится около 38 тыс. га лесов, отнесенных, в соответствии с Лесным Кодексом РФ, к категории городских.

К городским лесам, в соответствии с решением Пермской городской Думы от 22 декабря 2009 г. № 321, относится и второй лесной квартал ООПТ местного значения «Черняевский лес» площадью 0.33 км² (рис. 1), где устанавливается особый режим охраны и использования. Причина этого – «природное и рекреационное значение территории леса». Данная ООПТ считается наиболее сохранившимся в близком к естественному состоянию лесным массивом в черте города Перми [1]. Возникает вопрос, а может ли эта территория и впредь, при всё возрастающей техногенной нагрузке, выполнять свою основную функцию – поддерживать устойчи-

вость системы более емкого уровня или сохранении уникальных сообществ и мест обитания редких и исчезающих видов. На этот вопрос мы и попытались ответить в своей работе.



Рис. 1. Карта-схема территории ООПТ «Черняевский лес» г. Пермь

Объект и методы исследования

Объектом исследований является второй квартал ООПТ «Черняевский лес», отрезанный от основной части массива автомобильной магистралью (см. рис 1). Рельеф равнинный, слегка всхолмленный, с уклонами в северо-западном направлении с преобладающими высотами 120 м.

Гидрографическая сеть на участке изысканий представлена сухим руслом р. Светлушки, сетью сухих логов и западин, заполняемых водой в период весеннего половодья.

Исследуемый объект находится на территории двух крупных промышленных районов города и со всех сторон окружен автомобильными магистралями. Его экологическая обстановка формируется под действием выбросов городских промышленных предприятий и автотранспорта, смыва загрязняющих веществ с прилегающей городской территории.

В основе исследований лежит структурно-функциональная схема, отражающая представления о структуре и особенностях функционирования системы, обладающей высокой степенью сложности (рис. 2). В рамках такой схемы может быть рассмотрено формирование экологической ситуации территории любого масштаба.

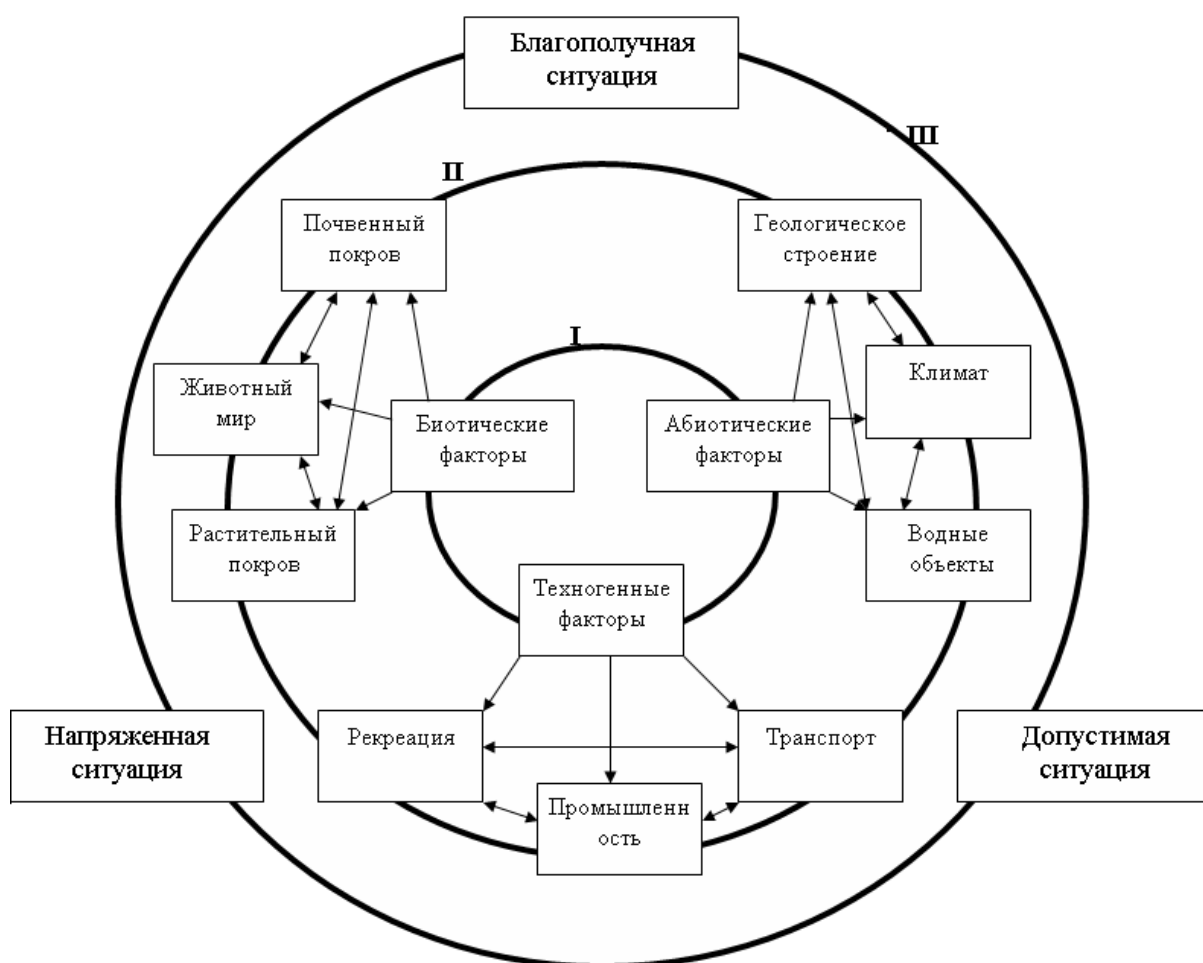


Рис. 2. Структурно-функциональная схема формирования экологической ситуации [2]

Она представляет собой 3 кольцевых иерархических уровня. Самый общий уровень содержит 3 блока: биотический (основной), абиотический (вспомогательный) и техногенный (обеспечивающий), формирующие экологическую ситуацию. Это подсистемы 1 порядка. Среди них абиотические факторы являются системообразующими, техногенные факторы – определяют внешние воздействия, а биотические факторы отражают результат взаимодействия первых двух.

На следующем, втором, уровне каждая из подсистем состоит в свою очередь из 3-х (подсистемы II порядка). Взаимосвязи и отношения их носят более сложный характер. Изучение любого элемента такой сложной системы может являться целью исследования. По нашему

мнению, на этом уровне водный фактор является системообразующим, так как объединяет все компоненты системы в единое целое. В процессе круговорота вещества и энергии водный режим (скоростной, температурный, уровенный и пр.) является транспортным звеном и интегрирующим фактором процессов, которые происходят в природной геосистеме. Изменение водного режима существенно сказывается и на других элементах природного комплекса: изменяется процесс почвообразования и как следствие свойства самих почв, трансформируется видовой состав растительности и формируются новые фитоценозы, видоизменяются водные и наземные природные комплексы. Таким образом, водный режим определяет изменения в системе, а почвы и растительность реагируют, с некоторой инерцией, на эти перемены и отражают их результат.

Третий уровень представляет собой результат взаимодействия составных частей подсистем II порядка – экологическую ситуацию в изучаемой системе (см. рис.2).

Для характеристики экологической ситуации в качестве исходных материалов были взяты результаты химических анализов поверхностных и грунтовых вод, снежного покрова, жидких осадков, атмосферного воздуха; бурения скважин; исследование развитости тропиной сети; шумового, радиационного и электромагнитного воздействия; наблюдения за водным режимом; наблюдения за интенсивностью транспортного потока (2009 и 2013 гг.).

Результаты исследования и их обсуждения

Из абиотических компонентов нами рассмотрены поверхностные и подземные воды, которые являются системообразующими, определяя основу для развития биоты.

Режим поверхностных вод изменился в результате застройки водосборной площади р. Светлушки капитальными зданиями. В настоящее время разрозненные озера и болота в старом русле реки высохли. Сухое русло местами заросло травой и захламлено. Кроме того, долина реки на некоторых участках пересыпана насыпями подъездных дорог к площадкам строительства. Водопроницаемые отверстия нигде не предусмотрены. Средний годовой и минимальный сток реки классифицируется как «исчезающе малый» (менее 1 л/сек), а максимальные расходы дождевых паводков в 4 раза превышают максимальные расходы воды весеннего половодья.

Поверхностный сток р. Светлушки формируется как за счет атмосферных осадков, так и подземных вод. Значительную роль в режиме подземных вод играют условия их формирования. Анализ результатов буровых работ показал, что в пределах территории исследований в самой верхней части разреза в основном распространены песчаные разности грунтов, обеспечивающие возможность их промывания инфильтрационными водами. Гранулометрический состав грунтов различен, отмечено наибольшее содержание фракции размером от 0.10 до 0.25 мм. По данным лабораторных определений коэффициент фильтрации изменяется в пределах 0.02-9.64 м/сут, что подтверждает хорошую проницаемость грунтов. Анализ структуры потока грунтовых вод и данные рекогносцировки показали очень необычную картину, которая говорит о практически полном нарушении естественного режима. Установлено, что глубина залегания грунтовых вод увеличилась. В 2009 г. она составляла 0-2 м, а в настоящее время первый от поверхности водоносный горизонт встречается на глубинах от 1,5 м до 11 м и более. Причинами резкого увеличения глубины залегания грунтовых вод являются: откачка значительных объемов подземных вод при прокладке канализационного коллектора; нарушение поверхностного стока после строительства жилого комплекса и реконструкции улиц на территориях, прилегающих к лесу за счет планировки территории и отвода ливневых вод, а также барражного эффекта, создаваемого фундаментами и коммуникациями.

Расчет защищенности подземных вод показывает, что в пределах исследуемой территории грунтовые воды повсеместно характеризуются I категорией, то есть имеют наименьшую защищенность. Это обусловлено особенностями строением зоны аэрации, которая имеет небольшую мощность и сложена относительно хорошо проницаемыми отложениями. Слабопроницаемые отложения в разрезе часто отсутствуют, или имеют малую мощность (до 1 м). Можно было бы предположить, что в этих условиях подземные воды должны быть загрязнены. Однако результаты наших исследований показывают, что загрязнение грунтовых вод, характерное для урбанизированных территорий, на исследуемой территории незначительно. Но можно отметить элементы, по которым отмечаются наибольшие концентрации: никель (1.6 ПДК), магний (0.25 ПДК), сульфат-ион (0.22 ПДК), азот аммонийный (0.5 ПДК), свинец (0.6 ПДК); железо (0.25 ПДК), марганец (0.21 ПДК). Возможно, отсутствие загрязнения грунтовых вод связано с уменьшением поверхностного стока и увеличением мощности зоны аэрации, играющей защитную функцию.

Таким образом, анализ данных наблюдений за абиотическими составляющими природного комплекса показывает, что за последние 10 лет основной проблемой для исследуемого



участка является наметившаяся устойчивая тенденция к снижению величины поверхностного стока и уровня грунтовых вод.

Техногенные факторы представлены внешними и внутренними воздействиями. К внешним относятся выбросы загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, различные виды физических воздействий (шумовое, радиационное, электромагнитное и пр.), к внутренним – рекреационная нагрузка, представленная тропиной сетью и твердых бытовых отходов (ТБО).

Сводный расчет рассеивания загрязняющих веществ от выбросов промышленных производств и энергетических установок в атмосферном воздухе выполнен с использованием УПРЗА «ЭКОЛОГ-ГОРОД» версии 3.00, фирмы «ИНТЕГРАЛ», реализующей основные зависимости и положения «Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86)». Для проведения расчетов в приземном слое атмосферы использовалась база данных параметров всех стационарных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу [2].

Анализ результатов сводного расчета рассеивания показал, что уровень максимальных приземных концентраций по периметру исследуемого участка Черняевского леса не превышает установленных нормативов качества атмосферного воздуха населенных мест; максимальные приземные концентрации формируются по фенолу – 0.53 ПДК, диоксиду азота – 0.67 ПДК, оксиду углерода – 0.85 ПДК. Точки максимума, рассчитанные программой по узловым сеткам расчетной площадки и изолинии концентраций загрязняющих веществ, превышающих 1 ПДК_{атм.возд} локализованы на территории производственных зон. Концентрации загрязняющих веществ снижаются с удалением от источников загрязнения вглубь лесного массива.

Исследуемый лесной квартал по своему периметру окружен сетью автомагистралей с интенсивным движением автотранспорта. Наблюдения за интенсивностью и структурой транспортных потоков проводились в осенний период 2013 г., в рабочий и выходной дни в 5 точках в утренние, дневные и вечерние часы. Анализ результатов наблюдений показал, что средняя интенсивность транспортных потоков в течение рабочего дня колеблется от 5084 до 188 транспортных единиц в час. В нерабочий день интенсивность движения автотранспорта уменьшается по сравнению с рабочим днем более, чем в 2 раза. В структуре транспортных потоков преобладают легковые автомобили – более 80%, далее – грузовой и общественный транспорт.

С учетом интенсивности транспортных потоков при наихудших условиях (скорости ветра 1.5 и 7 м/с) проведен расчет рассеивания одного из основных загрязнителей атмосферы от автотранспорта – оксида углерода (СО). Анализ полученных результатов свидетельствует, что средние концентрации оксида углерода в рабочие дни на различных расстояниях от полосы движения транспорта выше уровня таковых в выходные дни в среднем в 2-2.2 раза. Максимальные концентрации оксида углерода отмечаются при скорости ветра 1 м/с, при скорости ветра 5 м/с они меньше в 1.6-1.7 раза, при скорости 7 м/с – почти в 2 раза. Наиболее высокие концентрации наблюдаются на расстоянии 10 м от магистралей. Прослеживается четкое снижение уровня загрязнения атмосферного воздуха оксидом углерода в зависимости от интенсивности движения транспорта как в рабочие, так и выходные дни.

Автотранспорт является также основным источником наиболее распространенного и агрессивного антропогенного фактора окружающей среды, влияющего на состояние здоровья населения – городского шума. Замеры шума проводились в соответствии требованиями ГОСТ 23337-78 (СТ СЭВ 2600-80) «Шум, методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий». Анализ результатов показал, что восприятие человеком шума от автотранспорта на изучаемой территории снижается в 2 раза, начиная с 60 м и более от автомагистрали, а на расстоянии 240 м воздействие автотранспортного шума не воспринимается вообще (табл. 1).

Электромагнитная обстановка на исследуемой территории спокойная, превышения предельно-допустимых уровней электромагнитного излучения не установлены; источники радиоактивного загрязнения и радиационные аномалии отсутствуют – радиационный фон характерен для региона в целом.

Следствием рекреационных нагрузок, негативно влияющих на состояние биотических компонентов, является накопление стихийных свалок ТБО. Анализ полученных данных свидетельствует, что распределение источников загрязнения неравномерно как по территориальному положению, так и по общему объему мусорной массы в парке. Распределение мусора носит диффузный характер.

Таблица 1
Эквивалентный ($L_{\text{экв}}$) и максимальный (L_{max}) уровни звука на территории исследуемого квартала (фрагмент)

Точки измерения	Параметры шума, дБА	Расстояние от оси полосы движения автотранспорта в сторону леса, м					Распределение эквивалентного уровня звука на разном расстоянии от дороги (горизонтальной линией выделен уровень шума, соответствующий верхнему пределу ДУ)
		7.5	15	60	120	240	
ул. Локомотивная – ул. Ф.Энгельса	$L_{\text{экв}}$	75	72	70	60.5	53	
	L_{max}	88	86	83	65	57	
	Динамический диапазон измерения уровня звука	35.5	32	25.5	22	15	
	Среднее квадратичное отклонение уровней звука	6.14	5.17	3.53	2.48	2.11	
	$L_{\text{экв}}$	71	69	65.5	60	52	
ул. Подлесная (остановочный комплекс «Парк культуры и отдыха»)	$L_{\text{экв}}$	84	82	78	60.8	55	
	L_{max}	34	31.4	24.2	20.3	14.3	
	Динамический диапазон измерения уровня звука	5.87	5.00	3.14	2.39	2.01	
	Среднее квадратичное отклонение уровней звука						
	$L_{\text{экв}}$						



Протяженность дорожек и тропок в данном квартале Черняевского леса составляет 6,3 км. Наиболее посещаемая населением северная часть леса. Для сравнительной оценки использования населением разных участков леса за условную норму принята средняя величина протяженности тропинок и дорожек в лесу. По кратности превышения условной нормы дана оценка использования населением территории лесного квартала: на уровне средней нагрузки, выше средней, высокой, ниже средней и низкой. Коэффициент рекреационной нагрузки ($K_{\text{троп}}$) колеблется от 6.89 до 2.96. На уровне рекреационной нагрузки выше среднего находится 43.1% территории, на уровне средней – почти 4%, на уровне ниже средней – 43.6% территории, при этом нагрузки нет вообще на 9% территории второго квартала.

Чувствительность ландшафтов к техногенному воздействию оценена на основе расчета коэффициента экологического риска (КЭР) для каждого отдельно взятого лесного выдела и всего квартала в целом. Под экологическим риском следует понимать показатель, отражающий совокупность всех вероятных негативных последствий антропогенной трансформации экосистем, включая антропогенные изменения их структуры и функционирования, снижение ресурсного потенциала и биологического разнообразия территории.

В качестве показателя принят критерий экологического риска (КЭР), который может изменяться от 0 до 1 и рассчитывается на основе сведений о структурно-динамических, ресурсных, функциональных свойствах экосистем, их устойчивости к техногенным воздействиям. Расчет КЭР проведен по методике, разработанной в Институте географии РАН по формуле 1:

$$\text{КЭР} = 0.04N^2 + 0.1E - 0.05(S+R) + 0.16 \quad (1)$$

где N, S, E и R – частные оценки ценности и устойчивости экосистем в баллах; N – природоохранная ценность; E – хозяйственная ценность; S – геохимическая устойчивость; R – биологическая устойчивость.

Расчет показал, что на рассматриваемой территории этот критерий колеблется в широких пределах – от 0.17 до 0.42. К категории природных комплексов с наибольшим экологическим риском отнесены урочища надпойменных террас с глубиной стояния грунтовых вод менее 5 м, на супесях и дерново-подзолистых почвах, светлохвойно-лесные.

Таким образом, анализ техногенных факторов показал, что наиболее существенный вклад в формирование экологической обстановки вносят автотранспорт, ТБО и тропиночная сеть, что находит свое отражение в величине КЭР.

Из биотических компонентов нами изучены лесная растительность и почвенный покров. В пределах изучаемого лесного квартала выделены два основных типа леса – сосняк зеленомошный и ельники травяные. Установлено, что основной лесобразующей породой территории является сосна, занимающая 69.34% площади насаждений, елей осталось крайне мало. На долю насаждений с преобладанием лиственных пород приходится 30.66% обследованной территории. Сопутствующими древесными породами являются береза и тополь. Среди хвойных и лиственных пород преобладают деревья с диаметром стволов менее 30 см. Доля искусственных посадок занимает 40% территории квартала.

Распределение экземпляров сосны (по стволам) по категориям состояния составило: без признаков ослабления – 50%, ослабленные – 39%, сильно ослабленные – 8%, усыхающие – менее 1%, свежий сухостой – 1%, старый сухостой – менее 1%, ветровал – 1%. Основной причиной ослабления сосны на рассматриваемой территории является фитопатогенный гриб сосновая губка (*Phellinus pini* (Thore ex Fr.) Pil.). Признаки заражения сосны стволовыми гнилями имеются у 65 экземпляров деревьев в двух выделах, так же выявлены очаги златки синей сосновой (*Phaenops-Melanophila cyanea* F.). Из лиственных пород наиболее устойчивыми являются насаждения вяза, ивы древовидной клена, ольхи серой, древостой которых не имеет признаков ослабления.

Насаждения тополя также оцениваются как здоровые, реже – как практически здоровые: на долю деревьев без признаков ослабления и ослабленных приходится 90% древостоя. На долю усыхающих деревьев и сухостоя приходится 9% древостоя, еще 1% приходится на долю ветрвала. Санитарное состояние насаждений березы оценено как удовлетворительное, насаждения здоровые, реже – практически здоровые, основными причинами повреждения (ослабления) деревьев является ветровал (2% насаждений). Наихудшими показателями характеризуются насаждения осины. На долю здоровых и практически здоровых насаждений приходится 68% экземпляров, 32% – на долю общего сухостоя и ветрвала.

Основными негативными факторами, влияющими на развитие древесных насаждений, являются: внедрение во флору леса сорных и рудеральных видов и вытеснение аборигенных лесных видов; замена ельников лиственными породами (особенно в зоне высокой рекреационной нагрузки); большое количество валежа, мусора и пней, приводящее к повышению вероят-

ности возгораний: развитие тенденции к смене пород лесной растительности в связи со сменой гидрологического режима; механическое повреждение стволов, приводящее к развитию болезней и вредителей.

На изучаемой территории в пониженных элементах рельефа в результате приноса частиц почвы с окружающих склонов после интенсивных летних ливней сформировались современные породы представленные делювиальными отложениями. Отличительной особенностью этих отложений является хорошо выраженная слоистость. Они представлены бесструктурными суглинками и супесями бурого, серо-бурого, серого цвета. На них сформировались дерновые глеевые и глееватые и дерново-намытые почвы.

По химическому загрязнению почвы относятся к категории «допустимая» (величина суммарного показателя загрязнения Z_c менее 16).

Состояние биотических компонентов в природно-техногенных системах согласно структурно-функциональной схеме (см. рис. 1) является результатом взаимодействия техногенных воздействий и абиотических компонентов, что доказывается комплексной оценкой экологического состояния (КЭС) второго квартала Черняевского леса. КЭС здесь может характеризоваться как благополучное, допустимое и напряженное. Благополучное – функционирование системы соответствует естественному; допустимое – функционирование отлично от естественного, но при проведении необходимых природоохранных мероприятий или снятия техногенных нагрузок почвенно-растительные функции будут соответствовать естественным или близки к ним. Напряженное – функционирование системы в основном определяется внешними воздействиями и не может вернуться к естественному. Для характеристики КЭС использованы разработанные нами критерии, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Частные составляющие экологического состояния территории и критерии их оценки

№	Частные составляющие экологического состояния	Оценка составляющих экологического состояния, баллы
1	Распределение среднего по выделу значения CO	Ниже ПДК с.с. – 1 балл На уровне ПДКс.с – 2 балла Выше ПДКс.с. – 3 балла (ПДКс.с.=3,0 мг/м ³)
2	Распределение эквивалентных уровней шума ($L_{АэКв}$) на территории квартала	На уровне допустимого – 1 балл Выше допустимого уровня – 2 балла (допустимый уровень ДУ=45-55 дБА)
3	Распределение гамма фона по территории	Значения гамма фона. кЗв/час 0.026-0.100 – 1 балл 0.101-0.138 – 2 балла 0.139-0.194 – 3 балла
4	Оценка рекреационной нагрузки территории леса по степени развитости тропинойной сети	Ниже средней нагрузки – 1 балл Средняя нагрузка – 2 балла Выше средней нагрузки – 3 балла
5	Оценка загрязнения ТБО	мусор отсутствует – 0 баллов диффузное распространение мусора до 2 м ³ /га – 1 балл от диффузного распространения мусора до площадок объемом до 5 м ³ /га – 2 балла площадки под мусором составляют от 10 до 20 м ³ /га – 3 балла
6	Суммарное содержание загрязняющих веществ в пределах выделов по индексу загрязнения снега (ИЗС), $ИЗС = (\sum(C_i/C_{\phi})) / n,$ где C_i – концентрация i -компонента, мг/дм ³ ; C_{ϕ} – фоновая концентрация i -компонента, мг/дм ³ ; n – количество компонентов	ИЗС менее 1 – 0 баллов ИЗС=1 – 1 балл ИЗС=1-2 – 2 балла ИЗС более 2 – 3 балла
7	Уровень залегания грунтовых вод, м	Менее 2 м – 0 баллов 2-5 м – 1 балл 5.1-7.5 – 2 балла более 7.5 – 3 балла
8	Коэффициент экологического риска	Значение коэффициента экологического риска: Низкий – менее 0.31 – 1 балл Ниже среднего 0.32–0.41 – 2 балла Средний – 0.42–0.51 – 3 балла

В результате проведенной работы получен большой объем информации по отдельным составляющим экологического состояния изучаемой территории. Для ее обработки нами применены методы математической статистики. Статистическая сводка включает в себя следующие элементы: выбор группировочных признаков; распределение данных на части (группы); расчет итоговых групповых данных с помощью системы статистических показателей; систематизация полученных результатов.

Для определения числа групп использована формула Стерджесса [3]:

$$k = 1 + 3.322 \lg N, \quad (2)$$

где k – число групп, N – число единиц совокупности.

Величина интервала (шаг) определяется по формуле 3 [3]:

$$h = (x_{\max} - x_{\min}) / k, \quad (3)$$

где x_{\max} , x_{\min} – максимальное и минимальное значение признака в совокупности; k – число групп.

По полученным данным построена гистограмма распределения комплексного показателя экологического состояния изучаемой территории (рис. 3).

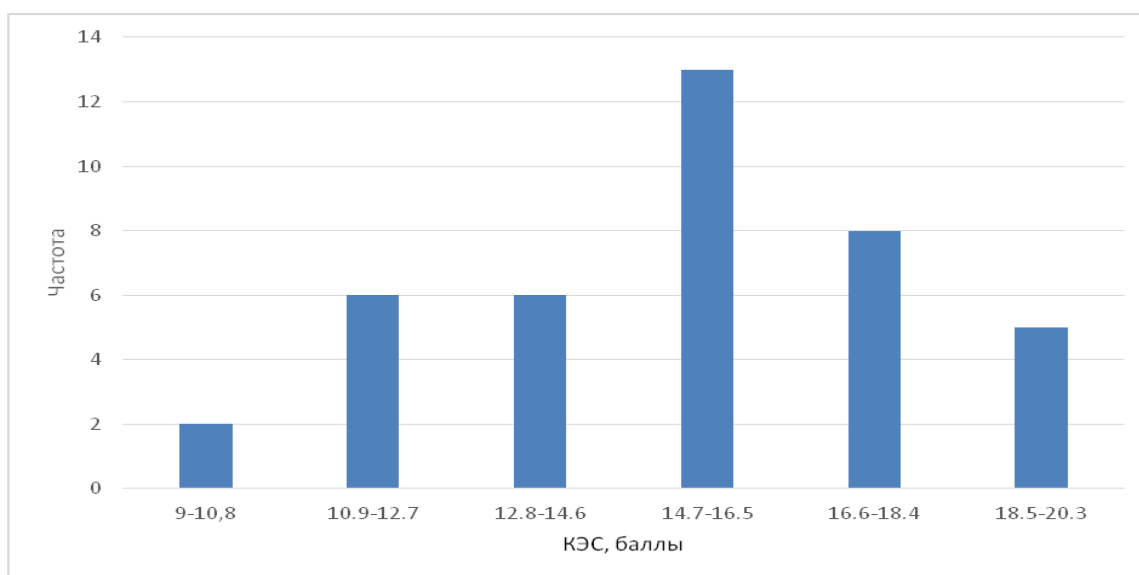


Рис. 3. Распределение КЭС в пределах изучаемой территории (в баллах)

Наиболее устойчивой характеристикой вариационного ряда является его среднее значение. А так как понятия «допустимая экологическая ситуация» не существует, то ее оценка произведена относительно этого среднего значения, которое нами определялось как «допустимая ЭС». Значения интервалов ниже средних характеризуют ЭС как благополучную, а выше средних – как напряженную. Исходя из этого допущения, дана комплексная оценка экологического состояния изучаемой территории (табл. 3, рис. 4).

Таблица 3

Комплексная экологическая ситуация 2 квартала Черняевского леса

Интервалы	Количество выделов в интервале (частота)	Экологическая ситуация	Экологическая ситуация в баллах
9-14.6	14	Благополучная ЭС	1
14.7-16.5	13	Допустимая ЭС	2
более 16.6	13	Напряженная ЭС	3

Заключение

Использование структурно-функциональной схемы показало, что состояние биотических компонентов в природно-техногенных системах отражает взаимодействие техногенных нагрузок и абиотических компонентов.

В пределах изучаемого квартала Черняевского леса произошли значительные изменения водного режима за счет уменьшения поверхностного стока (минимальный сток уменьшился практически до 0), понижения уровня залегания подземных вод (в некоторых местах до 5-10

м), значительных рекреационных нагрузок (интенсивное развитие тропиной сети и большое количество ТБО). Это привело к нарушению почвенно-растительных условий.



Рис. 4. Зонирование участка по результатам комплексной оценки экологической ситуации 2 квартала ООПТ "Черняевский лес"

Согласно нашим исследованиям 2009 г. экосистемы исследуемой территории имели среднюю и высокую природоохранную ценность, выполняя стокорегулирующую, климатообразующую и климаторегулирующую, а также ландшафтно-стабилизирующую функции. Постоянно увеличивающиеся как внешние, так и внутренние техногенные нагрузки (особенно полное изменение водного режима территории) привели к частичной, а порой и полной утрате природозащитных функций. Гарантировать сохранение существующей в настоящее время экологической обстановки при возрастании техногенных нагрузок вряд ли возможно.

Формирующаяся экологическая обстановка второго квартала ООПТ «Черняевский лес» в будущем может ухудшиться, что следует из закона перехода количественных изменений в качественные посредством скачка. Это подтверждается тем, что данная изучаемая геосистема является не природной, а природно-техногенной системой, так как в её функционировании и развитии большая роль предлежит техногенным факторам.

Список литературы

1. Особо охраняемые природные территории г.Перми: монография / Бузмаков С.А. и др.; под ред. С.А. Бузмакова и Г.А. Воронова; Перм.гос.ун-т. – Пермь, 2011. 204 с.
2. Двинских С.А., Максимович Н.Г., Малеев К.И., Ларченко О.В. Экология лесопарковой зоны города / под общ. ред. С.А. Двинских. – СПб: Наука, 2011. – 154 с.

APPLICATION OF SYSTEM METHODOLOGY TO THE ASSESMENT OF THE ENVIRONMENTAL CONDITION OF PROTECTED AREAS (THE CASE OF "CHERNYAEVSKY FOREST" PROTECTED AREA IN PERM, RUSSIA)

**S.A. Dvinskikh¹,
N.G. Maximovich²,
O.V. Larchenko¹, O.A. Berezina²,
A.A. Shaidulina¹**

¹ Perm State National Research University, 15 Bukirev St, Perm, 614990, Russia

² Institute of Natural Science of Perm State National Research University, 4 Genkel St, Perm, 614990, Russia

System methodology is the theoretical footing of the conducted research. Its main principles are shown in a structure-functional scheme, reflecting the structure and peculiarities of the system functioning when the system possesses a high degree of complexity. It has been estimated that among external effects transport has the main influence on the environment of the investigated protected area, whereas recreational load combined with a low ecological culture of the population are among internal factors. The quantitative characteristics of technogeneus effects and their consequences make it possible to present a complex description of the environmental condition of the investigated area. The developed approach recommended for the similar projects realization is the footing of the above-mentioned description.

Key words: protected areas, system methodology, structure-functional scheme, technogeneus loads, environmental condition.



УДК 551.577.21(571.61/.64)

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА ЛЕТНИХ ОСАДКОВ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ**Т.Е. Данова¹, Е.А. Григорьева²,
А.С. Густенко¹**¹ *Одесский государственный экологический университет, Украина, 65016, г. Одесса,**ул. Львовская, 15*² *Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Россия, 679016, Биробиджан,**ул. Шолом-Алейхема, 4**E-mail: danova8@mail.ru;**eagrigror@yandex.ru*

Представлена современная динамика количества летних осадков на юге Дальнего Востока России. Показан вклад летних осадков в их годовое количество и определена территория максимального распространения. Выявленные зоны максимальных значений осадков хорошо иллюстрируют характерные для региона траектории перемещения насыщенного влагой воздуха. Показано увеличение количества летних осадков в последнее десятилетие по сравнению с предыдущим.

Ключевые слова: количество летних осадков, динамика, статистические характеристики, юг Дальнего Востока России.

Постановка проблемы и ее актуальность

Режим атмосферных осадков является одной из важнейших характеристик природно-климатических особенностей любого региона. Осадки являются главным элементом в формировании водного баланса территории; определяют увлажнение почвы и количество доступной для растений влаги, влияют на урожайность сельскохозяйственных культур. Знание динамики выпадения осадков необходимо для устойчивого развития многих отраслей экономики: гидроэнергетики, строительства, транспорта, сельскохозяйственного производства, лесного хозяйства, рекреации и курортологии.

Югу Дальнего Востока России «свойствен континентальный климат с муссонными чертами» [1] с азональным распределением областей муссонов и муссонных тенденций [2-5]. Это отражается в характерной для региона большой межгодовой и межсезонной изменчивости в режиме атмосферных осадков. Большинство исследователей полагают, что дальневосточный муссон имеет циклоническую природу [1, 2, 4, 6]. Считается, что муссоны наблюдаются в районах с достаточной устойчивостью и сезонностью в проявлении областей низкого и высокого атмосферного давления и обусловлены расположением и взаимодействием циклонов и антициклонов [2, 4, 6]. В то же время, наличие термических различий между Азиатским континентом и Тихим океаном обуславливает формирование в тропосфере устойчивых меридиональных потоков, возмущающих господствующий в умеренных широтах западно-восточный перенос. Неоднородность в нагревании суши и моря определяет особенности циркуляции – наличие устойчивых воздушных течений сезонного характера – муссонов [2, 6-8].

Муссон часто рассматривается как замкнутая циркуляционная ячейка большого масштаба. Нижняя его часть проявляется в виде азонального приземного потока, который сопровождается на высотах противоположным течением антимуссоном [2, 8]. Азиатско-австралийский муссон является наиболее интенсивным из всех известных муссонных воздушных течений. В северном полушарии зимой образуется сибирский антициклон, который охватывает большие пространства Азиатского континента, сильное радиационное выхолаживание способствует существованию этого антициклона в течение всех месяцев зимы. Из области антициклона происходит отток холодного воздуха через Китай, Японию на юг и юго-восток. Потоки воздуха, которые имеют направление на юг, пересекают экватор между западной частью Тихого океана и западной акваторией Индийского океана.

Структура летнего азиатско-австралийского муссона значительно сложнее, что заключается в наличии многочисленных впадин, сдвигов ветра, линий конвергенции и дивергенции. Потоки воздуха южного полушария, пересекающего экватор, наблюдаются между западными акваториями Индийского и западными акваториями Тихого океанов. Общий муссонный поток между этими циркуляционными объектами можно разделить на четыре муссонных субобразования: 1 – южно-азиатская муссонная система, располагающаяся над Аравийским морем и Индией; 2 – юго-восточная азиатская муссонная система, которая охватывает пространство от Бенгальского залива до Индокитая и Южно-китайского моря; 3 – восточно-азиатская муссонная система, состоящая из муссонных явлений над севером Южно-китайского моря, Восточ-

ным Китаем, Корейским полуостровом и Японией; 4 – тибетская муссонная система, наблюдающаяся на запад от линии дивергенции, которая располагается вдоль 110° в. д. [9-11].

Нас интересует третья восточно-азиатская муссонная система, являющаяся климатообразующим фактором для территории юга Дальнего Востока России, которая характеризуется умеренным муссонным климатом с теплым влажным летом и сухой холодной зимой. Отличительной особенностью является изменение климатических условий не только в широтном, но и в долготном направлении, что объясняется наличием горных хребтов, вытянутых преимущественно с юго-запада на северо-восток [1].

Воздух летнего азиатского муссона, который приходит на сушу, содержит много влаги, в основном с ним связаны длительные и обильные осадки на рассматриваемой территории. Выпадение осадков обусловлено здесь в первую очередь наличием характерных для муссонных областей активных фронтально-циклонических процессов. Это прежде всего адвекция теплого и влажного воздуха: континентального субтропического из центральных частей Китая и Монголии и морского субтропического с акваторий Желтого и Восточно-Китайского морей и западной части Тихого океана [4, 7, 12].

Надо иметь в виду, что для образования осадков необходимо не только большое влагосодержание воздуха, но и интенсивное развитие процессов, приводящих к конденсации водяного пара. К ним относятся термическая конвекция, которая усиливается орографическими восходящими потоками, образующимися за счет поднятия воздуха вдоль склонов субмеридионально вытянутых горных хребтов, а также втягивание влажного воздуха в систему циклонической циркуляции. Для формирования атмосферных осадков на юге Дальнего Востока важное значение имеет также развивающаяся над Охотским и Японским морями атмосферная циркуляция, но ее влияние ограничено прежде всего прибрежной линией горных хребтов Сихотелинь, Ям-Алинь и Джугджур [4, 7]. Кроме рассмотренных процессов, во второй половине лета на изучаемую территорию влияют тайфуны, перемещающиеся во внетропических широтах с юго-востока и юга по траекториям южных циклонов и приносящие сюда обильные осадки [4, 12].

Цель работы заключается в выявлении особенностей динамики режима летних осадков в приземном слое атмосферы на юге Дальнего Востока во второй половине 20 – начале 21 вв.

Объекты и методы исследования



При подготовке работы использовались данные наблюдений сети 48 гидрометеорологических станций (ГМС) (рис. 1) за количеством осадков на территории Хабаровского и Приморского краев, Амурской и Еврейской автономной областей за период 1966–2011 гг. В расчетах задействованы базы Мирowego центра данных (www.meteo.ru) [13].

Для выявления пространственно-временных закономерностей в неоднородности режима атмосферных осадков в летний период в исследованном регионе использовалась методика визуализации данных, полученных при статистической обработке исследуемого материала. Данные каждой ГМС были подвергнуты статистической обработке; результаты расчетов – максимальные значения, средние значения, коэффициенты асимметрии, эксцесса – были использованы для построения карт.

Рис. 1. Юг Дальнего Востока России



Кроме того, для выявления особенностей временной изменчивости летнего количества осадков в исследуемом регионе были рассчитаны отклонения их среднего значения за каждое десятилетие от многолетнего среднего значения за период наблюдений с 1966 по 2011 гг.

Результаты и их обсуждение

Учитывая, что исследуемый регион находится под воздействием восточно-азиатской муссонной системы, с которой связаны сильные осадки в теплый сезон года, определим территорию, которая подвергается максимальному действию этих осадков. Для этого рассчитаем вклад летних осадков (%) в их годовое количество и проведем анализ пространственно-временного распределения. Весь период наблюдения был разделен на десятилетние фазы, начиная с 2011 г. в обратном отсчете, из которых только 1966–1971 гг. является шестилетней, а остальные – десятилетние; за лето считались календарные месяцы с июня по август.

Результаты расчетов представлены в виде полей распределения части летних осадков (%) по отношению к суммарному их количеству за год (рис. 2). Общая тенденция на протяжении 46-летнего периода практически не изменяется. На территории Тихоокеанского побережья часть летних осадков составляет несколько больше, чем 35% от всех осадков за год. Здесь влияние на годовую динамику осадков оказывают многочисленные южные циклоны, выходящие со стороны дальневосточных морей в зимний период [1, 4, 12].

Район Российско-Китайской границы, представленной р. Амур, характеризуется максимальной долей летних осадков – 60%. Как известно, граничащая с рекою Амур территория является зоной ежегодных летних паводков, некоторые случаи которых классифицируются как катастрофические. Таким образом, условия образования паводковых ситуаций напрямую зависят от количества летних осадков.

Заметим, что на протяжении исследуемого периода размер территории, ограниченной изолинией 60%, значительно меняется. Максимальная территория с долей летних осадков 60% наблюдается в период 1982–2001 гг.

Представленный анализ показал динамику пространственно-временного распределения доли летних осадков и позволил выявить зону максимумов в приграничном районе. Такое расположение зоны максимумов, кроме особенностей крупномасштабных потоков и орographic характеристик региона, может быть обусловлено влиянием загрязнения воздуха, а также пыльных и песчаных бурь на условия осадкообразования. Сегодня в странах, подверженных влиянию азиатского муссона, необходимо рассматривать процессы осадкообразования, учитывая влияние аэрозолей различного происхождения [14]. Поглощающие аэрозоли могут нагревать атмосферу и вызвать восходящее движение, усиливать конвергенцию влаги на нижнем уровне и тем самым увеличивать количество осадков. Авторами работы [14], представленной в бюллетене ВМО отмечено, что устойчивое накопление поглощающих аэрозолей начинается в апреле-мае перед муссонными дождями. Кроме того, аэрозоли могут увеличивать концентрацию ядер конденсации облаков (CCN); при наличии более влажного и теплого воздуха пониженные скорости слияния и столкновения могут привести к переохлаждению капель на более высоких уровнях, откуда выпадают осадки в виде льда с последующим таянием. Выделение скрытого тепла в загрязненных облаках и активизирует глубокую конвекцию [15]. Таким образом, в исследуемом регионе Дальнего Востока, подверженного влиянию муссона, для которого также характерен перенос загрязненного воздуха с юго-запада, аэрозоли могут увеличивать локальную конвекцию [16].

Анализ пространственного распределения статистических характеристик показал характерные для исследуемого региона зоны максимумов и минимумов. Поле средних значений характеризуется максимальными величинами на ст. Аян (401.7 мм) (рис. 3, а). Также появляются две зоны экстремумов в приграничном с Китаем районе, объединенные в большую зону максимальных значений осадков с выраженным потоком южного направления (рис. 3, а). Выявленные зоны экстремумов хорошо иллюстрируют характерные для региона траектории перемещения насыщенного влагой воздуха [3, 5].

Пространственно-временное распределение максимальных значений количества летних осадков в регионе характеризуется ярко выраженным экстремумом в районе ГМС Аян – 1131.9 мм в 1981 г. (рис. 3, б). Уточним, что поле максимальных значений формировалось из выборки максимумов для всех станций за весь период наблюдений.

Пространственно-временное распределение коэффициентов асимметрии для поля осадков в районе исследования характеризуется положительными значениями (правосторонней асимметрией), что свидетельствует об уменьшении количества осадков в целом за исследованный период. Зона максимальных положительных значений коэффициентов асимметрии фиксируется в районе ГМС Советская Гавань (1.99) (рис. 3, в).

В то же время, выявляется небольшая территория с отрицательным коэффициентом асимметрии с центром в Среднем Приамурье, что говорит о наличии некоторой локальной тенденции к увеличению осадков. При анализе пространственного распределения осадков, которые для данной местности не являются редким явлением, то есть не подчиняются закону распределения Пуассона, отрицательное значение коэффициента асимметрии может свидетельствовать о росте анализируемых величин.

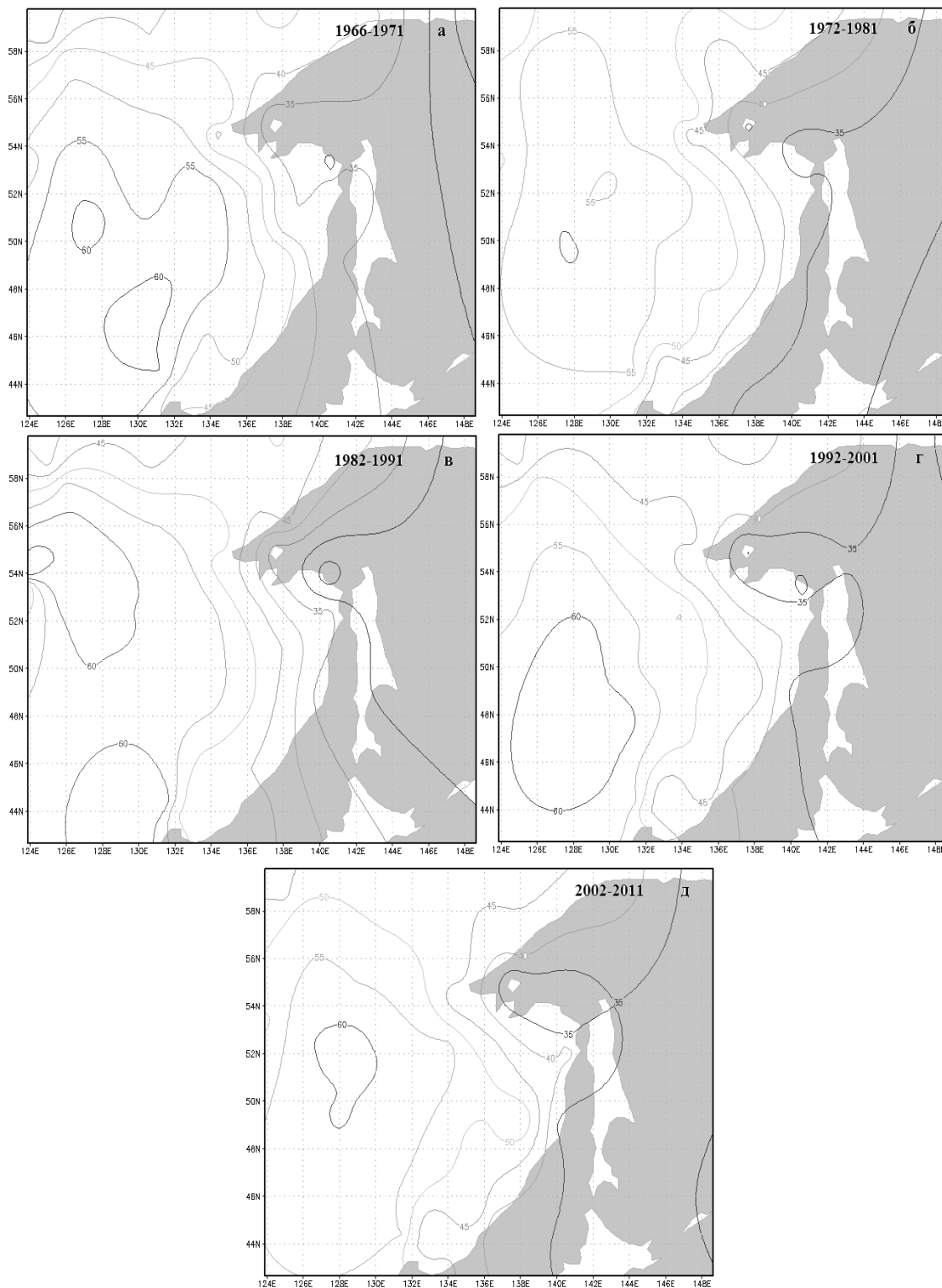


Рис. 2. Доля летних осадков в их годовом количестве, юг Дальнего Востока России (%): а) 1966–1971 гг.; б) 1972–1981 гг.; в) 1982–1991 гг.; г) 1992–2001 гг.; д) 2002–2011 гг.

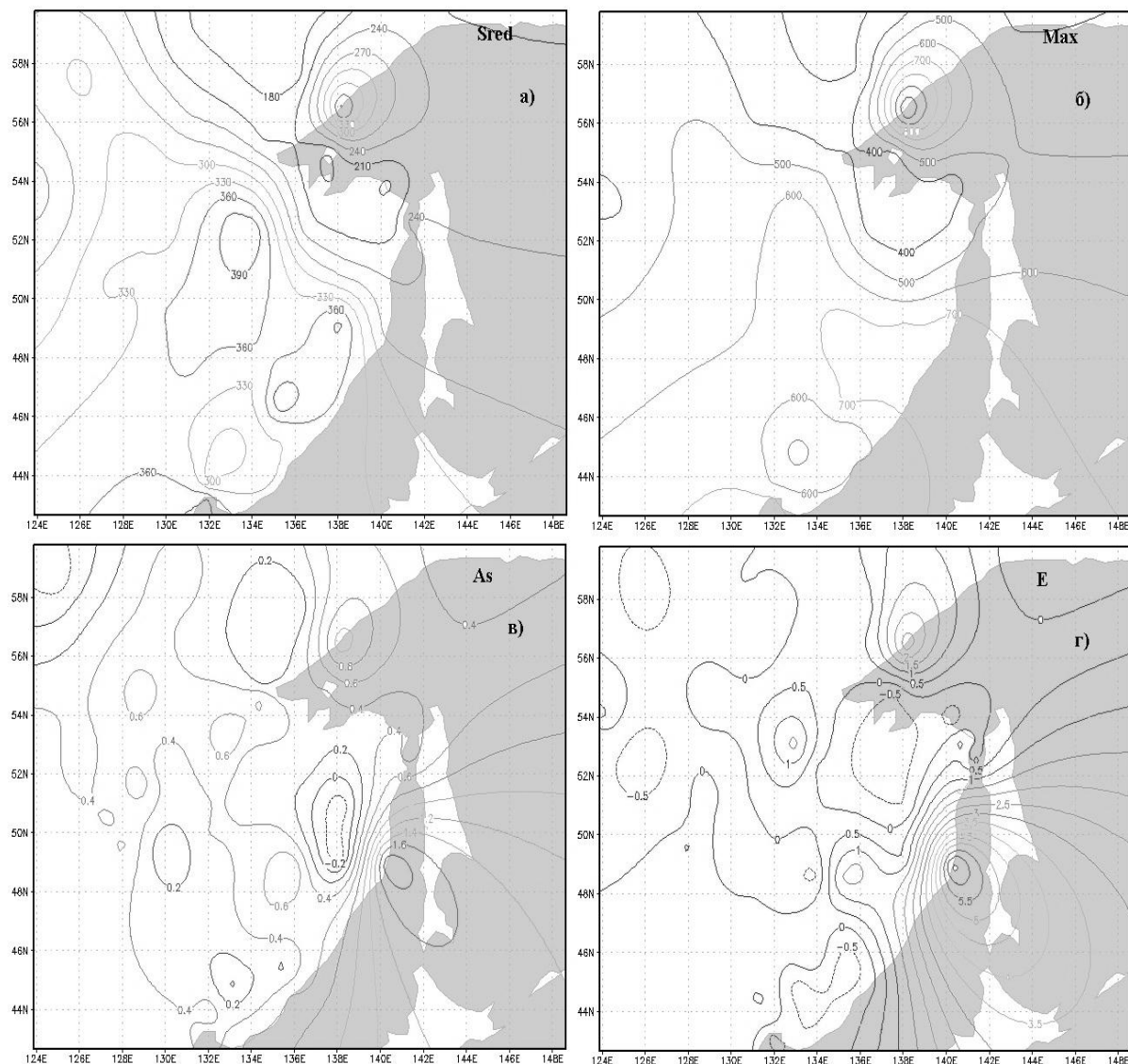


Рис. 3. Пространственное распределение статистических величин количества летних осадков на юге Дальнего Востока России: а) средние значения б) максимальные значения; в) коэффициент асимметрии; г) коэффициент эксцесса

Известно, что кривая распределения может быть нормальной, вытянутой или сплюснутой, мерой чего является коэффициент эксцесса. В целом анализ показал, что преобладает вытянутая кривая распределения, свидетельствующая о малом интервале, в котором происходит изменение количества осадков в регионе. Практически весь регион характеризуется полем либо положительных, либо нулевых значений коэффициентов эксцесса, что является показателем устойчивости количественных характеристик осадков (рис. 3, г).

Для анализа многолетних изменений количества летних осадков были рассчитаны аномалии, для чего использованы отклонения их среднего количества на данной станции за каждое десятилетие от многолетней средней величины, рассчитанной для периода наблюдений 1966–2011 гг. В результате расчетов получены аномалии для каждого десятилетнего периода, начиная с 2011 гг. в обратном отсчете. Полученные значения аномалий количества осадков для каждой станции региона были визуализированы. Анализ пространственного распределения аномалий (рис. 4) показывает изменение в расположении зон максимумов и минимумов для пяти периодов с 1966 по 2011 гг.

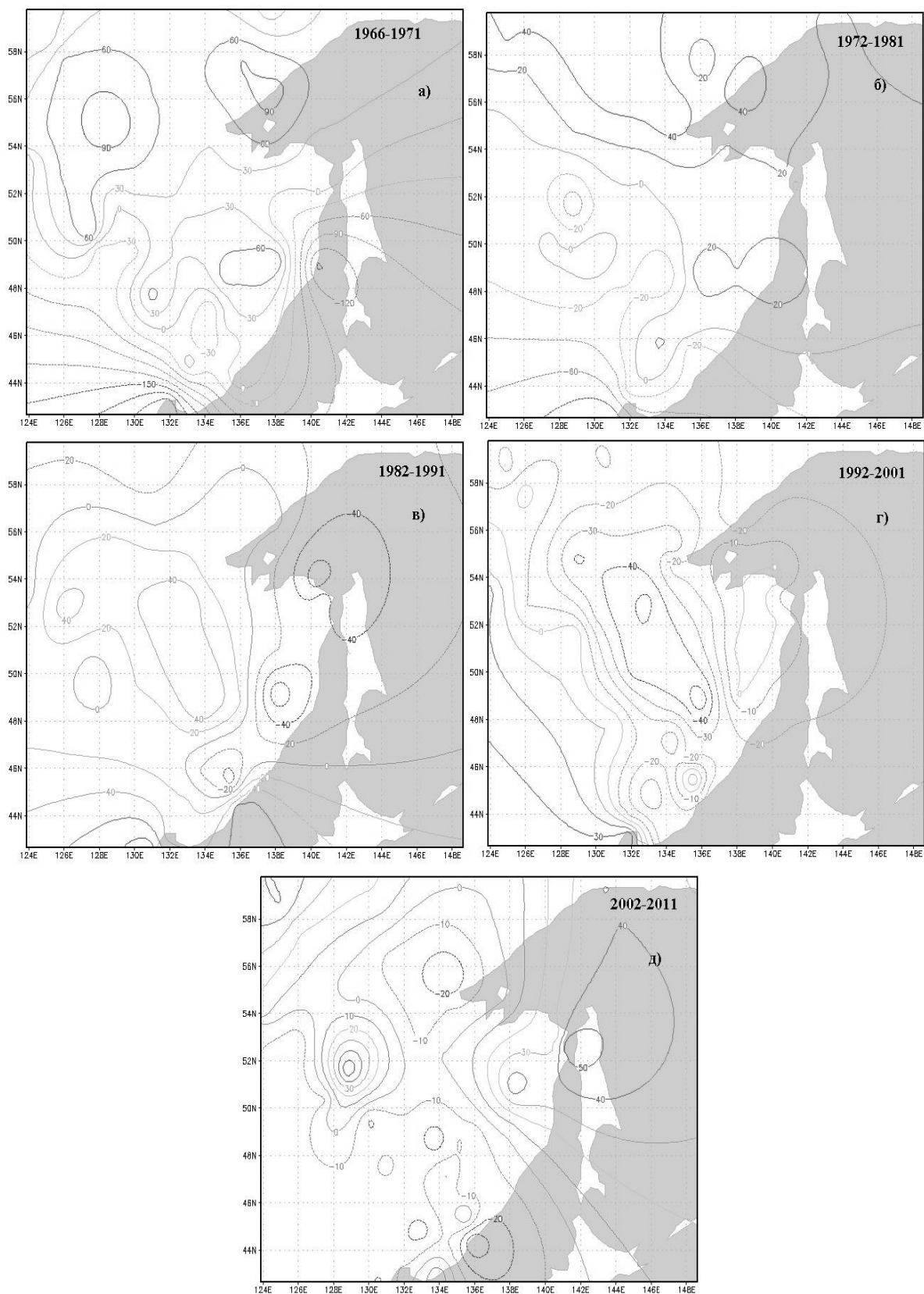


Рис. 4. Аномалии летних осадков по десятилетиям на юге Дальнего Востока России (%):
 а) 1966–1971 гг.; б) 1972–1981 гг.; в) 1982–1991 гг.; г) 1992–2001 гг.; д) 2002–2011 гг.

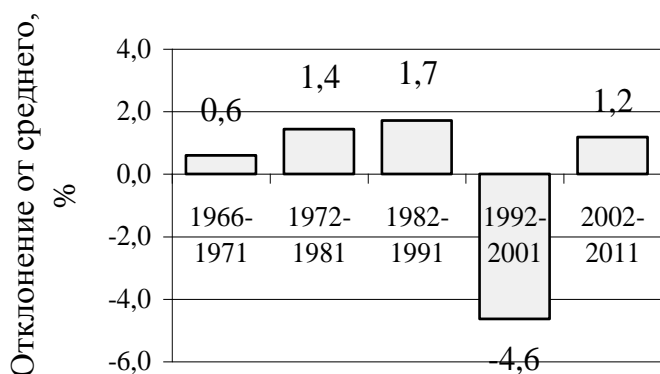
В период с 1966 по 1981 гг. почти вся территория представлена положительными отклонениями с наличием отрицательных значений в незначительной южной части региона (рис. 4, а, б). Десятилетие 1982–1991 гг. всю береговую зону вдоль Охотского и северной части



Японского морей занимают отрицательные аномалии до -50 мм, а зона положительных отклонений формируется в Среднем Приамурье (рис. 4, в).

В десятилетие 1992–2001 гг. картина меняется, зоны минимальных аномалий до -45 мм смещаются с прибрежного района на континентальную часть, а зона максимумов – соответственно в юго-западную часть региона (рис. 4, г). В последнее десятилетие 2002–2011 гг. отрицательные значения наблюдаются в центральной, южной и южно-западной частях исследуемой территории; положительные отклонения характерны для района тихоокеанского побережья с максимумом на Нижнем Амуре (ГМС Джаоре, $+58.6$ мм), второй максимум отмечен на Верхнем Амуре (ГМС Мазаново, $+61.2$ мм).

Далее все данные были суммированы, рассчитаны аномалии в процентах от среднего количества летних осадков за весь период наблюдений для всего региона (рис. 5). В первые три периода наблюдался незначительный рост количества осадков во всем регионе (в пределах 1% от среднего), 1999–2002 гг. характеризуются уменьшением количества летних осадков до 5%, а



в последнее десятилетие опять зафиксировано их увеличение. Полученные нами результаты о временной динамике летних осадков достаточно хорошо согласуются с исследованиями режима атмосферных осадков на Нижнем Амуре и в Хабаровске [17, 18].

Рис. 5. Распределение отклонений от среднего количества летних осадков на юге Дальнего Востока России за 1966–2011 гг. (%)

Выводы

Исследование динамики летних осадков на территории Дальнего Востока России за последние сорок шесть лет показало значительную изменчивость как в пространственно-временном распределении зон максимумов и минимумов, так и их количества.

1. По расчетам вклада летних осадков в годовое количество осадков определена территория их максимального распространения. Район Российской-Китайской границы, представленной р. Амур, характеризуется максимальной долей летних осадков – до 60%. Такое расположение зоны максимумов может быть обусловлено не только крупномасштабными потоками и орографическими особенностями региона, но и влиянием на условия осадкообразования загрязнения воздуха, а также пыльных и песчаных бурь.

2. Выявленные зоны максимальных значений осадков хорошо иллюстрируют характерные для региона траектории перемещения насыщенного влагой воздуха. Коэффициент асимметрии характеризуется положительными величинами, что свидетельствует об уменьшении количества осадков за исследованный период в целом. Преобладает вытянутая кривая распределения, которая указывает на малый интервал, в котором происходят изменения количества осадков в регионе.

3. Динамика аномалий осадков показала незначительную изменчивость их количества во всем регионе за 1966–1991 гг., резкое уменьшение в летний сезон в период 1992–2001 гг. и восстановление значений в 2002–2011 гг.

Список литературы

1. Витвицкий Г.Н. Климат. Южная часть Дальнего Востока. – М.: Наука, 1969. – С. 70–96.
2. Хромов С.П. Муссоны в общей циркуляции атмосферы // В кн.: А.И. Воейков и современные проблемы климатологии / Под ред. М.И. Будыко. – Л.: Гидрометеоздат, 1956. – С. 84–108.
3. Лисогурский Н.И., Петричев А.З. Распространение муссона над Восточной Азией и степень его устойчивости // Метеорол. и гидрол. – 1980. – №5. – С. 54–59.
4. Федоровский А.С. Закономерности пространственного распределения атмосферных осадков на юге Дальнего Востока // Гидрометеорологические исследования на юге Дальнего Востока. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. – С. 3–12.
5. Новороцкий П.В. Распространение муссона над южной частью российского Дальнего Востока // Метеорол. и гидрол. – 1999. – №11. – С. 40–46.
6. Хайруллина Г.Р., Астафьева Н.М. Элементы общей циркуляции и распределение влагозапаса атмосферы Земли. – М.: ИКИ РАН, 2008. – 64 с.
7. Борисов А.А. Климаты СССР. – М.: Просвещение, 1967. – 296 с.

8. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 295 с.
9. Demarcating the worldwide monsoon / W. Qian, Y. Deng, Y. Zhu, W. Dong // *Theor. Appl. Climatol.* – 2002. – 71(1–2). – Pp. 1–16.
10. Wang B., Lin H. Rainy season of the Asian-Pacific Summer Monsoon // *J. Climate.* – 2002. – Vol. 15. – Pp. 386–398.
11. Krishnamurti T.N., Mishra A.K. Improving multimodel forecast of monsoon rainfall over China using the FSU Superensemble // *The Global Monsoon System: Research and Forecast.* С.-П. Chang et al. (Eds.). World Scientific Series on Asia-Pacific Weather and Climate. Vol. 5. World Scientific Publication Company. – 2011. – Pp. 475–492.
12. Петров Е.С., Новороцкий П.В., Леншин В.Т. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. – Владивосток-Хабаровск: Дальнаука, 2000. – 174 с.
13. Официальный сайт Мирового Центра Данных (ВНИИГМИ – МЦД) (Электронный ресурс) URL: www.meteo.ru.
14. Possible influences of air pollution, dust- and sandstorms on the Indian monsoon / W.K.M. Lau, K.-M. Kim, C.N. Hsu, B.N. Holben // *WMO Bulletin.* – 2009. – Vol. 58 (1). – Pp. 22–30.
15. Flood or Drought: How do aerosols affect precipitation? / D. Rosenfeld, U. Lohmann, G.B. Raga et al. // *Science.* – 2008. – Vol. 321. – Pp. 1309–1313. doi:10.1126/science.1160606.
16. Данова Т.Е., Мацук Ю.М. Компонентный анализ повторяемости гроз в Причерноморском регионе // *Вестн. Московского гос. обл. ун-та: Сер. «Естеств. науки».* – 2013. – №3. – С. 98–103.
17. Новороцкий П.В. Климатические изменения в бассейне Амура за последние 115 лет // *Метеорол. и гидрол.* – 2007. – № 2. – С. 43–53.
18. Grigorieva E.A., de Freitas C.R. Temporal dynamics of precipitation in an extreme mid-latitude monsoonal climate // *Theor. Appl. Climatol.* – 2014. – Vol. 116(1). – Pp. 1–9.

MODERN DYNAMICS OF SUMMER PRECIPITATION AT THE SOUTHERN PART OF THE RUSSIAN FAR EAST

**T.Ye. Danova¹, E.A. Grigorieva²,
A.S. Gustenko¹**

¹Odessa State Environmental
University, 15 Lvovskaya St, Odessa,
65016, Ukraine

²Institute for Complex Analysis
of Regional Problems, Far Eastern
Branch of RAS, 4 Sholom-Aleikhem St,
Birobidzhan, 679016, Russia
E-mail: danova8@mail.ru;
eagrigor@yandex.ru

Modern dynamics of summer precipitation in the southern part of the Russian Far East is presented. Contribution of summer precipitation to annual quantities was shown and the territory of its maximum distribution was defined. Identified zones of the maximal values of precipitation illustrate the region specific trajectories of saturated air. The increase in summer precipitation during the last ten years in comparison with the previous decade was shown.

Key words: summer precipitation, dynamics, statistic characteristics, southern part of the Russian Far East.



УДК 504.55.054:622

ПРИРОДООХРАННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ В ЦЕНТРАЛЬНОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ РОССИИ НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОГО РЕГИОНА

О.Н. Полухин, В.И. Комащенко

*Белгородский государственный
национально исследовательский
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: komashchenko@inbox.ru

Приведено распределение месторождений полезных ископаемых по территории ЦФО, запасы полезных ископаемых которого играют существенную роль в общероссийском сырьевом балансе. Охарактеризована минерально-сырьевая база Белгородской области и приведена концепция природоохранности горных территорий с целью охраны окружающей природной среды и рационального использования ее ресурсов в условиях развития научно-технического прогресса. Освещены перспективы технологии с использованием инновационных технологий комплексного использования минерального сырья при добыче металлических руд. Рекомендована технология извлечения металлов из хвостов обогащения путем механохимической активации в аппаратах. В качестве критерия эффективности технологии предложена ее корректность по отношению к природе и минеральным ресурсам. Установлено, что использование новейших технологий позволит коренным образом снизить интенсивность техногенной нагрузки горнодобывающих предприятий ЦФО на окружающую среду и улучшить геоэкологическое состояние регионов.

Ключевые слова: горное производство, открытые горные работы, добыча, руда, технология, твердеющая смесь, техногенные компоненты, извлечение металлов, хвосты обогащения, механохимия, активация, охраны окружающей среды.

Введение

К середине прошлого века сохранение окружающей среды в условиях наступательного развития горной промышленности превратилось в глобальную проблему. Вопросы защиты окружающей среды от негативного влияния горных технологий становятся государственным делом и составной частью межгосударственных отношений.

Несмотря на уменьшение нагрузки на окружающую природную среду в результате снижения объемов промышленного производства, в России в настоящее время экологические показатели не улучшились. Центральный федеральный округ обладает большими запасами минеральных ресурсов.

Минерально-сырьевая база Центрального федерального округа

В состав Центрального федерального округа (ЦФО) входят 18 субъектов Российской Федерации: Белгородская, Брянская, Владимирская, Воронежская, Ивановская, Калужская, Костромская, Курская, Липецкая, Московская, Орловская, Рязанская, Смоленская, Тамбовская, Тверская, Тульская, Ярославская области и город Москва. На территории ЦФО разведано более 11 тыс. месторождений 40-а видов полезных ископаемых. Специфика геологического строения и различия в степени изученности – основные факторы, определяющие неравномерность распределения месторождений полезных ископаемых по территории ЦФО. Запасы ряда полезных ископаемых ЦФО играют существенную роль в общероссийском сырьевом балансе. Доля запасов промышленных категорий железных руд составляет 59 % общих разведанных запасов России, мела – 64%, гипса – 57%, доломитов – 45%, тугоплавких глин – 41%, формовочных материалов – 31%, цементного сырья – 27%, огнеупорных глин – 18%, стекольного сырья – 26%.

Основными месторождениями железной руды в ЦФО являются Михайловское, Лебединское, Стойло-Лебединское, Яковлевское, Стойленское и Коробковское месторождения. (Курская магнитная аномалия – Белгородская и Курская области). Прогнозные ресурсы железных руд имеются также в Орловской области.

Бокситы представлены Висловским месторождением в Белгородской области, относящимся к нераспределенному фонду с запасами в размере 153,4 млн. тонн (13 процентов общероссийских запасов) [1].

Угли в Центральном федеральном округе локализованы в Подмосковном угольном бассейне (Тверская, Смоленская, Московская, Калужская, Тульская и Рязанская области).

В Белгородской области созданы и получили развитие горно-металлургический кластер, электрометаллургическое и сталепрокатное производства, в целях обеспечения более глубокой и комплексной переработки железной руды и производства гематитового концентрата, основными предприятиями которого являются Оскольский электрометаллургический комбинат, Лебединский горно-обогатительный комбинат, Стойленский горно-обогатительный комбинат, а также Белгородская горно-добывающая компания, осуществляющая впервые в мире отработку технологий скважинной гидродобычи богатых железных руд с глубины до 1000 метров. Для экономики округа большое значение имеет развитие Михайловского горно-обогатительного комбината, расположенного в Курской области.

Брянская область обладает потенциалом для производства цемента, фосфатных минеральных и биогенных удобрений. В области имеются месторождения титан-циркониевых песков, цеолитов, туго- и легкоплавких глин и строительных песков. Ведется разведка и освоение высококачественных глин, цементного сырья и наращивание объемов строительных песков.

В Воронежской области развивается добыча сырья для строительной индустрии, в том числе гранита и огнеупорных глин.

Калужская область располагает сырьевой базой для организации добычи огнеупорных глин, пригодных для использования в металлургической промышленности, производства лицевого пустотелого кирпича, облицовочной плитки.

Костромская область располагает богатыми запасами нерудных строительных материалов (глина, суглинки, керамзитовое сырье, строительный песок, песчано-гравийные смеси, известь), для предприятий строительной индустрии.

В Ивановской области наращиваются объемы по добыче гравия, песка и щебня, а также открытие карьера по добыче глины для кирпичного производства.

В Орловской области имеется существенный потенциал добычи сырья для производства теплоизоляционных материалов, цемента, фосфатных минеральных удобрений, минеральных красок и др. Начато освоение месторождений железной руды, цеолитов, известняков и высококачественных глин, а также титан-циркониевых месторождений.

В Рязанской области строятся крупные горно-обогатительные комбинаты на базе месторождений стекольных песков, а также осуществляется добыча и переработка гипса.

Смоленская область обладает большими залежами торфа, щебня, гравия, глины, песка и известняка.

В Тамбовской области имеются месторождения титан-циркониевых песков, а также добыча известнякового щебня и фосфогипса.

Тульская область отличается разнообразием таких сырьевых ресурсов, как бурый уголь, серный колчедан, известняки, огнеупорные глины, пески, гипс, каменная соль и фосфориты. Начаты разработки аномалии благородных металлов, полиметаллов, кадмия, меди, серебра, цинка, свинца, бария и лития.

Богатейшие запасы торфа в Тверской области используются для производства топлива и различного рода органических удобрений и продукции высокой переработки. Ведется добыча нерудных строительных материалов и цементного сырья.

В Ярославской области ведется добыча тугоплавких и бентонитовых глин, титан-циркониевых песков, глауконитов, вивианитов, цементного и углеводородного сырья [2][3].

Особенности добычи и переработки полезных ископаемых.

Основными приоритетами в сфере добычи и переработки полезных ископаемых, является техническое перевооружение и внедрение современных технологий, позволяющих существенно повысить качество и конкурентоспособность производимой продукции, увеличить объемы производства товарного сырья при сохранении текущих объемов добычи руды и обеспечить применение оптимальных с точки зрения природоохранной деятельности технологических решений.

Особенность ЦФО состоит в единстве благоприятных условий для жизнедеятельности Человека и разрушительных техногенных явлений. Развитая горнодобывающая и перерабатывающая промышленность округа оказывает многоплановое воздействие на экосистемы окружающей среды, особенно в процессе хранения отходов промышленного производства.

Однако освоение ресурсов ЦФО может быть обеспечено только в ходе реализации природоохранной концепции эксплуатации природных ресурсов, которая формулируется в следующем виде:

- придание недрам статуса общенационального достояния;
- использование минерального потенциала с учетом интересов регионов, используя опыт многих стран и регионов, где за добычу нефти и газа местное население получает ренту;
- использование современных ресурсосберегающих, эколого-охранных технологий освоения минеральных ресурсов;



- координация отношений между регионами на государственном уровне;
- государственная поддержка горных регионов, находящихся в неравных условиях по сравнению с другими;
- разработка теории эксплуатации ресурсов с учетом интересов местного населения;
- подготовка специалистов по безопасной эксплуатации месторождений;
- обеспечение гарантий сохранения традиционных систем природопользования, культурного и природного наследия.

От успеха реализации концепции зависят экономические, социальные и экологические показатели жизнедеятельности региона. Хотя реализация концепции требует дополнительных затрат, использование природоохранных технологий даже в условиях дефицита инвестиций может быть экономически оправданным.

Вопросы внедрения результатов фундаментальных научных исследований в практику, разработки стратегии эксплуатации в настоящее время усложнились влиянием новых факторов: глобализация экономики, климатические изменения, демографический взрыв, изменение географии стран.

Однако нельзя допустить, чтобы проблема развития минерального производства в горных регионах решалась преимущественно в экологическом контексте, как это происходит в настоящее время. Проблемы добычи полезных ископаемых в горных регионах Центра России не осознаны в полной мере ни государством, ни обществом и требуют конверсии на основе гуманного отношения к природным ресурсам.

В этом вопросе обеспечения национальной безопасности России, Белгородская область играет важную роль, обеспечивая добычу железных руд из месторождений Курской магнитной аномалии (КМА). Курская магнитная аномалия простирается на длину 850 км при ширине до 200 км. Здесь разведано 18 месторождений железа с запасами 850 млрд т железистых кварцитов и 80 млрд т богатых железных руд, что составляет 60 % запасов железных руд России или 20 % мировых.

подавляющее большинство железной руды для черной металлургии России предприятия Белгородской области добывают открытым способом (Лебединское и Стойленское месторождения) и подземным (Коробковское). Подготавливаются к разработке Яковлевское и Гостищевское месторождения. Разведаны Салтыковское, Приоскольское и Чернянское месторождения [1].

Добыча и переработка железорудного сырья является основой экономики области региона, поэтому реализация программы освоения и рационального использования минерально-сырьевых ресурсов недр является важнейшим направлением его региональной политики.

Установление особенностей залегания железных руд и технологии их добычи и переработки в полной мере отвечают одному из важнейших направлений критических технологий Российской Федерации. В Белгородской области разведано более 200 месторождения полезных ископаемых. Важнейшим богатством региона являются железные руды. Наряду с добычей богатой железной руды осваиваются ресурсы железистых кварцитов.

Общий потенциал железистых кварцитов и богатых железных руд (71,8 млрд. т.) определяют ведущее положение в мире.

Влияние деятельности горнодобывающей промышленности окружающую среду.

Разрабатываемое месторождение полезных ископаемых объективно является источником загрязнения окружающей среды. Большую потенциальную угрозу для окружающей среды представляют месторождения металлов, обычно многоэлементные, содержащие набор компонентов, нормируемых в объектах среды обитания человека. Эти компоненты извлекаются не полностью и не все, а хранятся в отвалах [3][6].

С начала отработки месторождения сосредоточенные в нем компоненты активизируются и становятся мобильными. Добываемый полезный компонент и сопутствующие ему вещества (рудничные воды, горная масса, газы, химические вещества) из зоны активации извлекаются на поверхность, поступают в зону обитания живых организмов и оказывают на нее воздействие.

С этого времени зона обитания превращается в зону воздействия. В зону воздействия входят воздух, поверхностные воды и их донные осадки, грунтовые воды, растительный и животный мир, почвенный покров, горные породы зоны аэрации и грунтовых вод, приповерхностная часть атмосферы.

Извлеченная на поверхность горная масса складывается в отвалах, преобразующих ландшафт с живым веществом. Под воздействием атмосферных и космических факторов отвалы разрушаются, химически преобразуются, подвергаются водному и ветровому разносу. С 1 га отвалов КМА ежегодно сносится от 200 до 500 т горной массы [4].

Концепция природоохранности горных территорий.

Концепция освоения разведанных и обладающих развитой инфраструктурой месторождений реализуется решением инновационных технологических задач, в том числе:

- освоение новых технологии разработки месторождений, например, выщелачивания металлов как альтернативы традиционным технологиям с потерями металлов в недрах и при пирометаллургическом переделе;
- освоение технологий глубокой переработки отходов производства с полной реабилитацией нанесенного окружающей среде ущерба.

Важным экономическим аспектом перспектив развития горнодобывающей отрасли Белгородской области является возможность утилизации попутных металлов в процессе приготовления твердеющих смесей из хвостов обогащения.

В регионе возникла настоятельная необходимость в восстановлении земельного потенциала, утраченного вследствие разработки месторождений, что является действенным фактором обеспечения жизнедеятельности будущих поколений. Критерием оценки воздействия технологии на окружающую среду является степень ее лояльности по отношению к природе. Поэтому, научное обеспечение проблем бережного отношения к окружающей среде перешла в ранг государственных задач и стала обязательным компонентом межгосударственного общения. Стала осознанной необходимость укрепления сырьевой базы и горнорудного производства при условии сохранения природных экосистем и укрепления системы жизнеобеспечения.

Переход к рыночной системе взаимоотношений в регионе совпал с начальным этапом постиндустриального развития при резком снижении роли добывающей отрасли и сохранении значения сельскохозяйственного производства. Особенностью региона является противоречивый симбиоз позитивных и стихийно возникающих катастрофических явлений природного и техногенного характера.

Эколого-технологическому перевооружению производства препятствует методика оценки технологий, в соответствии с которой в качестве компенсации экосистемам действующими предприятиями предлагается не полная величина ущерба, а только ее часть, несоизмеримая с подлинным ущербом окружающей среде.

Пути реализации концепции.

Одним из способов решения этой проблемы может стать рациональная организация деятельности ученых, ориентированных на решение прикладных проблем. Усилия ученых горно-геологического направления концентрируются на решении региональных проблем, что способствует получению результатов высокого уровня.

В решении многих проблем для региона оказывает Белгородский государственный национальный исследовательский университет, который создал инновационно-технологический комплекс нового поколения, способный внедрять научные достижения в производство, создавать собственные предприятия и выходить на рынок с конкурентоспособной продукцией. Для выполнения задач регионального развития в университете сформировали приоритеты: это наукоёмкие технологии. Важное место при решении этих задач, занимает факультета горного дела и природопользования, открытие которого дало мощный толчок развитию геологического, горного и геоэкологического направлений науки и образования, весьма актуальных для экономики Белгородской области. Концепция освоения разведанных и обладающих развитой инфраструктурой месторождений реализуется решением инновационных технологических задач, в числе которых:

- освоение новых технологии разработки месторождений, например, выщелачивания металлов как альтернативы традиционным технологиям с потерями металлов в недрах;
- освоение технологий глубокой переработки отходов производства с полной реабилитацией нанесенного окружающей среде ущерба.

Среди комплекса положительных эффектов конверсии одним из основных является возможность охраны геологической среды от полной деградации при техногенной агрессии.

Важным экономическим аспектом перспектив развития горнодобывающей отрасли Белгородской области является возможность утилизации попутных металлов в процессе приготовления твердеющих смесей из хвостов обогащения. Наряду с традиционной системой разработки месторождений, необходимо осуществлять попутную добычу редких металлов (тантала, ниобия, бериллия, лития, цезия, редкоземельных металлов), а также рассеянных элементов (рения, германия, гафния и др.)

Стабилизация экологической ситуации Белгородской области во многом зависит от проводимых экономических преобразований, их адекватности целям формирования эколого-ориентированного типа развития экономики, т. е. перераспределение финансовых, материальных, трудовых ресурсов в пользу ресурсосберегающих отраслей, связанных с развитием добы-



вающей и перерабатывающей промышленности, преодоление инерционных тенденций в природопользовании.

Обычно такие подходы в экономике увеличивают техногенные нагрузки на окружающую среду. Однако, снижение вредного воздействия горного производства на окружающую среду, может быть достигнуто за счет совершенствования технологий. При этом важнейшим условием интенсификации экономики и организации планомерного природопользования является полнота и комплексность использования природных ресурсов. Особенно это относится к минеральным техногенным массивам и хвостохранилищам.

Считается, что за счет комплексного использования недр можно дополнительно получить около 25 % продукции. Это достигается внедрением мероприятий, направленных на обеспечение полноты извлечения полезных компонентов. Земные недра рассматриваются как комплексный природный ресурс жизнеобеспечения общества, изменяемый в зависимости от уровня развития государства [4].

Добыча и переработка полезных ископаемых сопровождаются нарушением естественных ландшафтных комплексов. В ЦФО ежегодно нарушаются сотни тысяч гектаров земель, из которых на сельскохозяйственные угодья приходится около 40%. Наибольшие изменения земной поверхности происходят при открытом способе разработки месторождений полезных ископаемых, на долю которого приходится 75% объемов горного производства. Примером разрушительной деятельности человека являются регионы добычи сырья в Белгородской области [1].

В настоящее время доля утилизации отходов добывающего и перерабатывающего производств даже в технологически развитых странах не превышает 10%.

Отсутствие координации в добыче отдельных компонентов ведет к тому, что при добыче только нескольких компонентов из комплексного сырья другие, не менее ценные, но не извлекаемые компоненты с высоким содержанием оказываются в отходах и оказывают антропогенное воздействие на окружающую среду, а в некоторых районах уже достигло уровня, превышающего восстановительные силы природы. Поэтому отношение к недрам и природной среде в целом является мерой социальных и технических достижений человеческого общества и характеристикой уровня цивилизации.

Инновационные технологии комплексного использования минерального сырья.

Наименее разработанной и потому наиболее опасной остается проблема переработки извлеченных на земную поверхность минеральных масс. Постоянное отставание возможностей переработки от возможностей добычи усиливает актуальность этой проблемы, делая ее глобальной и основной для человечества.

В числе многочисленных причин складирования на земной поверхности минеральных масс наиболее существенны изменение кондиций на сырье со временем и технологическое разубоживание добываемых минералов вмещающими породами. Если изменение кондиций носит объективный характер и в условиях рынка управлению не подлежит, то сокращения объемов выдачи на земную поверхность разубоживающих пород можно достичь путем корректировки технологий разработки месторождений.

Единственно возможным способом охраны окружающей среды является ликвидация хранилищ отходов с полной утилизацией продуктов переработки, так как их биологическая рекультивация не решает экологические проблемы.

При конверсии на инновационные технологии добычи минерального сырья в условиях рыночных отношений существует проблема оценки минерально-сырьевой базы.

В решении проблемы обозначились этапы:

- анализ организационно-хозяйственной деятельности предприятия;
- разработка концепции конверсии на основе инновационных технологий;
- нахождение алгоритма оценки риска инновационной технологии;
- обоснование инвестиционной привлекательности реконструкции;
- сравнительный анализ экономической эффективности инновационной и традиционной технологий.

Сегодняшней теорией и практикой приняты основные положения:

- экономическая эффективность инновационной технологии определяется с учетом полезных свойств сырья и его способности приносить прибыль, характеризующую уровень бизнеса, стоимости предприятия, надежности, ликвидности, деловой активности и доходности;
- экономическая целесообразность конверсии предприятия при оптимальном сочетании инвестиционных и производственно-хозяйственных факторов обосновывается формализацией функций, включающих индексы капитала, численность рабочей силы и промышленного производства с анализом коэффициентов эластичности;

- механизм обоснования эффективности инновационной технологии реализуется использованием экономико-математической модели, описывающей взаимосвязь объема производства, времени, затрат, извлекаемой ценности и рисков освоения инноваций.

В результате многолетней добычи и переработки железных руд на предприятиях Белгородской области накоплены значительные объемы горнопромышленных отходов – хвостов обогащения руд. Сброс с действующих хвостохранилищ в реки технической воды, содержащей вредные для водных объектов компоненты, представляет экологическую угрозу не только для области, но и для других регионов.

Как правило, отходы горно-металлургического производства содержат значительное количество цветных, черных, благородных, редких и рассеянных металлов и представляют собой техногенные сырье, которое складировалось и накапливалось из-за отсутствия экономических и экологически чистых технологий по их переработке и утилизации.

В процессе длительного хранения горнопромышленных отходов происходят геохимические преобразования, состав компонентов меняется, образуются новые техногенные минералы, происходит обеднение ценными металлами, вынос элементов за пределы хранилищ и загрязнение окружающей среды. Эти процессы могут длиться в течение 100 и более лет, пока не растворятся и не вынесутся с водами, либо нейтрализуются за счет перевода в нерастворимые формы все содержащиеся в отходах металлы и химические соединения.

Накопившиеся отходы, являясь мощным источником загрязнения окружающей среды, представляют собой ценное сырье для промышленности и государства в целом.

В настоящее время Белгородский государственный университет располагает рядом запатентованных в России экологически чистых технологий, позволяющих эффективно перерабатывать горнопромышленные отходы предприятий КМА [5].

Базируясь на ранее проведенных работах, выполнен анализ вариантов его переработки, а именно:

- изучение возможности получения коллективных концентратов из хвостов гравитационными методами с использованием центробежных сепараторов, коротко-конусных гидроциклонов и другого оборудования;
- выщелачивание гравитационных концентратов в автоклавах и установках;
- выщелачивание с использованием сорбционной технологии извлечения ценных компонентов в товарные продукты.

На основании технико-экономического анализа вариантов наиболее эффективной оказалась механохимическая технология переработки отходов горного производства, комбинирующая методы механической и химической активации в установках типа дезинтегратор. Она основана на феномене изменения свойств материалов при скорости обработки более 250 м/с. [6].

Технология может считаться безотходной, поскольку ценные компоненты (железо, благородные и редкие металлы, а также металлы платиновой группы) извлекаются в товарные продукты, а вторичные хвосты вовлекаются в природный цикл. Предварительные технико-экономические расчеты доказывают ее экономическую привлекательность и экологическую выгоду.

В БелГУ предполагается построить опытную установку для оптимизации технологических регламентов утилизации хвостов обогащения руд, шлаков и прочих продуктов переработки минерального сырья.

Выбор оптимальной производительности, разработка технологической схемы, технологического регламента и расчет технико-экономических показателей переработки техногенного сырья должны проводиться на основании глубокого изучения вещественного состава и технологических исследований [4].

Расширение сырьевой базы КМА и снижение нагрузки на окружающую среду возможно за счет реализации инновационных направлений, в том числе:

- переработка и утилизация твердых отходов обогатительной и металлургической переработки руд с целью извлечения содержащихся в них железа и благородных металлов и получения экологически чистых материалов для использования в стройиндустрии и прочих отраслях промышленности;
- очистка сбросных вод хвостохранилищ до уровня санитарно-эпидемиологических и экологических норм.

Фактором эффективности механохимической технологии извлечения металлов из техногенного сырья является сохранение условий для рекреации геологической среды региона интенсивного воздействия горных работ.

Результаты скоординированного геоэкологического и медико-биологического зонирования территории горнорудных районов Белгородской области должны быть отражены на результирующей карте комплексной оценки экологического состояния региона.



Заключение

Важнейшими направлениями в области снижения техногенное воздействие процессов добычи и переработки руд на природно-технические геосистемы окружающей среды, с целью рационального освоения минерального и топливно-энергетического сырья будут:

- переход от экологически и социально опасных методов открытой и подземной добычи к физико-техническим и физико-химическим геотехнологиям (скважинной гидродобыче, подземному выщелачиванию и др.);
- создание высокоэффективных технологий комплексной переработки и вскрытия минеральных зерен среднекачественных и труднообогатимых руд, а также техногенного сырья;
- разработка комплексных безотходных замкнутых систем обогащения и получения конечных продуктов.

Перспективные проблемы разработки месторождений полезных ископаемых включают в себя: комплексное освоение недр, воспроизводство ресурсов в недрах, максимальное извлечение элементов при переработке упорных и бедных руд, к числу которых относятся и техногенные месторождения, сложенные хвостами первичной переработки руд на обогатительных фабриках и металлургических заводах. Использование новейших технологий позволит коренным образом снизить интенсивность техногенной нагрузки горнодобывающих предприятий ЦФО на окружающую среду и улучшить геоэкологическое состояние регионов.

Список литературы

1. Голик В.И., Полухин О.Н. Проблемы подземной разработки рудных месторождений КМА // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельные статьи (специальный выпуск). – №ОС4. – М.: Изд-во «Горная книга», 2013. – № 3. – 56 с.
2. Минеральные ресурсы России / Сычкин Н.И., Петрухин В.В., Кандауров П.М., Налимов С.В. // Экономика и управление. – 2008. – №2. – С.21- 26.
3. Голик В.И., Полухин О.Н., Петин А.Н., Комащенко В.И. Экологические проблемы разработки рудных месторождений КМА // Горный журнал. – 2013. – №4. – С. 91–98.
4. Комащенко В.И., Голик В.И., Дребенштедт К. Влияние деятельности геолого-разведочной и горнодобывающей промышленности на окружающую среду. – М.: КДУ, 2010. – 356 с.
5. Голик В.И., Петин А.Н., Комащенко В.И. Экологизация геологической среды отработкой запасов некондиционных металлических руд // Научные ведомости Белгородского государственного университета. – 2012. – № 12. – С. 35-41.
6. Стратегия социально-экономического развития ЦФО на период до 2020 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 6 сентября 2011 г. № 1540-р.

ENVIRONMENT-ORIENTED CONCEPTION OF EXTRACTION AND TREATMENT OF MINERAL RAW MATERIALS IN CENTRAL FEDERAL DISTRICT OF RUSSIA ON THE EXAMPLE OF THE BELGOROD REGION

The distribution of mineral deposits on the territory of CFD, whose minerals play an essential role in the all-Russian commodity balance, is shown. The mineral-raw-material base of the Belgorod region is described and the concept of nature protection in mining areas with the aim of environmental protection and rational use of its resources in the development of scientific and technical progress is introduced. The prospects for technology with the use of innovative technologies of the complex use of mineral raw materials during metal ores extraction are highlighted. A technology of metals recovery from enrichment tails by mechanochemical activation in devices is recommended. The correctness of the technology towards nature and mineral resources is proposed as a criterion for its effectiveness. It has been established that the use of the latest technologies will allow to radically reduce the intensity of industry-related impact of the CFD mining enterprises on the environment and improve the geoecological state of the regions.

**O.N. Polukhin,
V.I. Komashchenko**

*Belgorod State National Research
University, 85 Pobedy St, Belgorod,
308015, Russia*

E-mail: komashchenko@inbox.ru

Key words: mining, open-pit mining, extraction, ore, technology, hardening mixture, industry-related components, metals recovery, tails, mechanochemistry, activation, protection of the environment.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

- Абрамова Л.М.** – доктор биологических наук, профессор; Ботанический сад-институт УНЦ РАН г. Уфа, Башкортостан, Россия
- Анненков А.С.** – аспирант; Курский государственный университет, г. Курск, Россия
- Белоконь А.Л.** – аспирант; Курский государственный университет, г. Курск, Россия
- Березина О.А.** – ассистент; Пермский государственный национальный исследовательский университет. г. Пермь, Россия
- Бидюкова Г.Ф.** – младший научный сотрудник; Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН. г. Москва, Россия
- Буряк Ж.А.** – младший научный сотрудник; Федерально-региональный центр аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов Белгородского государственного национального исследовательского университета. г. Белгород, Россия
- Везенцев А.И.** – доктор технических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет г. Белгород, Россия
- Войтюк Ю.Ю.** – кандидат геологических наук, младший научный сотрудник; Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины. г. Киев, Украина
- Волбуева Ю.Е.** – научный сотрудник; Ботанический сад Белгородского государственного национального исследовательского университета. г. Белгород, Россия
- Воронин И.М.** – доктор медицинских наук, профессор; Медицинский институт Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина. г. Тамбов, Россия
- Воронкова Т.В.** – кандидат биологических наук; Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН. г. Москва, Россия
- Голованов Я.М.** – к.б.н. Ботанический сад-институт Уфимского научного центра Российской академии наук г. Уфа,
- Григорьева Е.А.** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; Институт комплексного анализа региональных проблем Дальневосточного отделения РАН. г. Биробиджан, Россия
- Густенко А.С.** – магистрант; Одесский государственный экологический университет, Одесса, Украина
- Данова Т.Е.** – кандидат географических наук, доцент; Одесский государственный экологический университет, г. Одесса, Украина
- Двинских С.А.** – доктор географических наук, профессор; Пермский государственный национальный исследовательский университет. г. Пермь, Россия
- Дубовицкая О.Ю.** – кандидат биологических наук, доцент; Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых. Орловский р-н, Орловская обл., Россия
- Ерохин К.С.** – магистрант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Жданова И.Ю.** – начальник отдела маркетинга; ОАО «ЭФКО». г. Воронеж, Россия
- Жидкин А.П.** – кандидат географических наук, научный сотрудник; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. г. Москва, Россия
- Жуковский О.В.** – младший научный сотрудник Полесский филиал Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации имени Г.Н. Высоцкого. с. Довжик, Житомирский р-н, Житомирская обл., Украина
- Зборовская О.В.** – младший научный сотрудник; Полесский филиал Украинского научно-исследовательского института лесного хозяйства и агролесомелиорации им. Г.Н. Высоцкого. Житомирский р-н, Житомирская обл., с. Довжик, Украина
- Золотарева Е.В.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; Орловский государственный аграрный университет. г. Орел, Россия
- Кашаева Г.Г.** – младший научный сотрудник; Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН. г. Уфа, Башкортостан, Россия
- Князева И.В.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Коваль И.М.** – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; Украинский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации имени Г.Н. Высоцкого



- го. г. Харьков, Украина
- Кондратьева В.В.** – кандидат биологических наук; Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН. г. Москва, Россия
- Коробов В.А.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Лаборатория экологической инженерии Белгородского государственного национального исследовательского университета. г. Белгород, Россия
- Королёва М.А.** – старший лаборант; Медицинский институт Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина. г. Тамбов, Россия
- Комащенко В.И.** – доктор технических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Коротких А.С.** – научный сотрудник; Ботанический сад Белгородского государственного национального исследовательского университета. г. Белгород, Россия
- Крысанова Т.А.** – кандидат химических наук, доцент; Воронежский государственный университет. г. Воронеж, Россия
- Крюкова А.В.** – младший научный сотрудник; Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН. г. Уфа, Башкортостан, Россия
- Куксова М.А.** – кандидат биологических наук, доцент; Северо-Кавказский федеральный университет г. Ставрополь, Россия
- Кураева И.В.** – доктор геологических наук старший научный сотрудник, профессор; Институт геохимии, минералогии и рудообразования имени Н.П. Семеновко НАН Украины. г. Киев, Украина
- Лазарев А.М.** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; Всероссийский НИИ защиты растений. г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Россия
- Ларченко О.В.** – кандидат географических наук, доцент; Пермский государственный национальный исследовательский университет. г. Пермь, Россия
- Лебедева О.Е.** – доктор химических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Лисецкий Ф.Н.** – доктор географических наук, профессор; Федерально-региональный центр аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов Белгородского государственного национального исследовательского университета. г. Белгород, Россия
- Максимович Н.Г.** – кандидат геолого-минералогических наук, профессор; Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета. г. Пермь, Россия
- Маркелова Н.Н.** – соискатель; Медицинский институт Пензенского государственного университета. г. Пенза, Россия
- Мацибора А.В.** – кандидат географических наук; Институт географии НАН Украины. г. Киев, Украина
- Миронов С.Ю.** – кандидат биологических наук, доцент; Курский государственный университет. г. Курск, Россия
- Мирошниченко Л.В.** – студент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Михеева Л.А.** – кандидат химических наук, доцент; Ульяновский государственный университет. г. Ульяновск, Россия
- Моисеева И.Я.** – доктор медицинских наук, профессор; Медицинский институт Пензенского государственного университета. г. Пенза, Россия
- Мулдашев А.А.** – кандидат биологических наук; Институт биологии Уфимского научного центра РАН. г. Уфа, Башкортостан, Россия
- Надточий И.Н.** – научный сотрудник; Всероссийский НИИ защиты растений. г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Россия
- Накоскин А.Н.** – кандидат биологических наук; Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения РФ. г.Курган, Россия
- Накоскина Н.В.** – младший научный сотрудник; Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения РФ. г.Курган, Россия
- Неведров Н.П.** – аспирант; Курский государственный университет. г. Курск, Россия

- Неведрова Н.Ю.** – учитель; средняя общеобразовательная школа № 47. г. Курск, Россия
- Нецветаев В.П.** – доктор биологических наук профессор; Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН; Белгородский государственный университет. г. Белгород, Россия
- Новрузов Н.Э.** – младший научный сотрудник; Институт зоологии НАН Азербайджана. г. Баку, Азербайджан
- Олехнович Л.С.** – младший научный сотрудник; Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН. г. Москва, Россия
- Перистая Л.Ф.** – Доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет г. Белгород, Россия
- Перистый В.А.** – кандидат технических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Полухин О.Н.** – доктор политических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Попов Ф.А.** – ведущий научный сотрудник; Институт защиты растений. г. Прилуки, Минский р-н, Минская область, Беларусь
- Попова Е.В.** – кандидат сельскохозяйственных наук; Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН, Белгородский государственный университет. г. Белгород, Россия
- Правдин В.Г.** – доктор технических наук, профессор; ООО «НТЦ БИО». г. Белгород, Россия
- Присный А.В.** – доктор биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Проценко Е.П.** – профессор, доктор сельскохозяйственных наук; Курский государственный университет. г. Курск, Россия
- Родина О.П.** – кандидат медицинских наук, доцент; Медицинский институт Пензенского государственного университета. г. Пенза, Россия
- Семенова Е.Ф.** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, профессор; Пензенский государственный университет. г. Пенза, Россия
- Скорбач В.В.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Снегин Э.А.** – доктор биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Сорокопудова О.А.** – доктор биологических наук, профессор; Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства РАСХН. г. Москва, Россия
- Судейманова З.Н.** – кандидат биологических наук старший научный сотрудник; Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН. г. Уфа, Башкортостан, Россия
- Сычев А.А.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Таумурзаева И.Т.** – педагог дополнительного образования; Республиканский детский эколого-биологический центр. г. Нальчик, Россия
- Тры А.В.** – аспирант; Ульяновский государственный университет. г. Ульяновск, Россия
- Хади Абдулджалил Наас** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Хади Мирза Хамза Хади** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Харченко Т.А.** – соискатель; Ставропольский государственный аграрный университет. г. Ставрополь, Россия
- Цепкова Н.Л.** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; Институт экологии горных территорий Кабардино-Балкарского НЦ РАН. г. Нальчик, Россия
- Чендев Ю.Г.** – доктор географических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Шайдулина А.А.** – ассистент; Пермский государственный национальный исследовательский университет. г. Пермь, Россия
- Шелепова О.В.** – кандидат биологических наук; Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина РАН. г. Москва, Россия
- Шпичка А.И.** – кандидат биологических наук, доцент; Пензенский государственный университет. г. Пенза, Россия
- Якупова В.В.** – младший научный сотрудник; Ботанический сад-институт Уфимского научно-



го центра РАН. г. Уфа, Башкортостан, Россия
Правила оформления статей в журнал
«Научные ведомости Белгородского государственного университета»:
серия «Естественные науки»

В журнале «Научные ведомости Белгородского государственного университета» публикуются статьи теоретического, методического и прикладного характера, содержащие завершённые результаты оригинальных исследований автора (соавторов) по разделам «Науки о Земле», «Химия» и «Биология» ранее нигде не опубликованные. Обзорные статьи публикуются по заявкам редколлегии или в особых случаях.

Статьи представляются в редколлегию в печатном (1 экз.) и электронном виде с использованием Microsoft Word для Windows. Поля страницы (формата А-4): левое – 3 см, другие по 2 см. Текст (весь) – шрифтом Times New Roman, 12 pt, межстрочный интервал – одинарный, красная строка (абзац) – 1,25 см., выравнивание по ширине. Страницы не нумеруются. Объём статей не должен превышать 12 страниц, включая иллюстративный и графический материал, таблицы, список литературы.

Перед названием статьи необходимо указать УДК (слева сверху). Название статьи оформляется строчными буквами, (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указываются инициалы и фамилии авторов (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указываются название и адрес места работы (с указанием почтового индекса, e-mail автора (соавторов)) обычный шрифт (12 pt) с выравниванием по центру.

Аннотация статьи (резюме) должна располагаться ниже на два пробела от последнего адреса места работы авторов – обычный шрифт (12 pt) с выравниванием по ширине. В конце аннотации необходимо указать ключевые слова (5–7).

В конце статьи на английском языке приводятся название, инициалы и фамилии авторов, места работы авторов с почтовыми и электронными адресами, аннотация и ключевые слова с теми же правилами оформления, что и на русском языке.

В статье должны четко и сжато излагаться современное состояние вопроса, описание методики исследований и обсуждение полученных результатов. Заглавие статьи должно полностью отражать ее содержание. Рекомендуется стандартизировать структуру статьи, используя подзаголовки: Введение (теоретический анализ); Экспериментальная часть: объекты и методы исследования, результаты и их обсуждение, заключение (выводы); Список литературы.

Если статья выполнена при поддержке гранта или на основе доклада, прочитанного на конференции, то необходимо сделать соответствующую сноску в заголовке статьи (см. пример).

К статьям, направляемым в редколлегию, должна быть приложена авторская справка: Фамилия, Имя, Отчество, ученая степень, ученое звание, место работы, должность, точный почтовый адрес (с почтовым индексом), контактный телефон, факс, e-mail.

К статьям, выполненным аспирантами или соискателями научной степени кандидата наук, необходимо приложить рекомендацию, подписанную научным руководителем (если руководитель не является соавтором).

Редколлегия направляет полученные статьи на рецензирование.

Редколлегия оставляет за собой право вернуть статью на доработку.

Условия публикации. В течение календарного года автором (авторским коллективом) в журнале может быть опубликовано не более 4-х статей. К публикации принимаются материалы подписчиков журнала (не менее чем полугодовая подписка). Копия квитанции прилагается к материалам, направляемым для публикации.

Более подробную информацию о правилах оформления статей для серии «Естественные науки» и условиях публикации можно получить по адресу http://www.bsu.edu.ru:8806/dok_fakt.htm



Пример оформления статьи

УДК 51-72:530.145

Полуклассическое приближение к исследованию двумерных гамильтоновых систем на основе метода нормальных форм¹

Н.А. Иванов¹, В.Н. Петров², Н.Н. Сидоров³

¹ Белгородский государственный университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: Ivanov@bsu.edu.ru

² Академия гражданской защиты Украины, Украина, 61023, г. Харьков, ул. Чернышевского, 94

³ ННЦ Харьковский физико-технический институт, Украина, 61108, г. Харьков, ул. Академическая, 1

Изложена процедура приведения Установлено, что

Ключевые слова: классический гамильтониан, нормальная форма Биркгофа-Густавсона,

Введение

К настоящему времени установлено существование детерминированного хаоса в различных классических динамических системах [1, 2]. Известно, что детерминированный или классический хаос возможен в консервативных гамильтоновых системах даже с двумя степенями свободы [3], а также и в одномерных гамильтоновых системах, но зависящих от времени [4].

Материал и методы

.....
Результаты исследований
.....

Заключение
.....

Список литературы (ГОСТ-1986)

1. Лихтенберг А., Либерман М. Регулярная и стохастическая динамика. – М.: Мир, 1984. – 528 с.
2. Степановский Ю.П. Атом водорода во внешнем поле как ангармонический осциллятор // УФЖ. – 1987. – Т. 32. – С. 1316–1321.
3. Соловьев Е.А. Адиабатические инварианты и проблема квазиклассического квантования многомерных систем // ЖЭТФ. – 1978. – Т. 75, вып. 4. – С. 1261–1268.
4. Gutzwiller M.C. Chaos in Classical and Quantum Mechanics. – New York: Springer, 1990. – 432 p.
5. Henon M. Integrals of the Toda lattice // Phys. Rev. – 1974. – Vol. 9, № 4. – P. 1921–1923.

¹ Работа выполнена при частичной грантовой поддержке РФФИ: №03-02-17695, №03-02-16263.



A Semiclassical Approach to the Investigation of the Two-Dimensional Hamiltonian Systems by the Normal Form Method

N.A. Ivanov¹, V.N. Petrov², N.N. Sidorov³

¹ Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: Ivanov@bsu.edu.ru

² Civil defence Academy of Ukraine, Chernyshevsky St. 94, Kharkov, 61023, Ukraine

³ National Scientific Center, Kharkov Institute for Physics and Technology,
Akademicheskaja St. 1, Kharkov, 61108, Ukraine

The receiving procedure of classical Hamiltonian to the Birkhoff-Gustavson normal