

№3 (200), вып. 30
Март 2015

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»

Издатель:
НИУ «БелГУ»

Издательский дом «Белгород»

Адрес редакции, издателя, типографии:
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-50062 от 29 мая 2012 г.

Выходит 4 раза в год.

**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 УНИИ 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

Материалы к новому изданию Красной книги Белгородской области. Растения. Региональный список. Часть 5. **Гусев А.В.** 5

Материалы к новому изданию Красной книги Белгородской области. Растения. Региональный список. Часть 6.

Ермакова Е.И., Гусев А.В. 14

Интродукция кальцефильных видов флоры вне природных ареалов и новый метод создания рокариев-эктонов на их основе.

Мамонтов А.К. 23

Некоторые синантропизированные сообщества класса Molinio-Arrhenatheretea в населенных пунктах центральной части Башкирского Предуралья. **Усманова Л.С., Ямалов С.М., Абрамова Л.М.** 30

Некоторые аспекты структуры комплекса патогенных видов трутовых грибов (Polyporaceae s. L.), приуроченных к дубу черешчатому (*Quercus robur* L.), в древостоях заповедной дубравы «Лес на Ворскле».

Дунаев А.В., Дунаева Е.Н., Калугина С.В. 41

Родовые признаки хетогаксии ног у двукрылых (Diptera) семейства Dolichopodidae. **Незгоров О.П., Чурсина М.А., Маслова О.О., Селиванова О.В.** 51

Фаунистический обзор и трофические связи личинок тахин (Diptera, Tachinidae) подсемейства Dexiinae Южного Приморья. **Маркова Т.О., Маслов М.В., Репи Н.В., Кистерная Н.Ю.** 57

Генетическая и морфологическая структура популяций наземного моллюска *Chondrula tridens* на территории Среднего Поволжья.

Комарова Е.В., Стойко Т.Г., Титов С.В. 67

Структура сообществ птиц зеленой зоны г. Харькова (Украина).

Атемасова Т.А. 74

Сроки весеннего прилета птиц в Воронежском заповеднике на фоне длительных климатических изменений. **Венгеров П.Д.** 82

Динамика распространения и численности белгородской популяции кряквы (*Anas platyrhynchos* L.) и чирков (*Anas crecca* L., *Anas querguedula* L.). **Червонный В.В.** 93

Математическое моделирование последствий воздействия углеродных нанотрубок на динамику численности мышевидных грызунов.

Грибановский С.Л., Васюкова И.А., Гусев А.А.,

Ткачев А.Г. 102

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Содержание бензапирена в почвенном покрове нефтеперерабатывающего предприятия. **Околелова А.А., Мерзлякова А.С., Кожевникова В.П.** 111

Содержание тяжелых металлов в почвах с различным уровнем антропогенной нагрузки на территории Курской области. **Неведров Н.П., Белоконов А.Л., Анненков С.А., Проценко А.А., Проценко Е.П., Балабина Н.А., Пученкова А.В.** 117

Влияние элементов агротехнологии на калийный режим почвы в длительных опытах. **Карабутов А.П., Уваров Г.И.** 125

Члены редколлегии:

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

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

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

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

К. Дребенштедт, 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»)

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, Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства РАСХН (Москва)

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»)

Анализ влияния эрозионно-гидрологических процессов на гидрохимический режим рек агроландшафтов. **Соловьева Ю.А., Кумани М.В., Павлюк Я.В., Буряк Ж.А.** 133

Татарские шляхи в географическом ландшафте Белгородской области. **Чендев Ю.Г., Геннадиев А.Н., Белванцев В.Г.,**

Жидкин А.П. 141

Особенности сезонной динамики спектрально-отражательных характеристик посевов технических культур на территории Белгородской области. **Терехин Э.А.** 150

Геоинформационный анализ почвенно-геоморфологических связей в целях рациональной организации агроландшафтов на бассейновых принципах. **Григорьева О.И.** 157

Влияние армирующих элементов на реологические свойства формирующей массив композиции. **Ермолович Е.А., Кирилов А.Н., Донецкий С.В.** 167

Разработка инженерно-технических мероприятий по обеспечению устойчивости внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна».

Храмцов Б.А., Ростовцева А.А., Лубенская О.А., Кравченко А.С. 171

Оценка радионормативности объектов ядерно-топливного цикла на примере хвостохранилищ Приднепровского химического завода.

Дурасова Н.С., Коваленко Г.Д. 176

Шумовое загрязнение в городах в связи с характером рельефа территории (для ключевых участков в гг. Курск и Тамбов).

Харченко С.В. 182

Моноспециализированные городские поселения Забайкальского края: типология и проблемы социально-экономического развития.

Гурова О.Н. 191

Сведения об авторах 199

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

E-mail: prisniy@bsu.edu.ru

Подписано в печать 23.03.2015
Формат 60×84/8
Гарнитура Georgia, Impact
Усл. п. л. 23,25
Заказ 79
Цена свободная
Тираж 1000 экз.
Дата выхода 31.03.2015

Подписной индекс в Объединённом каталоге
«Пресса России» – 81466

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

**№3 (200) Issue 30
March 2015**

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 State National Research University»

Publisher:

Belgorod State National Research University
Belgorod Publishing House

Address of editorial office, publisher, letterpress plant: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

The journal has been registered at the Federal service for supervision of communications information technology and mass media (Roskomnadzor)

Mass media registration certificate
ПИ № ФС 77-50062 May 29, 2012
Publication frequency: 4 /year

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Editor-in-Chief

O.N. Polukhin,

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

Deputy Editor-in-Chief

I.S. Konstantinov,

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

Scientific Editor

Moskovkin V.M.,

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

Assistant Editors

Shevchenko O. V.,

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

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL SERIES

Chief editor:

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

**Belgorod State University
Scientific Bulletin**

Natural sciences

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

Естественные науки

CONTENTS

BIOLOGY

Materials to the New Edition of the Red Book of the Belgorod Region. Plants. Regional List. Part 5. **Gusev A.V. 5**

Materials to the New edition of the Red Book of the Belgorod Region. Plants. Regional List. Part 6. **Ermakova E.I., Gusev A.V. 14**

Cultivation of Calciphilic Species outside Native Area and New Method of Creation of Rockeries as Ecotrons. **Mamontov A.K. 23**

Synantropization Vegetation of Class Molinio-Arrhenatheretea in Settlements in the Central Part of the Republic of Bashkortostan.

Usmanova L.S., Yamalov S.M., Abramova L.M. 30

Some Aspects of the Structure of the Complex Pathogenic Species of Polyporus Fungi (Polyporaceae s. L.) Associated with English Oak (*Quercus robur* L.) in Oak Stands of Protected Oak Forest "Les na Vorskle".

Dunaev A.V., Dunaeva E.N., Kalugina S.V. 41

Generic Signs of Legs Chaetotaxy in the Diptera Dolichopodidae family.

Negrobov O.P., Chursina M.A., Maslova O.O.,

Selivanova O.V. 51

Faunistic Review and Evaluation of Trophic Links of Tachinid Flies Larvae (Diptera, Tachinidae) Subfamily Dexiinae of Southern Primorye.

Markova T.O., Maslov M.V., Reptsch N.V., Kisternaya N.Yu 57

Genetical and Morphological Structure of Populations of Terrestrial Mollusk *Chondrula tridens* on the Territory of the Middle Volga Region.

Komarova E.V., Stojko T.G., Titov S.V. 67

A Structure of Bird Communities at Forests Park Zone of Kharkov (Ukraine).

Atemasova T.A. 74

Spring Arrival Dates of Birds in the Voronezh Reserve against the Background of Long-term Climate Change. **Vengerov P.D. 82**

The Dynamics of Distribution and Abundance of the Belgorod Population of Mallards (*Anas platyrhynchos* L.) and teal (*Anas crecca* L., *Anas guerguedula* L.). **Chervonny V.V. 93**

Mathematical Modelling of the Effects of Carbon Nanotubes Influence upon Number Dynamics of the Mouse-Like Rodents. **Gribanovskiy S.L.,**

Vasyukova I.A., Gusev A.A., Tkachev A.G. 102

EARTH SCIENCES

Content of Benzpyrene in Soil Layer of a Petroleum Refining Plant.

Okolelova A.A., Merzliakova A.S., Kozhevnikova V.P. 111

Concentration of Heavy Metals in Soils with Different Level of Anthropogenic Load of the Territories of Kursk Region. **Nevedrov N.P., Belokon A.L.,**

Annenkov C.A., Protsenko A.A., Protsenko E.P., Balabina N.A.,

Puchenkova A.B. 117

The Influence of Elements of Agricultural Technology on Potash Regime of the Soil in Long-term Experiments. **Karabutov A.P., Uvarov G.I. 125**

Analysis of the Impact of Erosion and Hydrological Processes on the Hydrochemical Regime of Cultivated Land Rivers. **Solov'eva Yu.A.,**

Kumani M.V., Pavlyuk Ya.V., Buryak Zh.A. 133

Responsible secretary:

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

Members of editorial board:

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

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

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

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

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

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

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

V.N. Sorokopudov, Doctor of agricultural sciences, professor (All-Russia Selection-Technological Institute of Horticulture and Nursery RAAS, Moscow)

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

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

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

Page layout by A.V. Prisniy

N.A. Gaponenko

E-mail: prisniy@bsu.edu.ru

Passed for printing 23.03.2015

Format 60×84/8

Typeface Georgia, Impact

Printer's sheets 23,25

Order 79

Price free

Circulation 1000 copies

Date of publishing 31.03.2015

Subscription reference in The Russian Press common catalogue – 81466

Dummy layout is replicated at Publishing House "Belgorod", Belgorod State National Research University
Address: 85 Pobeda St., Belgorod, 308015, Russia

Tatar Roads in Geographical Landscape of Belgorod Region.

Chendev Yu.G., Gennadiyev A.N., Belevantsev V.G.,

Zhidkin A.P. 141

Features of Seasonal Dynamics of Spectral Reflection Characteristics for Planting Technical Crops in the Belgorod Region. **Terekhin E.A. 150**

The Geoinformation Analysis of Soil and Geomorphological Communications for the Rational Organization of Agrolandscapes on the Basin Principles. **Grigoreva O.I. 157**

The Effect of Reinforcing Elements on the Rheological Properties of the Forming Massif Composition. **Ermolovich E.A., Kirilov A.N., Donetskiy S.V. 167**

Development of Engineering and Technical Measures to Ensure the Sustainability of Internal Dump Chalk Quarry "Green meadow".

Khramtsov B.A., Rostovtseva A.A., Lubenskaya O.A.,

Kravchenko A.S. 171

Estimation of Nuclear-Fuel Cycle Objects Radon Hazard on the Example of Pridneprovsky Chemical Plant. **Durasova N.S., Kovalenko G.D. 176**

Noise Pollution in the Cities in Connection with the Landforms (Case Study on Key Sites in the Kursk and Tambov). **Kharchenko S. V. 182**

Monospecialized Urban Settlements of Zabaykalsky Krai: Typology and Problems of Social and Economic Development. **Gurova O.N. 191**

Information about Authors **199**

БИОЛОГИЯ

УДК 574.2

МАТЕРИАЛЫ К НОВОМУ ИЗДАНИЮ КРАСНОЙ КНИГИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ. РАСТЕНИЯ. РЕГИОНАЛЬНЫЙ СПИСОК. ЧАСТЬ 5

MATERIALS TO THE NEW EDITION OF THE RED BOOK OF THE BELGOROD REGION. PLANTS. REGIONAL LIST. PART 5

А.В. Гусев
A.V. Gusev

*Новооскольская станция юных натуралистов, Россия, 309640, г. Новый Оскол, ул. Володарского, 32
Novooskolsky Station of Young Naturalists, 32 Volodarsky St, Novy Oskol, 309640, Russia*

E-mail: sun@edunoskol.ru

Ключевые слова: уязвимые виды, крестоцветные, розоцветные, бобовые, льновые, рутовые.
Key words: vulnerable species, Cruciferae, Rosaceae, Fabaceae, Linaceae, Rutaceae.

Аннотация. В данной статье изложены – сведения об ареалах, распространении в Средней полосе европейской части России, особенностях экологии, встречаемости, численности и состоянии локальных популяций сосудистых растений, относящихся к отделу покрытосемянных, классу двудольных, семействам крестоцветных, розоцветных, бобовых, льновых, рутовых, рекомендуемых к внесению в новое издание Красной книги Белгородской области, основанные на анализе литературных источников и исследованиях выполненных автором.

Составление флористических списков центральных, восточных и юго-восточных административных районов Белгородской области, оценка частоты встречаемости, численности отдельных видов осуществлялись в ходе маршрутных экспедиций в течение нескольких лет. Представленный материал, пополняет банк данных о редких видах во флоре Белгородской области вошедших в первое издание Красной книги Белгородской области, расширяет список видов нуждающихся в специальных мерах охраны.

Приведены сведения об отработке в государственном природном заповеднике «Белогорье» методики по восстановлению вида в природных сообществах.

Resume. Now preservation of stability of natural ecosystems, preservation of their biological diversity becomes one of key questions.

In this article there are stated data on the general area, distribution in a midland of the European part of Russia, features of ecology, occurrence, number and condition of local populations of the vascular plants relating to the division of angiosperms, to the class of dicotyledon, to families of Cruciferae, Rosaceae, Fabaceae, Linaceae, Rutaceae, recommended for entering into the new edition of the Red List of the Belgorod region, based on the analysis of the references and researches conducted by the author.

Drawing up floristic lists of the central, east and southeast administrative regions of the Belgorod region, assessment of frequency of occurrence, number of separate types were carried out during route expeditions within several years. The presented material, supplements the databank about rare species in flora of the Belgorod region entered in the first edition of the Red List of the Belgorod region, expands the list of the types needing special measures of protection.

Data on working out a technique on restoration of a species in natural communities in the national natural park "Belogorie" are provided.

Введение

В настоящее время совершенно очевидна (особенно в староосвоенных и густонаселённых регионах, к которым относится Белгородская область) зависимость комфортности среды обитания человека, его здоровья и социально-экономического развития общества от сохранения стабильности природных экосистем. В связи с этим одним из ключевых вопросов в решении проблемы становится сохранение их биологического разнообразия. К числу наиболее нарушенных и наименее сохранных экосистем в регионе относятся степи. А ведь именно под луговыми степями сформировались в прошлом плодородные мощные чернозёмы, которыми



славился регион. Вслед за сокращением площадей под естественными растительными сообществами, уничтожением мест обитания – увеличивается число уязвимых видов.

Материал, собранный автором в период с 1998 по 2014 год пополняет банк данных о распространении, численности, состоянии популяций редких видов во флоре Белгородской области.

В данной статье представлены сведения о сосудистых растениях, относящихся к отделу покрытосемянных, классу двудольных, семействам крестоцветных, розоцветных, бобовых, льновых, рутовых, рекомендуемых к внесению в новое издание Красной книги Белгородской области, основанные на анализе литературных источников и исследованиях проведённых автором. Сбор материала и регистрация видов на каждой конкретной исследуемой территории осуществлялись маршрутным методом в разные сезоны вегетационного периода с интервалом в две – четыре недели (с марта по октябрь) в течение нескольких лет (от двух до десяти).

В каждом очерке содержится краткая информация о рекомендуемом виде:

- русское и латинское названия вида;
- его статус в Белгородской области, сопредельных регионах, рекомендуемая автором категория редкости;
- сведения об общем ареале, распространении в средней полосе европейской части России, на сопредельных территориях, в Белгородской области (полученные при анализе литературных источников);
- особенности экологии и численность.

Для большинства видов даётся информация о распространении на территории области, полученная непосредственно автором в ходе флористических исследований [Гусев, 2003; 2008а, б; 2009а, б; 2013а].

Систематика и названия растений даны по «Флоре средней полосы европейской части России» [Маевский, 2006]. Виды, переданные в гербарий им. Д.П. Сырейщикова МГУ (MW), отмечены звёздочкой (*) [Гусев, 2013б].

Расшифровка сокращений названий областей, республик и районов Белгородской области даны в статье А.В. Гусева «Виды Красной книги Российской Федерации во флоре Белгородской области (материалы к новому изданию Красной книги Белгородской области)» [Гусев, 2014].

Результаты исследований

Отдел Покрытосемянные – Angiospermae

Класс Двудольные – Dicotyledones

Сем. Крестоцветные – Cruciferae Juss.

1. Бурачок Гмелина – *Alyssum gmelinii* Jord. et Fourr.

Категория – VI [здесь и далее региональный статус по: Присный, 2005]. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Ворон., Тамб. [Агафонов, 2011].

Европейский вид, распространённый в России преимущественно в чернозёмной полосе европейской части, севернее редко, как заносное [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Моск., Тамб., Тул., Ульянов.; указан для Орл. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Губ. [Еленевский и др., 2004]; Алекс., Губ., Ров. [Присный, 2005].

В Белг. растёт на степных склонах. Встречается очень редко.

В государственном природном заповеднике «Белогорье» отрабатывается методика восстановления вида в природных сообществах.

2. *Бурачок извилистый – *Alyssum tortuosum* Waldst. et Kit. ex Willd.

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Саратов., Татар., Ульянов. [Шляхтин, 2006].

Европейско-юго-западноазиатский вид, встречающийся в европейской части России, Молдове, Украине, на Кавказе, в Средней Азии, Венгрии, Румынии, Чехии, Словакии, на Балканском полуострове, в Малой Азии и Иране [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Ворон., Курск. [Губанов и др., 2003]; Белг., Ворон., Курск., Орл., Самар., Саратов., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Указывается для: Алекс., Валуй., Вейд., Ров.; нечасто. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Крив., Ров.

В Белг. растёт на меловых обнажениях. Встречается редко.

В государственном природном заповеднике «Белогорье» отрабатывается методика восстановления вида в природных сообществах.

3. Бурачок ленский – *Alyssum lenense* Adams

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги. Волг., Ворон., Самар., Саратов., Тат., Ульянов. [Шляхтин, 2006; Агафонов, 2011].

Восточноевропейско-азиатский кальцефильно-степной вид. Обширный ареал на западе ограничен лесостепными и степными районами Восточной Европы, на востоке простирается до Восточной Азии [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Самар., Саратов., Ульянов. [Губанов и др., 2003; Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Алекс., Валуй.; нечасто [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Алекс., Вейд., Красн., Ров.

В Белг. растёт на меловых обнажениях. Встречается редко.

В государственном природном заповеднике «Белогорье» отрабатывается методика восстановления вида в природных сообществах.

4. Крупка сибирская – *Draba sibirica* (Pall.) Thell.

Не внесена в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

В списках охраняемых видов отсутствует.

Преимущественно восточноевропейско-азиатский вид, распространённый в России в южной половине европейской части, Предкавказье, Сибири и на Дальнем Востоке; редко [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Моск., Орл., Пенз., Ряз., Тамб., Тул., указывается для Иван., Нижег. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Губ. (Ямская степь [Еленевский и др., 2004], балка Суры [Солнышкина, 2007]). Нами отмечена в НО.

В Белг. растёт в степях, по лугам. Встречается редко.

5. Длинноног печальный – *Hesperidium triste* (L.) G. Beck (*Hesperis tristis* L.)

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красную книгу Саратов. [Шляхтин, 2006].

Европейский вид, распространённый в Восточном Средиземноморье, Средней Европе, Средней Азии. В России растёт в южных областях европейской части и в Предкавказье [Шляхтин, 2006]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Саратов., Тамб., указывается для Лип., Самар. [Маевский, 2006]. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен на юго-востоке Белг.

В Белг. растёт в степях (песчаных и луговых). Встречается очень редко.

6. Клаусия солнцелюбивая – *Clausia aprica* (Steph.) Korn.-Tr.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Лип., Самар., Саратов., Тат., Ульянов. [Золотухин, 2001; Шляхтин, 2006; Агафонов, 2011].

Азиатский вид, встречающийся также в отдельных европейских районах. В России распространён в бассейне Дона и Волги в южной половине европейской части, Предкавказье, на юге Сибири [Губанов и др., 2003]. В Средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Самар., Саратов., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. на северо-западной границе ареала. Указывается для: Алекс., Валуй.; редко [Еленевский и др., 2004]; Алекс., Валуй., НО., СтО., Шеб., Ров. [Присный, 2005]. Нами отмечена в Алекс., Красн., НО.

В Белг. растёт на меловых склонах, в петрофитных степях. Встречается редко.

7. Катран татарский – *Crambe tataria* Sebeok

Категория – V. Рекомендуемая категория статуса редкости – V.

Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Ростов., Самар., Тат., Ульянов. [Золотухин, 2001; Миноранский, 2004; Агафонов, 2011]. Включён в Приложение 1 к Резолюции № 6 (1998) Постоянного комитета Бернской конвенции о биологическом разнообразии (вид европейского значения) [Resolution..., 1998].

Редкий южноевропейско-древнесредиземноморский вид, встречающийся и в южных областях Средней России, где приурочен к меловым и каменисто-известняковым склонам и степным участкам [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Самар., Саратов., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Указывается для: Алекс., Вейд., Губ., НО., Прох., Ров., Шеб., Яковл.; нередко [Еленевский и др., 2004]; Алекс., Валуй., Вейд., Волок., Губ., Короч., Красн., НО., Ров. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Короч., Красн., НО., Прох., Ров., Шеб.

В Белг. растёт на меловых, глинистых склонах, в степях. Встречается нередко.

8. Зубянка клубненосная – *Dentaria bulbifera* L.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Калуж., Курск., Твер., Тул. [Золотухин, 2001].



Растёт в Европе, Малой Азии, на Кавказе, в Иране. В России встречается преимущественно в юго-западных районах европейской части и Предкавказье [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Брян., Калуж., Курск., Моск., Орл., Смол., Тул., указывается для Ворон., Лип. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бор., Ивн., Ракит., Шеб.; нечасто, но в массе [Еленевский и др., 2004]; Бор., Грайв., Ивн., Ракит., Шеб. [Присный, 2005].

В Белг. растёт в лиственных лесах. Встречается нечасто, но местами в массе.

9. Зубянка пятилистная – *Dentaria quinquefolia* Vieb.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Влад., Ворон., Калуж., Курск., Лип., Мар., Нижег., Пенз., Ряз., Тамб., Тул., Чув. [Агафонов, 2011].

Преимущественно европейский вид, известный также в Малой Азии, на Кавказе и в Иране. В России распространён главным образом в чернозёмной полосе европейской части, севернее редко, доходит до южных районов Московской и Владимирской областей [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Влад., Ворон., Калуж., Курск., Морд., Моск., Нижег., Пенз., Ряз., Тул., Ульянов., Чув., указывается для Тамб. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бор., Грайв., НО. [Присный, 2005]; требует подтверждения в Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в Кргов., НО., Черн.

В Белг. растёт в лиственных лесах. Встречается изредка, но местами в массе.

10. *Шиверекия подольская – *Schiverekia podolica* (Bess.) Andr.

Категория – II. Рекомендуемая категория статуса редкости – II.

Внесена в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Лип., Самар., Тат., Ульянов. [Золотухин, 2001; Агафонов, 2011]. Включена в Приложение 1 к Резолюции № 6 (1998) Постоянного комитета Бернской конвенции о биологическом разнообразии (вид европейского значения) [Resolution..., 1998].

Европейско-малоазиатский вид, распространённый в России преимущественно в чернозёмной полосе европейской части, встречается редко [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается Белг., Ворон., Курск., Лип., Орл., Самар., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. близ северной границы ареала. Указывается для: Волок., Короч., Красн., НО., Ров. [Присный, 2005]. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в Короч., Кргов., НО., Красн.

В Белг. растёт на меловых склонах. Встречается редко.

Сем. Розоцветные – Rosaceae Adans.

11. Костяника обыкновенная – *Rubus saxatilis* L.

Категория – II. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

В списках охраняемых видов других регионов отсутствует.

Растение влажных лесов, преимущественно хвойных. Распространена в Европе и многих районах Азии. В России встречается в европейской части, кроме крайнего юга, в Сибири и на дальнем Востоке [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях, в лесной полосе обыкновенно, южнее – заметно реже [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Грайв., Губ., НО.; редко [Еленевский и др., 2004]; Бел., Бор., Грайв., Губ., НО., Шеб. [Присный, 2005].

В Белг. растёт по лесам и опушкам. Встречается редко.

12. *Лапчатка белая – *Potentilla alba* L.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Ворон., Калуж., Пенз., Саратов., Смол., Тамб., Тат., Ульянов. [Шляхтин, 2006; Агафонов, 2011].

Преимущественно средневропейский вид. В России встречается в чернозёмных районах европейской части, севернее редко, на крайнем юге отсутствует [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается во многих областях [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бор., Губ., Шеб., Яковл.; редко [Еленевский и др., 2004]; Бел., Бор., Губ., Короч., Яковл. [Присный, 2005]. Нами отмечен в НО., Прох.

В Белг. растёт в луговой степи вблизи широколиственных лесов и по опушкам. Встречается редко.

13. Манжетка обыкновенная – *Alchemilla vulgaris* L. s.l.

Сборный вид, представленный большим числом (около 40) апогамных форм (мелких видов) [Маевский, 2006].

Не внесена в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

В списках охраняемых видов других регионов отсутствует.

Общий ареал охватывает районы Европы, Африки, Азии. Обычна во всех областях Средней России [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается

во всех областях [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бел., Бор., СтО. [Еленевский и др., 2004].

В Белг. растёт на болотах и болотистых лугах. Встречается редко.

14. Спирея городчатая – *Spiraea crenata* L.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Морд., Нижегород., Пенз., Тул., Удмурт., Чув. [Щербаков, 2010].

Распространена в южной половине Восточноевропейской равнины, заходя в восточную часть Западной Европы, и в Закавказье. В России встречается в лесостепных, степных и пустынных районах европейской части и в Предкавказье. Растение степей, каменистых склонов и мелов. [Губанов и др., 2003]. В Средней полосе европейской части России встречается в Белг., Брян., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижегород., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Тул., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бор., Губ., СтО.; редко [Еленевский и др., 2004]; Бор., Валуй., Вейд., Губ., НО., СтО. [Присный, 2005]. Нами отмечена в Алекс., Валуй., Вейд., Красн., НО., Ров., Черн., Шеб. Ранее объединялась нами со *Spiraea litwinowii* Dobrocz., поэтому указания требуют уточнения вида.

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт в степях. Встречается нечасто.

15. Спирея Литвинова – *Spiraea litwinowii* Dobrocz.

Не внесена в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Волг., Ворон., Морд., Пенз. [Агафонов, 2011].

Юго-восточно-европейский степной вид. Произрастает в Румынии, лесостепных и степных районах Украины, Молдове, на Нижнем Дону (север), в Заволжье и Закавказье [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Лип., Морд., Орл., Пенз., Самар., Саратов., Тамб., Тул. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Губ. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в Вейд., Красн., Ров.

В Белг. растёт в степях. Встречается редко.

16. *Миндаль низкий – *Amygdalus nana* L.

Категория – II. Рекомендуемая категория статуса редкости – V.

Внесён в Красные книги Ворон., Курск., Лип., Морд., Нижегород., Орл., Пенз., Ряз., Татар., Тул., Чув. [Золотухин, 2001; Щербаков, 2010; Агафонов, 2011].

Распространён в Средней и Южной Европе, западных регионах Азии. В России встречается в чернозёмной полосе европейской части, Предкавказье и на юге Западной Сибири [Губанов и др., 2003]. В Средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Морд., Нижегород., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Тул., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бел., Валуй., Губ., Прох., Ров., Шеб. [Еленевский и др., 2004]; Бел., Бор., Валуй., Вейд., Губ., Короч., НО., Шеб., Яковл. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Короч., Красн., Кргв., НО., Прох., Ров., Черн., Шеб.

В Белг. растёт в степях, на открытых остепнённых и каменистых склонах, в зарослях степных кустарников. Встречается нередко.

17. Сабельник болотный – *Comarum palustre* L.

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Волг., Самар., Саратов. [Шляхтин, 2006].

Распространён во многих регионах северного полушария (кроме южных). В России встречается в европейской части, кроме крайнего юга, Предкавказье и Сибири. Обычный вид на всей территории Средней России [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бор. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Бор.

В Белг. растёт по болотам, сырým лугам. Встречается редко.

Сем. Бобовые – Fabaceae Lindl.

18. Астрагал белостебельный – *Astragalus albicaulis* DC.

Категория – VI. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Курск., Лип. [Золотухин, 2001].

Растёт преимущественно в России: в южных районах европейской части, в южном Заволжье, Предкавказье и на юге Западной Сибири. За пределами России встречается в Украине (в восточном Причерноморье и в бассейне нижнего течения Днепра) Растёт на обнажениях мела и известняка [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск. (юго-восток), Лип., Самар., Саратов., Тамб., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Указывается для: Алекс., Валуй., Волок., Вейд., Губ., Короч., НО., Ров., СтО., Шеб. [Присный, 2005]; как обыкновенное растение [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Волок., Губ., Короч., Кргв., Красн., НО., Прох., Ров., Черн., Шеб.



В Белг. растёт на меловых обнажениях, в петрофитной степи. Встречается часто.

19. **Астрагал шерстистоцветковый (пушистоцветковый)** – *Astragalus dasyanthus* Pall.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Лип., Рост., Саратов. [Золотухин, 2001; Миноранский, 2004; Шляхтин, 2006; Агафонов, 2011].

Растёт в Средней и Юго-Восточной Европе. В России встречается в чернозёмных районах европейской части [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Самар., Саратов., Тамб. [Маевский, 2006]. В Белг. близ северной границы ареала. Указывается для: Бор. Губ.; нечасто [Еленевский и др., 2004]; Губ. Красн. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Красн., Бор., Черн.

В Белг. растёт в степях. Встречается редко.

20. ***Астрагал опушённоцветковый (волосистоцветковый)** – *Astragalus pubiflorus* (Pall.) DC.

Категория – IV. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Рост. Саратов. [Золотухин, 2001; Миноранский, 2004; Шляхтин, 2006; Агафонов, 2011].

Восточно-европейский степной вид. Распространён на Балканах, в Республике Молдове, на Украине и в Крыму, в европейской части России [Агафонов, 2011]. В Средней полосе европейской части России встречается только в Центральном Черноземье: в Белг., Ворон. В Курск. по-видимому исчез [Губанов и др., 2003; Маевский, 2006]. В Белг. близ северной границы ареала. Указывается для: Вейд., Краснен. [Присный, 2005]; Губ. [Солнышкина, 2007]. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Валуй., Вейд., Кргов., Ров.

В Белг. растёт в степях и на обнажениях меловых пород. Встречается редко.

21. **Астрагал бороздчатый** – *Astragalus sulcatus* L.

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Ворон., Морд., Нижегород., Самар., Татар., Ульянов., Чув. [Агафонов, 2011].

Распространён в южной половине Европы и в ряде регионов Азии. В России встречается в чернозёмной полосе европейской части, на юге Западной и юго-востоке Восточной Сибири [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., ?Нижег., Самар., Саратов., Ульянов., Чув. [Маевский, 2006]. В Белг. на северо-западной границе ареала. Указывается для: Вейд., Волок. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Ров.

В Белг. растёт на солонцеватой почве, в разнотравных степях. Встречается нечасто.

22. ***Астрагал изменчивый** – *Astragalus varius* S.G. Gmel.

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги: Курск., Лип., Пенз., Татар. [Золотухин, 2001].

Распространён в южной половине Восточноевропейской равнины и в ряде регионов Азии. В России встречается в чернозёмной полосе европейской части (в том числе в областях Средней России), а также в Предкавказье и на юге Западной Сибири [Губанов и др., 2003]. В Средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., ? Морд., Пенз., Саратов., Тамб., Ульянов., Чув. [Маевский, 2006]. В Белг. близ северо-западной границы ареала. Указывается для: Белг., Валуй., Вейд., Волок., Губ., НО., Черн., Шеб.; нередко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., НО., Ров., Черн., Шеб.

В Белг. растёт на песках речных террас, в степях. Встречается изредка.

23. **Астрагал рогатый** – *Astragalus cornutus* Pall. (incl. *A. cretophilus* Klok.)

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Ворон., Самар., Саратов., Тамб., Татар., Ульянов. [Шляхтин, 2006; Агафонов, 2011].

Восточноевропейско-среднеазиатский петрофильно-степной вид. Реликт вюрмской холодной степи. В наше время имеет дизъюнктивный ареал – от горных районов бассейна Колымы до степей бассейна Дона. Произрастает в Восточной и Юго-Восточной Европе, на Кавказе и юге Западной Сибири, в Средней Азии. Ареал вида в Украине лежит в восточной части украинской степи и лесостепи. Встречается в бассейне р. Северский Донец и её притоков в Луганской и Харьковской областях [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Ворон., Самар., Саратов., Тамб., Татар. [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Указывается для: Ров.; очень редко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Ров.

В Белг. растёт в степях вблизи обнажений меловых пород. Ксерофит, кальцефит. Встречается очень редко.

В государственном природном заповеднике «Белогорье» отрабатывается методика восстановления вида в природных сообществах.

24. Астрагал украинский – *Astragalus ucrainicus* M. Pop. et Klok.

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

В списках охраняемых видов других регионов отсутствует.

Преимущественно средневропейский вид. Произрастает в бассейнах Днепра, Волги, Дона, в Заволжье, Причерноморье [Губанов и др., 2003; Маевский, 2006]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон. [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Указывается для: Ров., Вейд.; редко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Ров.

В Белг. растёт в петрофитных степях, на обнажениях меловых пород. Встречается изредка.

В государственном природном заповеднике «Белогорье» отрабатывается методика восстановления вида в природных сообществах.

25. *Астрагал яичкоплодный – *Astragalus testiculatus* Pall.

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красную книгу Ворон. [Агафонов, 2011].

Восточноевропейско-азиатский степной вид. Произрастает в Восточной Европе, Предкавказье, Западной и Восточной Сибири, Средней и Центральной Азии [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Ворон. (юг), Самар., Саратов., Ульянов. [Губанов и др., 2003; Маевский, 2006]. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004; Маевский, 2006]. Нами отмечен в Алекс. В Белг. на северо-западной границе ареала.

В Белг. растёт в петрофитных степях. Встречается очень редко.

Сем. Льновые – Linaceae S.F. Gray

26. Лён жёлтый – *Linum flavum* L.

Категория – VI. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Брян., Ворон., Курск., Лип., Морд., Пенз., Ряз., Самар., Тамб., Тул., Чув. [Золотухин, 2001; Щербаков, 2010; Агафонов, 2011].

Распространён в южной половине Европы, на Кавказе и в Малой Азии. В России встречается в европейской части, в чернозёмной полосе обычен, севернее, в нечернозёмной полосе Средней России – редкое растение [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Брян., Калуж., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижег., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Тат., Тул., Ульянов., Чув. [Маевский, 2006]. В Белг. близ южной границы ареала. Указывается для: Алекс., Бел., Валуй., Вейд., Губ., Короч., Красн., НО., Ров., Шеб., Яковл. [Присный, 2005]. Некоторыми авторами объединяется с льном украинским (*Linum ucrainicum* Czern.) и приводится для Белг. как обыкновенное растение [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Алекс., Бор., Валуй., Вейд., Волок., Губ., Красн., Кргв., НО., Ров., Черн.

В Белг. растёт в луговых степях. Встречается нечасто.

27. *Лён украинский – *Linum ucrainicum* Czern.

Эндемик юга европейской части России.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Волг., Курск., Рост., Ульянов. [Золотухин, 2001; Миноранский, 2004].

Донецко-донской эндемик. Распространён в Украине, бассейне Северского Донца и его притоков и в европейской части России по среднему течению Дона. [Маевский, 2006; Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон.(юг), Курск., Самар., Саратов., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала, указывается для: Алекс., Губ., Короч., НО., Шеб., Ров. [Присный, 2005]. Не признаётся самостоятельность вида и объединяется с *Linum flavum* L. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Волок., Губ., Короч., Красн., Кргв., НО., Прох., Ров., Черн., Шеб.

В Белг. растёт по склонам на обнажениях меловых пород и глин, в петрофитных степях. Встречается часто.

Сем. Рутовые – Rutaceae Juss.

28. *Цельнолистник душистый – *Haplophyllum suaveolens* DC. G. Don. fil.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красную книгу Рост. [Миноранский, 2004].

Распространён на юго-востоке Центральной Европы, в Молдове, Украине (Одесской и Донецкой областях), Крыму, Средиземноморье, Малой Азии. На севере своего сплошного ареала доходит до широты Днепропетровска. Растёт на степных склонах, обнажениях известняков [Цвелёв, 1996]. В Средней полосе европейской части России встречается только в Белг. [Маев-



ский, 2006]. В Белг. указывается для: НО. [Присный, 2005]. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в НО.

В Белг. растёт в петрофитных степях. Встречается очень редко.

В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах.

29. Ясенец голостолбиковый – *Dictamnus gymnostylis* Stev.

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белг. Рекомендованная категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Ворон., Самар. [Агафонов, 2011].

Восточноевропейско-кавказский вид. Встречается в районах Среднего Днепра, Нижней Волги, Нижнего Дона, в Крыму, на Северном Кавказе и в Западном Закавказье. Растет в светлых лесах и кустарниковых залежах. [Маевский, 2006; Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Саратов., Самар., Тамб., в Моск. одичавшее [Маевский, 2006]. В Белг. близ северной границы ареала Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Алекс., Крив., Ров.

В Белг. растёт в нагорных и байрачных дубравах, по опушкам, в зарослях степных кустарников. Встречается изредка.

Список литературы References

1. Агафонов В.А. (науч. ред.). 2011. Красная книга Воронежской области. Т. 1: Растения. Лишайники. Грибы. Воронеж, МОДЭК, 472.

Agafonov V.A. (nauch. red.). 2011. Krasnaja kniga Voronezhskoj oblasti. T. 1: Rastenija. Lishajniki. Griby [The Red Book of the Voronezh region. Vol. 1: Plants. Lichens. Mushrooms]. Voronezh, MODJeK, 472. (in Russian)

2. Губанов И.А., Киселёва В.К., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. 2003. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М., Товарищество научных изданий КМК, 665.

Gubanov I.A., Kiseljova V.K., Novikov V.S., Tihomirov V.N. 2003. Illjustrirovannyj opredelitel' rastenij srednej Rossii. T. 2. Pokrytosemennye (dvudol'nye: razdel'nolepestnye) [Illustrated Keys of Plants of Middle Russia. T. 2. Angiosperms (bipartite: polypetalae)]. М., Tovarishhestvo nauchnyh izdaniy KMK, 665. (in Russian)

3. Гусев А.В. 2003. Флористические находки в Новооскольском районе Белгородской области. В кн.: Флора и растительность Центрального Черноземья – 2003: Материалы научной конференции (Курск, 27 марта 2003 г.). Курск: 3–5.

Gusev A.V. 2003. Floristic findings in Novooskolsky district of the Belgorod region. In: Flora i rastitel'nost' Central'nogo Chernozem'ja – 2003: Materialy nauchnoj konferencii (Kursk, 27 marta 2003 g.) [Flora and vegetation of the Central Chernozem – 2003: Proceedings of the conference (Kursk, 27 March 2003)]. Kursk: 3–5. (in Russian)

4. Гусев А.В. 2009а. Флора степных участков юго-востока Белгородской области. В кн.: Степи Северной Евразии. Материалы V международного симпозиума. Оренбург, ИПК «Газпромнефть» ООО «Оренбурггазпромсервис»: 257–259.

Gusev A.V. 2009a. Flora of steppe areas of southeast of the Belgorod region. In: Stepi Severnoj Evrazii. Materialy V mezhdunarodnogo simpoziuma [Steppes of Northern Eurasia. Proceedings of V international symposium]. Orenburg, IPK «Gazpromneft'» ООО «Oren-burggaz promservis»: 257–259. (in Russian)

5. Гусев А.В. 2009б. Флористические находки в Белгородской области (Валуйский и Ровеньский районы). В кн.: Флора и растительность Центрального Черноземья – 2009. Материалы научной конференции (г. Курск, 27 марта 2009 г.). Курск, Курский государственный университет: 23–25.

Gusev A.V. 2009b. Floristic findings in the Belgorod region (Valuysky and Roven'skiy districts). In: Flora i rastitel'nost' Central'nogo Chernozem'ja – 2009. Materialy nauchnoj konferencii (g. Kursk, 27 marta 2009 g.) [Flora and vegetation of the Central Chernozem – 2003: Proceedings of the conference (Kursk, 27 March 2003)]. Kursk, Kurskiy gosudarstvennyy uni-versitet: 23–25. (in Russian)

6. Гусев А.В. 2013а. Дополнения и уточнения к флоре Белгородской области. Бюл. МОИП. Отд. биол. 118 (6): 67.

Gusev A.V. 2013a. Additions and clarifications to the flora of the Belgorod region. Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirrody. Otdel Biologicheskij [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series]. 118 (6): 67. (in Russian)

7. Гусев А.В. 2013б. Список охраняемых и редких видов переданных в МГУ. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 25 (24): 15–24.

Gusev A.V. 2013b. List of protected and endangered species transferred to MSU. Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 25 (24): 15–24. (in Russian)

8. Гусев А.В. 2014. Виды Красной книги РФ во флоре Белгородской области (материалы к новому изданию Красной книги Белгородской области). Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 26 (3): 27–38.

Gusev A.V. 2014. Types of Red Data Book of the Russian Federation in the flora of the Belgorod region (materials for a new edition of the Red Book of the Belgorod region). *Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki* [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 26 (3): 27–38. (in Russian)

9. Гусев А.В., Ермакова Е.И. 2008а. Редкие виды и флористические находки бассейна р. Айдар. *В кн.: Современное состояние, проблемы и перспективы региональных ботанических исследований. Материалы международной научной конференции* (г. Воронеж, 6–7 февраля 2008 г.). Воронеж, Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета: 84–87.

Gusev A.V., Ermakova E.I. 2008a. Rare species and floristic findings in basin of river Aydar. *In: Современное состояние, проблемы и перспективы региональных ботанических исследований. Материалы международной научной конференции* (г. Воронеж, 6–7 февраля 2008 г.) [Current status, problems and prospects of regional botanical studies. Proceedings of the international scientific conference (Voronezh, 6–7 February 2008)]. Voronezh, Izdatel'sko-poligraficheskiy tsentr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta: 84–87. (in Russian)

10. Гусев А.В., Ермакова Е.И. 2008б. Редкие виды и флористические находки бассейна р. Сарма. *В кн.: Современное состояние, проблемы и перспективы региональных ботанических исследований. Материалы международной научной конференции* (г. Воронеж, 6–7 февраля 2008 г.). Воронеж, Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета: 88–90.

Gusev A.V., Ermakova E. I. 2008b. Rare species and floristic findings in basin of river Sarma. *In: Современное состояние, проблемы и перспективы региональных ботанических исследований. Материалы международной научной конференции* (г. Воронеж, 6–7 февраля 2008 г.) [Current status, problems and prospects of regional botanical studies. Proceedings of the international scientific conference (Voronezh, 6–7 February 2008)]. Voronezh, Izdatel'sko-poligraficheskiy tsentr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta: 88–90. (in Russian)

11. Еленевский А.Г., Радыгина В.И., Чадаева Н.Н. 2004. Растения Белгородской области (конспект флоры). М., МПГУ, 119.

Elenevskiy A.G., Radygina V.I., Chaadaeva N.N. 2004. Rasteniya Belgorodskoy oblasti (konspekt flory) [Plants of Belgorod region (synopsis of flora)]. Moscow, MPGU, 119. (in Russian)

12. Золотухин Н.И. (отв. ред.). 2001. Красная книга Курской области. Т. 2: Редкие и исчезающие виды растений и грибов. Тула, Гриф и К, 165.

Zolotuhin N.I. (otv. red.). 2001. Krasnaya kniga Kurskoj oblasti. T. 2: Redkie i ischezajushhie vidy rastenij i gribov [The Red Book of the Kursk region. Vol. 2: Rare and endangered species of plants and fungi]. Tula, Grif i K, 165. (in Russian)

13. Маевский П.Ф. 2006. Флора Средней полосы европейской части России. М: Товарищество научных изданий КМК, 600.

Maevskij P.F. 2006. Flora srednej polosy evropejskoj chasti Rossii [Flora of the middle belt of the European part of Russia]. Moscow, Tovarishhestvo nauchnyh izdaniy KMK, 600. (in Russian)

14. Миноранский В.А. (отв. ред.). 2004. Красная книга Ростовской области. Т. 2: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения грибы, лишайники и растения. Ростов-на-Дону, Малыш, 334.

Minoranskij V.A. (otv. red.). 2004. Krasnaya kniga Rostovskoj oblasti. T. 2: Redkie i nahodjashhiesja pod ugrozoy ischeznovenija griby, lishajniki i rasteniya [The Red Book of the Rostov region. Vol. 2: Rare and endangered fungi, lichens and plants]. Rostov-on-Don, Malysch, 334. (in Russian)

15. Присный А.В. (общ. науч. ред.). 2005. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Белгород, ОАО «Белгородская областная типография», 532.

Prisniy A.V. (obsch. nauch. red.). 2005. Krasnaya kniga Belgorodskoj oblasti. Redkie i ischezajushhie rasteniya, griby, lishajniki i zhivotnye [Red book of Belgorod region. Rare and endangered plants, fungi, lichens and animals]. Belgorod, ОАО «Belgorodskaja oblastnaja tipografija», 532. (in Russian)

16. Солнышкина Е.Н. 2007. Характеристика видового состава растений балки Суры. *В кн.: Флора и растительность Центрального Черноземья – 2007. Материалы научной конференции* (г. Курск, 28 марта 2007 г.). Курск: 53–54.

Solnyshkina E.N. 2007. Characteristic plant species composition beams Sura. *In: Flora and vegetation of the Central Chernozem – 2007. Proceedings of the conference* (Kursk, 28 March 2007). Kursk: 53–54. (in Russian)

17. Цвелёв Н.Н. (отв. ред.). 1996. Флора Восточной Европы. Т. 9. Покрытосеменные. Двудольные. СПб., Мир и семья-95, 333.

Cveljov N.N. (otv. red.). 1996. Flora Vostochnoj Evropy. T. 9. Pokrytosemennye. Dvudol'nye [Flora of Eastern Europe. 9. T. Angiosperms. Bipartite]. Saint Petersburg, Mir i sem'ja-95, 333. (in Russian)

18. Шляхтин Г.В. (науч. ред.). 2006. Красная книга Саратовской области: Грибы. Лишайники. Растения. Животные. Саратов, Издательство Саратовской торгово-промышленной палаты, 528.

Shljahtin G.V. (nauch. red.). 2006. Krasnaya kniga Saratovskoj oblasti: Griby. Lishajniki. Rasteniya. Zhivotnye [The Red Book of the Saratov region: Mushrooms. Lichens. Plants. Animals]. Saratov, Izdatel'stvo Saratovskoj torгово-promyshlennoj palaty, 528. (in Russian)

19. Щербакова А.В. (науч. ред.). 2010. Красная книга Тульской области: Растения и грибы. Тула, Гриф и К, 393.

Shherbakova A.V. (nauch. red.). 2010. Krasnaya kniga Tul'skoj oblasti: Rasteniya i griby [The Red Book of the Tula region: Plants and Fungi]. Tula, Grif i K, 393. (in Russian)

20. Resolution №6 (1998) of the Standing Committee listing the species requiring specific habitat conservation measures (adopted by the Standing Committee on 4 December 1998).



УДК 574.2

МАТЕРИАЛЫ К НОВОМУ ИЗДАНИЮ КРАСНОЙ КНИГИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ. РАСТЕНИЯ. РЕГИОНАЛЬНЫЙ СПИСОК. ЧАСТЬ 6**MATERIALS TO THE NEW EDITION OF THE RED BOOK OF THE BELGOROD REGION. PLANTS. REGIONAL LIST. PART 6****Е.И. Ермакова, А.В. Гусев****E.I. Ermakova, A.V. Gusev***Новооскольская станция юных натуралистов, Россия, 309640, г. Новый Оскол, ул. Володарского, 32**Novooskolsky Station of Young Naturalists, 32 Volodarsky St, Novy Oskol, 309640, Russia**E-mail: sun@edunoskol.ru*

Ключевые слова: ладанниковые, зонтичные, грушанковые, первоцветные, свинчатковые, горечавковые, кутровые, вьюнковые, бурачниковые.

Key words: Cistaceae, Umbelliferae, Pyroleae, Primulaceae, Plumbaginaceae, Gentianaceae, Apocynaceae, Convolvulaceae, Boraginaceae.

Аннотация. В сохранении видового разнообразия сохранившихся природных комплексов определённую положительную роль играют региональные Красные книги.

В работе изложены данные об общем ареале, распространении в средней полосе европейской части России сосудистых растений, относящихся к семействам ладанниковых, зонтичных, грушанковых, первоцветных, свинчатковых, горечавковых, кутровых, вьюнковых, бурачниковых, рекомендуемых к внесению в новое издание Красной книги Белгородской области, основанные на анализе литературных источников, а также полученные авторами в ходе флористических исследований Белгородской области.

Ревизия локальных флор в центральных, восточных и юго-восточных административных районах Белгородской области, оценка частоты встречаемости, численности отдельных видов осуществлялись в ходе маршрутных экспедиций в течение нескольких лет в разные сезоны вегетационного периода.

Представленный материал, расширяет сведения о состоянии редких видов вошедших в первое издание Красной книги Белгородской области, дополняет список новыми видами, нуждающимися в охране. Для некоторых представлены сведения об отработке методики по их восстановлению в природных сообществах.

Resume. A certain positive role in the preservation of a specific variety of the surviving natural complexes is played by regional Red Lists.

In the work data on the general area, distribution in a midland of the European part of Russia of the vascular plants relating to families Cistaceae, Umbelliferae, Pyroleae, Primulaceae, Plumbaginaceae, Gentianaceae, Apocynaceae, Convolvulaceae and Boraginaceae, recommended for entering into the new edition of the Red List of the Belgorod region, based on the analysis of references, and also obtained by authors during floristic researches of the Belgorod region, are stated.

Survey of local floras in the central, east and southeast administrative regions of the Belgorod region, the assessment of frequency of occurrence, number of separate types were carried out during route expeditions within several years during different seasons of the vegetative period.

The presented material, expands data on the condition of the rare species which entered the first edition of the Red List of the Belgorod region supplements, the list with the new types needing protection. For some of them data on working out a technique on their restoration in natural communities are submitted.

Введение

Лугово-степные, лесные, водные экосистемы Центрального Черноземья, ещё сохраняющие высокую насыщенность редкими и угрожаемыми видами заслуживают максимально полной охраны.

В последние десятилетия изменился характер природопользования на территории Белгородской области. Значительно уменьшилась пастбищная нагрузка на лугово-степные комплексы, приведшая к зарастанию древесно-кустарниковой растительностью. Массово и регулярно наблюдаются осенние и весенние палы сухой растительной ветоши, негативно сказывающиеся на видовом составе и репрезентативности природных комплексов. Вместо сохранения площадь степных экосистем сокращается за счёт создания на них искусственных древесных насаждений. Многие водные объекты приобрели характер временных водотоков.

Ведение Красной книги Белгородской области должно стать основой для принятия мер по сохранению биоразнообразия природных комплексов, создания экологически обоснованной имеющей высокую репрезентативность сети особо охраняемых природных территорий, способной защитить лесостепной и степной биомы в масштабе области.

В данной статье представлены сведения о видах сосудистых растений, относящихся к отделу покрытосемянных, классу двудольных, семействам ладанниковых, зонтичных, грушанковых, первоцветных, свинчатковых, горечавковых, кутровых, вьюнковых, бурачниковых, рекомендуемых к внесению в новое издание Красной книги Белгородской области, основанные на анализе литературных источников, и исследованиях проведённых авторами в Белгородской области [Гусев, Ермакова, 2008; Гусев, Ермакова, 2013].

Сбор материала и регистрация видов на каждой конкретной исследуемой территории осуществлялись маршрутным методом в разные сезоны вегетационного периода с интервалом в две – четыре недели (с марта по октябрь) в течение нескольких лет (от двух до десяти).

Материал носит информационный характер и предназначен для полемики цель, которой – сформировать Список охраняемых растений к новому изданию Красной книги Белгородской области.

Систематика и названия растений даны по «Флоре средней полосы европейской части России» [Маевский, 2006]. Виды, переданные в гербарий им. Д.П. Сырейщикова МГУ(МВ), отмечены звёздочкой (*) [Гусев, 2013]. Расшифровка сокращений названий областей, республик и районов Белгородской области даны в статье А.В. Гусева «Виды Красной книги Российской Федерации во флоре Белгородской области (материалы к новому изданию Красной книги Белгородской области)» [Гусев, 2014].

Результаты исследований

Отдел Покрытосемянные – Angiospermae

Класс Двудольные – Dicotyledones

Сем. Ладанниковые – Cistaceae Juss.

1. Солнцецвет седой – *Helianthemum canum* (L.) Hornem.

Категория – VI [здесь и далее региональный статус по: Присный, 2005]. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Ворон., Курск. [Золотухин, 2001; Агафонов, 2011].

Европейский петрофильно-степной вид. Произрастает в Средней, Южной и Восточной Европе, на Балканском полуострове [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск. По карбонатным обнажениям, каменистым склонам [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. В Белг. указывается для: Короч., Ров.; нечасто [Еленевский и др., 2004]; Короч., Красн., НО., Ров. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Волок., Короч., Красн., Кргв., НО., Прох., Ров.

В Белг. растёт на меловых обнажениях. Встречается нередко.

2. Солнцецвет монетолистный – *Helianthemum nummularium* (L.) Mill.

Категория – VI. Рекомендуемая категория статуса редкости – V.

Внесён в Красные книги Брян., Курск., Морд., Самар., Саратов., Смолен., Тул., Ульянов. [Золотухин, 2001].

Растёт в Средней, Восточной и Южной Европе и на Кавказе. В России встречается в северо-западных, центральных и южных районах европейской части и в Предкавказье [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Брян., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск. (юг), Нижегород., Орл., Ряз., Самар., Саратов., Смолен., Тул., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Алекс., Валуй., Волок., Губ., Короч., Кргв., НО., СтО.; нередко [Еленевский и др., 2004]; Алекс., Валуй., Волок., Вейд., Короч., НО., Ров., СтО. и др. районов [Присный, 2005]. Нами отмечен в Валуй., Волок., Губ., Короч., Красн., НО., Прох., Ров., Черн.

В Белг. растёт на степных склонах, в петрофитных степях. Встречается нередко.

3. Солнцецвет меловой – *Helianthemum cretaceum* (Rupr.) Juz. (*H. rupifragum* auct. non A. Kerner).

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Ворон., Самар., Саратов., Ульянов. [Агафонов, 2011].

Волго-Донской эндемичный вид меловых и известняковых обнажений. Ареал компактный, восточноевропейский, охватывающий Центральный (юго-восток Верхне-Волжского и Волго-Донской районы), Западный (восток Днепровского района) флористические районы [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается Белг., Ворон., Самар., Саратов., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Алекс., Бел., Волок., Губ., Короч., Прох.; нередко [Еленевский и др., 2004].

В Белг. растёт на меловых обнажениях. Встречается нередко.

Сем. Зонтичные – Umbelliferae Juss. (*Apiaceae* Lindl.)

4. *Триния многостебельная – *Trinia multicaulis* (Poir.) Schischk.

Категория – V. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.



Внесён в Красную книгу Ряз., Тат. [Щеповских, 2006].

Европейский вид, распространённый в России в чернозёмной полосе европейской части, в том числе в областях Средней России [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Пенз., Ряз. (юг), Самар., Саратов., Тамб., Тул., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. вблизи восточной границы ареала. Указывается для: Губ., Короч., Прох., СтО.; нечасто [Еленевский и др., 2004]; Алекс., Вейд., Губ., Кргв., НО., Ров. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Волок., Красн., Кргв., НО., Прох.

В Белг. растёт в степях, по каменистым меловым склонам. Встречается нечасто.

5. * **Триния Китайбеля** – *Trinia kitaibelii* Bieb. (*T. ucrainica* Schischk.)

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Саратов. [Калюжная, 2006; Агафонов, 2011].

Европейский степной вид. Произрастает от Атлантической Европы и Средиземноморья до Кавказа [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Саратов.; редко [Маевский, 2006]. В Белг. на северо-восточной границе ареала. Сведений о распространении вида в Белг. нет [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Вейд., Короч., Красн., Кргв., НО., Ров.

В Белг. растёт в степях, по каменистым меловым склонам. Встречается изредка.

6. **Володушка многожилковая** – *Vupleurum multinerve* DC. (*B. alaunicum* Koso-Pol.; *V. ranunculoides* auct. non L.).

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красную книгу Курск. [Золотухин, 2001].

Преимущественно североазиатский вид. Произрастает в Южной Сибири и прилегающих районах Монголии. Обособленные фрагменты ареала на Урале и Среднерусской возвышенности. [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Губ.; очень редко [Еленевский и др., 2004].

В Белг. растёт в луговых степях, зарослях кустарников, по обнажениям мела. Встречается очень редко.

7. **Лазурник трехлопастный** – *Laser trilobum* (L.) Borkh.

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – IV.

Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Мар., Рост., Самар., Удмурт., Чув. [Миранский, 2004; Калюжная, 2006; Агафонов, 2011].

Произрастает в Европе, Малой Азии, на Кавказе, в Турции и Иране. В России широко распространён в южной половине европейской части [Губанов и др., 2003]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Нижегород., Пенз., Самар., Саратов., Тамб., Тат., Ульянов., Чув. [Маевский, 2006]. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Волок., НО.

В Белг. растёт в лесах, выходит на опушки преимущественно на меловой почве. Встречается изредка, но местами (на лесных опушках южных экспозиций) многочислен.

8. **Жабрица извилистая** – *Seseli tortuosum* L.

Не внесена в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

В списках охраняемых видов отсутствует.

Распространена в Украине, Беларуси, Молдове, во всех районах европейской части России (кроме Карело-Мурманского района) и Предкавказье, в том числе в чернозёмной полосе Средней России, в Западной Сибири (все районы), в Восточной Сибири (Ангаро-Саянский район), в Средней Азии. Растет на заливных, суходольных, субальпийских лугах, в сосновых, лиственных лесах, зарослях кустарников, луговых степях, нередко в залежах и вдоль дорог [Маевский, 2006]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Пенз., Самар., Саратов., Тамб., Ульянов. [Маевский, 2006]. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Вейд., Ров.

В Белг. растёт по петрофитным и луговым степям, с близким залеганием меловых пород. Встречается редко.

Сем. Грушанковые – *Pyrolaceae* Dumort.

9. **Зимолюбка зонтичная** – *Chimaphila umbellata* W.P.C. Barton

Не внесена в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Ворон., Иван., Калуж., Курск., Лип., Моск., Самар., Саратов., Чув., Ярослав. [Золотухин, 2001; Агафонов, 2011].

Распространена в лесной зоне Северного полушария. В России встречается преимущественно в нечернозёмных районах европейской части, а также в Сибири и на Дальнем Востоке

[Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях, но чаще в нечернозёмной полосе [Губанов и др., 2004; Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бор. [Арбузова, 2005].

В Белг. растёт в сосновых лесах, преимущественно на песчаной почве. Встречается редко.

10. Ортилия однобокая – *Orthilia secunda* (L.) House

Категория – II. Рекомендуемая категория статуса редкости – I.

Внесена в Красные книги Ворон., Курск. [Золотухин, 2001; Агафонов, 2011].

Голарктический вид. Распространена в лесах умеренной зоны Северного полушария. В России произрастает в европейской части, в том числе в Средней России (наиболее часто в нечернозёмной полосе), в Предкавказье, Сибири и на Дальнем Востоке [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях, в лесных – обыкновенно, к югу реже [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бел., Бор., Шеб.; нечасто [Еленевский и др., 2004]; Бел., Бор., Валуй., Короч., Шеб., [Присный, 2005]; НО. [Доронин, 1960].

В Белг. растёт в сосновых, берёзовых насаждениях, нагорных дубравах сформировавшихся на месте суборей. Встречается редко. Число популяций и занимаемая ими площадь на территории области незначительны.

11. *Грушанка круглолистная – *Pyrola rotundifolia* L.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Волг., Ворон., Самар., Саратов. [Калюжная, 2006; Агафонов, 2011].

Голарктический вид, произрастающий преимущественно в лесах умеренной зоны. Распространена в Европе (кроме южных районов), на Кавказе, в Средней Азии, Северной Америке, Гренландии. В России в европейской части, Предкавказье и Сибири [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях, в нечернозёмной полосе обыкновенно, южнее реже [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бел., Короч. [Сукачёв, 1903]; Губ., очень редко [Еленевский и др., 2004]; Бор. [Арбузова, 2005]; Бор., Губ., Шеб. [Присный, 2005]. Указывалась для Грайв. [Доронин, 1970]. Нами отмечена в НО.

В Белг. растёт в смешанных лесах, сосняках. Встречается очень редко. Число популяций и занимаемая ими площадь на территории области незначительны.

12. Грушанка малая – *Pyrola minor* L.

Не внесена в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Ворон., Самар., Саратов, Татар. [Щеповских, 2006; Агафонов, 2011].

Распространена в лесной зоне Северного полушария. В России произрастает в европейской части, Предкавказье, Сибири и на Дальнем Востоке. Обыкновенный вид в нечернозёмной полосе Средней России, южнее встречается намного реже [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бел., Шеб., Яковл.; редко [Еленевский и др., 2004].

В Белг. растёт в лесах, на почвах от среднесухих до влажных, предпочитает кислые почвы. Встречается редко.

Сем. Первоцветные – *Primulaceae* Vent.

13. Глаукс морской – *Glaux maritima* L.

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Ворон., Тамб. [Агафонов, 2011].

Циркумбореальный галофильный вид. Произрастает в умеренной зоне и отчасти в аридных районах Северного полушария, в Евразии (от Атлантической Европы и Средиземноморья до Китая и Японии), Северной Америке [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Пенз., Самар., Саратов, Тамб., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Алекс., очень редко; приводился для Грайв. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Ров.

В Белг. растёт на солонцах, сырых солонцеватых лугах. Встречается очень редко.

14. Наумбургия кистецветная – *Naumburgia thyrsoflora* (L.) Reichenb.

Не внесена в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красную книгу Волг., Рост. [Калюжная, 2006].

Распространена в холодном и умеренном поясах Северного полушария: Восточная и Центральная Европа, Средняя Азия, Скандинавия, Монголия, Гималаи, Китай, Северная Америка. На территории России известна практически повсюду (кроме сухих степей, полупустынь и Кавказа), в том числе в Сибири, на Дальнем Востоке, Камчатке, Курилах. Растёт по топким берегам водоёмов, на болотах, по сырым лесам [Миноранский, 2004; Калюжная, 2006]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях, на юго-востоке изредка



[Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Грайв., Яковл.; редко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Бор., НО., Ров.

В Белг. растёт по топким берегам водоёмов, сырым пойменным лугам. Встречается редко.

Сем. Свинчатковые – *Plumbaginaceae* Juss.

15. ***Кермек опушённый** – *Limonium tomentellum* (Boiss.) Kuntze

Категория – III. Рекоменгуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Ворон., Лип., Пенз., Саратов., Тамб. [Агафонов, 2011].

Юго-восточноевропейско-среднеазиатский галофильный вид. Растение с небольшим ареалом, расположенным в южных областях России (бассейн Дона (юг), Нижнее Поволжье), степном Крыму и Южной Украине, в юго-западной части Западной Сибири и на северо-западе Средней Азии [Губанов и др., 2004; Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается Ворон., Лип. (юго-восток), Пенз., Тамб. (юг), Саратов. В степной зоне часто, в лесостепи спорадично [Маевский, 2006]. В Белг. близ северо-западной границы ареала. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004; Маевский, 2006]. Указывается для: Ров. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Ров.

В Белг. приурочен к солончаковым участкам степей, засоленным лугам. Обязательный галофит. Встречается изредка, но местами в массе.

16. **Кермек широколистный** – *Limonium platyphyllum* Lincz.

Не внесён в Красную книгу Белг. Рекоменгуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красную книгу Ворон. [Агафонов, 2011].

Юго-восточноевропейско-западноазиатский вид. Встречается в юго-восточных районах Средней Европы, на юге Украины, в Республике Молдове, на Нижнем Дону, Нижней Волге и Кавказе [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг. (юго-восток), Ворон. (юг) [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Ров.

В Белг. по степным склонам, засоленным песчаным степям. Встречается редко.

Сем. Горечавковые – *Gentianaceae* Juss.

17. ***Золототысячник обыкновенный** (малый) – *Centaurium erythraea* Rafn.

Категория – V. Рекоменгуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Тат., Удмурт. [Щеповских, 2006].

Евразийский вид, распространённый преимущественно в Европе, на Кавказе, в Малой и Средней Азии, Казахстане. Встречается почти во всех районах Европейской России (кроме самых северных), в том числе во всех центральных областях [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается, по-видимому, во всех областях кроме Саратов. В южных областях редок. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бор., Ракит. [Еленевский и др., 2004]; Бел., Бор., Губ., НО. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Валуй., Ров.

В Белг. растёт на заливных лугах, окраинах водоёмов, влажных залежах. Встречается редко.

18. **Горечавка крестовидная** – *Gentiana cruciata* L.

Категория – III. Рекоменгуемая категория статуса редкости – V.

Внесена в Красные книги Влад., Волг., Ворон., Курск., Орл., Пенз., Рост., Самар., Саратов., Тамб., Твер., Чув. [Золотухин, 2001; Миноранский, 2004; Каложная, 2006; Агафонов, 2011].

Распространена в умеренном поясе Европы, на Кавказе, в Малой Азии, на северо-западе Средней Азии. В России произрастает в европейской части, Предкавказье и Западной Сибири [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается, по-видимому, во всех областях [Маевский, 2006]. В Белг. на юго-восточной границе ареала. Указывается для: Бор., Губ., НО., Шиб.; нечасто [Еленевский и др., 2004]; Короч., Красн., НО., Яковл. [Присный, 2005]. Нами отмечена в Алекс., Валуй., Вейд., Волок., Губ., Короч., Красн., Кргв., НО., Прох., Ров., Черн., Шиб.

В Белг. растёт на лугово-степных склонах, слабо задернованных обнажениях карбонатных пород, среди кустарников, на опушках байрачных дубрав. Встречается изредка.

19. **Горечавка легочная** – *Gentiana pneumonanthe* L.

Категория – III. Рекоменгуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Волг., Ворон., Калуж., Курск., Лип., Пенз., Рост., Самар., Саратов., Тамб., Тат., Твер., Тул., Удмурт., Ульянов., Чув. [Золотухин, 2001; Миноранский, 2004; Каложная, 2006; Щеповских, 2006; Агафонов, 2011].

Распространена в умеренном поясе Евразии. В России встречается в европейской части, на Кавказе и в Сибири. Реликт третичного периода [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях [Маевский, 2006]. В Белг. указывается

для: Бор., Губ. [Еленевский и др., 2004]; Бор., Губ., Короч., Красн., НО. [Присный, 2005]. Нами отмечена в Валуй, НО.

В Белг. растёт на пойменных лугах, полянах дубрав, в луговых степях. Встречается редко.

Сем. Бьюнковые – *Convolvulaceae* Juss.

20. * **Бьюнок узколистый** – *Convolvulus lineatus* L.

Категория – IV. Рекомендуются категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Ворон., Саратов. [Агафонов, 2011].

Европейско-западноазиатский вид. Европейская часть ареала охватывает южные районы Средней и Восточной Европы, Средиземноморье. В Азии встречается в Иране, на Малоазиатском п-ве, в Западной Сибири и Средней Азии [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон. [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Указывается для: Валуй., Ров., Шеб.; нечасто [Еленевский и др., 2004]; Ров., Шеб. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Ров.

В Белг. произрастает на меловых обнажениях. Встречается нечасто.

В государственном природном заповеднике «Белогорье» отрабатывается методика восстановления вида в природных сообществах.

Сем. Бурачниковые – *Boraginaceae* Juss.

21. * **Воробейник пурпурово-голубой** – *Lithospermum purpureo-coeruleum* L. (*Aegonochon purpureo-coeruleum* (L.) Holub).

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белг. Рекомендуются категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Ворон., Ростов. [Миноранский, 2004; Агафонов, 2011].

Европейско-малоазиатский лесной вид. Произрастает в Средней и Атлантической Европе, Средиземноморье, Молдове, Украине, на Кавказе, в Малой Азии, в Японии. На территории России отмечен в Белг., Ворон., Ростов., Саратов., а так же на Кавказе. Редкое растение [Миноранский, 2004; Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Саратов. [Маевский, 2006]. В Белг. близ восточной границы ареала. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в НО., Шеб.

В Белг. растёт в лесах. Встречается редко.

22. **Гакелия поникшая** – *Hackelia deflexa* (Wahlenb.) Opiz

Категория – III. Рекомендуются категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Лип., Тат., Удмурт. [Щеповских, 2006].

Евразийский вид. В России распространена в европейской части, кроме арктических районов и степного юга, в Сибири и на Дальнем Востоке (повсеместно) [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается редко. До сих пор известна лишь из Ворон., Лип., Нижегород. [Губанов и др., 2004]. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004; Маевский, 2006]. Нами отмечена в НО.

В Белг. растёт в сосновых насаждениях, на песчаной почве. Встречается очень редко.

23. * **Медуница узколистая** – *Pulmonaria angustifolia* L.

Не внесена в Красную книгу Белг. Рекомендуются категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Калуж., Моск., Смол., Чув. [Зубакин, 1998].

Вид с европейским ареалом, занимающим, в том числе и южную половину Европейской России [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается, по видимому, во всех областях, кроме Иван., Твер., Ярослав., севернее редко, преимущественно в сухих борах [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Губ., Бел.; очень редко [Еленевский и др., 2004]; Губ. [Солнышкина, 2007]. Нами отмечена в НО.

В Белг. растёт по лиственным лесам, иногда на остепнённых склонах. Встречается редко.

24. **Окопник таврический** (О. крымский) – *Symphytum tauricum* Willd.

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белг. Рекомендуются категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Волг., Ворон. [Каложная, 2006; Агафонов, 2011].

Юго-восточноевропейско-малоазиатский вид. Встречается на Нижнем Дону, Кавказе, в Западном Закавказье. Северо-западная граница ареала доходит до Среднего Днестра, южная – до севера Балканского п-ова [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., заносное в Моск. [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Вейд.

В Белг. растёт в лесах. Встречается очень редко.

25. * **Оносма многоцветная** – *Onosma polychroma* Klok.

Не внесена в Красную книгу Белг. Рекомендуются категория статуса редкости – III.



Внесена в Красные книги Ворон., Самар., Ульянов. [Агафонов, 2011].

Вид с небольшим ареалом, занимающим степную зону Европейской России и прилегающие районы Западной Сибири и Северного Казахстана [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Ворон., Саратов., Ульянов., как заносное в Пенз. [Маевский, 2006]. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004; Маевский, 2006]. Нами отмечена в Ров. В Белг. на северной границе ареала.

В Белг. растёт в степях, на обнажениях меловых пород. Встречается очень редко.

26. Оносма красильная – *Onosma tinctorium* M.V.

Категория – III. Рекоменгуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красную книгу Ворон. [Агафонов, 2011].

Встречается в Причерноморье, Крыму, Предкавказье. Северная граница доходит до Среднего Днепра, Среднего Дона, Нижней Волги. Эндемик степей юго-востока России [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается только в Белг., Ворон. [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Указывается для: Вейд. [Присный, 2005]. Вид не указан для Белг. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в Вейд., Ров.

В Белг. растёт в степях, в том числе петрофитных, песчаных, глинистых. Встречается редко.

27. *Синяк русский – *Echium russicum* J.F. Gmel.

Категория – III. Рекоменгуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красную книгу Курск. [Золотухин, 2001].

Включён в Приложение 1 к Резолюции № 6 (1998) Постоянного комитета Бернской конвенции о биологическом разнообразии (вид европейского значения) [Resolution ..., 1998]

Степной понтический вид с небольшим ареалом, занимающим степную полосу Средней и Южной Европы, многие районы Кавказа и Малой Азии. В России распространён в южной половине европейской части и на Северном Кавказе [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Моск. (юг), Орл., Пенз., Ряз., Саратов., Тамб., Тул., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. близ восточной границы ареала. Указывается для: Бел., Бор., Губ., Короч.; редко [Еленевский и др., 2004]; Губ., НО. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Вейд., Губ., Красн., Кргов., НО., Ров.

В Белг. растёт в степях, по каменистым склонам. Встречается изредка.

Список литературы

References

1. Агафонов В.А. (науч. ред.). 2011. Красная книга Воронежской области. Т. 1: Растения. Лишайники. Грибы. Воронеж, МОДЭК, 472.
Agafonov V.A. (nauch. red.). 2011. Krasnaja kniga Voronezhskoj oblasti. T. 1: Rastenija. Lishajniki. Griby [The Red Book of the Voronezh region. Vol. 1: Plants. Lichens. Mushrooms]. Voronezh, MODJeK, 472. (in Russian)
2. Арбузова М.В. 2005. Некоторые дополнения к флоре Белгородской области. В кн. Флора и растительность Центрального Черноземья – 2005. Материалы научной конференции (Курск, 24 марта 2005 г.). Курск, ИПКиПРО: 10.
Arbuzova M.V. 2005. Nekotorye dopolnenija k flore Belgorodskoj oblasti. V kn. Flora i rastitel'nost' Central'nogo Chernozem'ja – 2005. Materialy nauchnoj konferencii (Kursk, 24 marta 2005 g.) [Flora and vegetation of the Central Chernozem – 2005. Proceedings of the conference (Kursk, 24 March 2005)]. Kursk, IPKiPRO: 10. (in Russian)
3. Губанов И.А., Киселёва В.К., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. 2003. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М., Товарищество научных изданий КМК, 665.
Gubanov I.A., Kiseljova V.K., Novikov V.S., Tihomirov V.N. 2003. Illjustrirovannyj opredelitel' rastenij srednej Rossii. T. 2: Pokrytosemennye (dvudol'nye: razdel'nolepestnyje) [Illustrated Keys of Plants of Middle Russia. T. 2: Angiosperms (bipartite: polypetalae)]. М., Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 665. (in Russian)
4. Губанов И.А., Киселёва В.К., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. 2004. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 3. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). М., Товарищество научных изданий КМК, 520.
Gubanov I.A., Kiseljova V.K., Novikov V.S., Tihomirov V.N. 2004. Illjustrirovannyj opredelitel' rastenij srednej Rossii. T. 3: Pokrytosemennye (dvudol'nye: razdel'nolepestnyje) [Illustrated Keys of Plants of Middle Russia. T. 3: Angiosperms (bipartite: polypetalae)]. М., Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 520. (in Russian)
5. Гусев А.В. 2013. Список охраняемых и редких видов переданных в МГУ. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 25 (24): 15–24.
Gusev A.V. 2013. List of protected and endangered species transferred to MSU. Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennyye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 25 (24): 15–24. (in Russian)

6. Гусев А.В. 2014. Виды Красной книги РФ во флоре Белгородской области (материалы к новому изданию Красной книги Белгородской области). Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 26 (3): 27–38.

Gusev A.V. 2014. Types of Red Data Book of the Russian Federation in the flora of the Belgorod region (materials for a new edition of the Red Book of the Belgorod region). Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 26 (3): 27–38. (in Russian)

7. Гусев А.В., Ермакова Е.И. 2008. Предложения о включении в Красную книгу Белгородской области некоторых видов сосудистых растений. В кн.: Живые объекты в условиях антропогенного пресса. Материалы X международной научно-практической экологической конференции (г. Белгород, 15–18 сентября 2008 г.). Белгород, ИПЦ «ПОЛИТЕРРА»: 59–60.

Gusev A.V., Ermakova E.I. 2008. Proposals for inclusion in the Red Data Book of the Belgorod region of some species of vascular plants. In: Zhivye ob'ekty v usloviyah antropogenogo pressa. Materialy X mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj jekologicheskoy konferencii (g. Belgorod, 15–18 sentjabrja 2008 g.) [Living objects under anthropogenic pressure. Proceedings of the X international scientific and practical environmental conference (Belgorod, 15–18 September 2008)]. Belgorod, IPC «POLITERRA»: 59–60. (in Russian)

8. Гусев А.В., Ермакова Е.И. 2013. Флористические находки в восточных и юго-восточных районах Белгородской области. В кн.: Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013. Материалы научной конференции (г. Курск, 6 апреля 2013 г.). Курск, Курский государственный университет: 16–20.

Gusev A.V., Ermakova E.I. 2013. Floristic findings in the eastern and south-eastern areas of the Belgorod region. In: Flora i rastitel'nost' Central'nogo Chernozem'ja – 2013. Materialy nauchnoj konferencii (g. Kursk, 6 aprel'ja 2013 g.) [Flora and vegetation of the Central Chernozem – 2013. Proceedings of the conference (Kursk, 6 April 2013)]. Kursk, Kurskij gosudarstvennyj universitet: 16–20. (in Russian)

9. Доронин Ю.А. 1960. Остатки мелового бора в урочище «Стенки-Изгорье» и его значение. Труды Воронежского областного краеведческого музея, 1: 94–110.

Doronin Ju.A. 1960. Remains of the Cretaceous boron in the tract «Stenki-Izgor'e» and its significance. Trudy Voronezhskogo oblastnogo kraevedcheskogo muzeja, 1: 94–110. (in Russian)

10. Доронин Ю.А. 1970. Современное состояние меловых боров Среднерусской возвышенности. Известия Воронежского государственного педагогического института, 112: 28–35.

Doronin Ju.A. 1970. The current state of the Cretaceous hog Upland. Izvestija Voronezhskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo instituta, 112: 28–35. (in Russian)

11. Еленевский А.Г. и др. 2004. Растения Белгородской области (конспект флоры). М., МПГУ, 119.

Elenevskiy A.G., Radygina V.I., Chaadaeva N.N. 2004. Rasteniya Belgorodskoy oblasti (konspekt flory) [Plants of Belgorod region (synopsis of flora)]. Moscow, MPGU, 119. (in Russian)

12. Золотухин Н.И. (отв. ред.). 2001. Красная книга Курской области. Т. 2: Редкие и исчезающие виды растений и грибов. Тула, Гриф и К, 165.

Zolotuhin N.I. (otv. red.). 2001. Krasnaja kniga Kurskoj oblasti. T. 2: Redkie i ischezajushhie vidy rastenij i gribov [The Red Book of the Kursk region. Vol. 2: Rare and endangered species of plants and fungi]. Tula, Grif i K, 165. (in Russian)

13. Зубакин В.А., Тихомиров В.П. (отв. ред.). 1998. Красная книга Московской области. М., Аргус: Русский университет, 560.

Zubakin V.A., Tihomirov V.P. (otv. red.). 1998. Krasnaja kniga Moskovskoj oblasti [The Red Book of Moscow Region]. Moscow, Argus, Russkij universitet, 560. (in Russian)

14. Калюжная Н.С. (отв. ред.). 2006. Красная книга Волгоградской области. Т. 2. Растения и грибы. Волгоград, 236.

Kaljuzhnaja N.S. (otv. red.). 2006. Krasnaja kniga Volgogradskoj oblasti. T. 2. Rasteniya i griby [The Red Book of the Volgograd region. Vol. 2. Plants and fungi]. Volgograd, 236. (in Russian)

15. Маевский П.Ф. 2006. Флора средней полосы европейской части России. М: Товарищество научных изданий КМК, 600.

Maevskij P.F. 2006. Flora srednej polosy evropejskoj chasti Rossii [Flora of the middle belt of the European part of Russia]. Moscow, Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 600. (in Russian)

16. Миноранский В.А. (отв. ред.). 2004. Красная книга Ростовской области. Т. 2: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения грибы, лишайники и растения. Ростов-на-Дону, Малыш, 334.

Minoranskij V.A. (otv. red.). 2004. Krasnaja kniga Rostovskoj oblasti. T. 2: Redkie i nahodjashiesja pod ugrozoy ischeznovenija griby, lishajniki i rasteniya [The Red Book of the Rostov region. Vol. 2: Rare and endangered fungi, lichens and plants]. Rostov-on-Don, Malysh, 334. (in Russian)

17. Присный А.В. (общ. науч. ред.). 2005. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Белгород, ОАО «Белгородская областная типография», 532.

Prisnij A.V. (obsch. nauch. red.). 2005. Krasnaja kniga Belgorodskoj oblasti. Redkie i ischezajushhie rasteniya, griby, lishajniki i zhivotnye [Red book of Belgorod region. Rare and endangered plants, fungi, lichens and animals]. Belgorod, ОАО «Belgorodskaja oblastnaja tipografija», 532. (in Russian)

18. Солнышкина Е.Н. 2007. Характеристика видового состава растений балки Суры. В кн.: Флора и растительность Центрального Черноземья – 2007. Материалы научной конференции (г. Курск, 28 марта 2007 г.). Курск: 53–54.



Solnyshkina E.N. 2007. Characteristic plant species composition beams Sura. *In*: Flora and vegetation of the Central Chernozem – 2007. Proceedings of the conference (Kursk, 28 March 2007). Kursk: 53–54. (in Russian)

19. Сукачѳв В.Н. 1903. Очерк растительности юго-восточной части Курской губернии. СПб., Типо-литография М.П. Фроловой, 226.

Sukachjov V.N. 1903. Oчерk rastitel'nosti jugo-vostochnoj chasti Kurskoj gubernii [Essay vegetation south-eastern part of the Kursk province]. St. Petersburg, Tipo-litografija M.P. Frolovoj, 226. (in Russian)

20. Щеповских А.И., Бойко В.А., Горшков М.А., Рогова Т.В. (ред.). 2006. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы) [The Red Book of the Republic of Tatarstan (animals, plants, fungi)]. Казань, «Идел-Пресс», 832.

Shhepovskih A.I., Bojko V.A., Gorshkov M.A., Rogova T.V. (red.). 2006. Krasnaja kniga Respubliki Tatarstan (zhivotnye, rastenija, griby). Kazan', «Idel-Press», 832. (in Russian)

21. Resolution № 6 (1998) of the Standing Committee listing the species requiring specific habitat conservation measures (adopted by the Standing Committee on 4 December 1998).

УДК 502.75: 582 502.753 502. 712

ИНТРОДУКЦИЯ КАЛЬЦЕФИЛЬНЫХ ВИДОВ ФЛОРЫ ВНЕ ПРИРОДНЫХ АРЕАЛОВ И НОВЫЙ МЕТОД СОЗДАНИЯ РОКАРИЕВ-ЭКОТРОНОВ НА ИХ ОСНОВЕ

CULTIVATION OF CALCIPHILIC SPECIES OUTSIDE NATIVE AREA AND NEW METHOD OF CREATION OF ROCKERIES AS ECOTRONS

А.К. Мамонтов

A.K. Mamontov

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН), Россия, 127276, г. Москва,
ул. Ботаническая, 4

N.V. Tsitsin Main Botanical Garden Russian Academy of Sciences, 127276, 4 Botanicheskaya St, Moscow, 127276, Russia

E-mail: veidelev@rambler.ru

Ключевые слова: интродукция, кальцефильные виды, рокарий, экотрон.
Key words: cultivation, calcicole species, rocard, ecotron.

Аннотация. Показаны актуальность и эффективность сохранения кальцефильных видов Среднерусской возвышенности *ex situ* с помощью нового метода создания искусственных экосистем в условиях рокария. Основные факторы, положительно влияющие на их культуру в избыточно увлажнённом регионе, выявленные в ходе пятилетнего эксперимента. При создании рокария-экотрона на основе равнинных видов впервые делается акцент на важности микроразнообразия и поддержания разнообразия консортивных связей. Применены материалы и способы организации пространства, оптимальные для устойчивости искусственных форм рельефа и виды, способные эффективно закреплять эрозионно-опасные поверхности. Создана зона перехода между сообществами кальцефильных интродуцентов и сообществами местной флоры на основе конкурентоспособных видов экологически близких флористических комплексов, как степные дерновинные злаки. Обосновано применение разнообразных литологических компонентов, сопутствующих карбонатным породам, т. к. они характеризуют весь спектр местообитаний, раскрывают особые предпочтения видов и делают многоплановой саму структуру экспозиции. В работе применены щадящие способы мобилизации материала в природных экосистемах. Оптимизированы условия выращивания за счет снижения зависимости от ухода и сохранения генофонда максимального числа таксонов при задействовании минимальных объемов ресурсов.

Resume. We established effectiveness of calciphilic species conservation in Middle Russian Upland (*ex situ*) by new method of made ecosystems creation under rockeries. We considered main factors influence on their cultivation in excessive moisture conditions.

The article discusses the main factors positively influencing their species in excessively humid regions, identified in the five-year experiment. First we focus on the importance of spatial preferences of plants during creating rockeries-ecotron based lowland species, i.e. the formation of cenoses, taking into account the maintenance of diversity of microzonal consort connections that results to reconstructing the foundations of the ecosystem. The article shows the use of materials and methods of organizing place, contributing to the stability of artificial forms of relief in this place of the introduction and species that can most efficiently and quickly fix the dangerous erosion surface, increasing drainage by increasing the steepness of the slopes. Proposed organization of smooth transition between cenoses of calciphilic exotic species and cenoses of native flora based on competitive types of ecologically similar floristic complexes, for example steppe turf grasses. It is justified the use of various lithological components associated carbonate rocks, as they describe the whole range of habitats and help to refine the optimal preferences plants, make multidimensional structure of exposure.

Введение

Во многих регионах юга Среднерусской возвышенности кальцефильные виды представляют основу охраняемых перечней таксонов [Красная книга ..., 2005], вместе с тем стремительно сокращающуюся в численности [Мамонтов, 2013]. Сохранение в доступных коллекциях *ex situ* большинства таких растений один из актуальных и действенных способов решения проблемы. Опыты интродукции кальцефилов за пределами их ареалов представляют большой интерес, так как результаты такой работы могут стать основой для продвижения их в новые регионы и быть руководством для подобных групп растений. Такие работы проводились в крупнейших ботанических садах России: Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина (ГБС РАН) и МГУ на протяжении более полувека [Трулевич и др., 2007; Растения ..., 2013]. Однако, ощутимо приблизится к решению проблемы до сих пор не удавалось, так как получены лишь единичные устойчивые культивары, что убеждает в необходимости модернизации уже известных альтернативных *in situ* способов сохранения исчезающих таксонов флоры. Для более эффективной



адаптации кальцефилов, на наш взгляд, необходимо связать процесс с устройством каменных садов, таких как рокарии, минуя предварительные испытания в обычных условиях питомника, что позволит получить ряд здоровых маточных растений и их репродукцию для дальнейшего изучения. В ботанических садах опыт их культивирования пока не позиционируется как организация полноценных экосистем, с присущими им закономерностями.

Материал и методы исследований

Интродукционный поиск проходил с 2006 г. в ходе маршрутно-флористического изучения восточных районов Белгородской [Мамонтов, Решетникова, 2008] и Курской областей. Для мобилизации кальцефильных видов природной флоры и создания коллекции в ГБС было сделано свыше 25 экспедиций в различные районы указанных регионов. С 2010 г. ведутся работы по созданию экспозиции кальцефильной флоры, повторно изучены и неудачно испытанные ранее виды и ряд новых видов, всего свыше 100 таксонов. В их составе не ограничивались только редкими, вошли также широко распространенные и случайно попавшие образцы. Для воссоздания необходимых условий культивирования проведены геопластические и агротехнические работы. Пункт интродукции, где проходят испытания, расположен в северной части Москвы в ГБС РАН на стыке Останкинской дубравы с массивами разнообразных интродуцентов, поэтому помимо избыточного увлажнения работу здесь осложняет близость высоких деревьев. Впервые флористическая экспозиция была построена не по принципу обобщения кальцефильной флоры обширных географических регионов как Среднерусская и Приволжская возвышенности, а в отображении детальных особенностей флоры относительно небольших по своему уникальных территорий. Экспозиция разделена на структурные части – искусственные возвышенности, представляющие кальцефильную флору бассейна р. Оскол (показаны основные флористические особенности Верхнего и Среднего Поосколья) и флору бассейна р. Айдар, как репрезентативных выделов в пределах Белгородской и Курской областей. Это даёт возможность сравнить состав ряда видов в бассейнах разных рек и видеть, как меняется состав их флоры с географической точки зрения. Такой подход также позволил обеспечить растения в процессе культивирования привычным для них взаимодействием с видами природных сообществ.

Потребовалось значительно усилить щелочной показатель местного эдафона известковыми компонентами, но гораздо сложнее оказалось регулировать баланс влаги. Основной барьер для жизни растений меловых обнажений представляет высокий показатель среднегодового количества осадков, в полтора раза превышающий показатель естественных местообитаний. На начальных этапах работы выяснилось, что даже в условиях сильно приподнятой возвышенности при длительной дождливой погоде накапливается такое количество воды, от которого большинство растений за короткий срок начала лета набирает чрезмерную вегетативную массу и это накладывает отпечаток на весь последующий период развития. В результате они очень поздно цветут и не успевают завязать плоды, габитуально мало похожи на природные экземпляры и становятся более подверженными неблагоприятным погодным условиям и заболеваниям. Прежде всего, это относится к облигатным кальцефилам. Поэтому необходимо было найти новый метод адаптации таких растений.

Результаты и их обсуждение

Создание устойчивых интродукционных популяций стенотопных видов в не соответствующих по климатическим и экологическим показателям условиям бессмысленно проводить в отрыве от идей искусственных экосистем. На наш взгляд, эффективно влиять на их рост и развитие можно только с созданием полноценных устойчивых аналогов экосистем с поправкой на местные условия, которые возможно создавать как своеобразные «культурные заповедники» и вне ареалов видов, что выводит опыт организации флористической экспозиции на новый природоохранный уровень.

Возможность создания максимально замкнутого аналога природной экосистемы в работах ряда авторов рассматривается в рамках вопроса организации систем жизнеобеспечения, изолированных от окружающей среды. В представлениях А.С. Керженцева и др. физическая модель управляемой экосистемы представляет собой экотрон, в основе которого взаимодействие фитоценоза и педоценоза, развивающихся в автономных условиях [Керженцев и др., 2003]. В вопросах интродукции стенотопных групп видов, таких как кальцефилы, взаимодействие фитоценозов с субстратами также имеет решающее значение. Но в данном проекте в обеспечении полной автономности нет необходимости, так как работа сознательно ведется в открытом грунте, но к обособленности в некотором смысле мы все же стремились, так

как местная флора состоит из более конкурентоспособных видов, часто агрессивных к интродуцентам.

В связи с этим мы предлагаем новый в интродукционной практике метод создания рокария-экотрона на основе равнинных кальцефильных видов, испытанный в условиях избыточного увлажнения г. Москвы, его основные положения:

1. Создание рокария с учетом ценотических и пространственных предпочтений растений, т. е. формирование сообществ в условиях высотной дифференциации по типу экотрона – искусственной кальцефильной экосистемы с поддержанием разнообразия консортивных связей.
2. Применение материалов, способствующих устойчивости искусственных форм рельефа в данном пункте интродукции и видов, способных наиболее эффективно и быстро закреплять эрозионно-опасные поверхности, усиление дренированности за счет увеличения крутизны склонов.
3. Организация полосы плавного перехода между сообществами кальцефильных интродуцентов и сообществами местной флоры на основе конкурентоспособных видов экологически близких флористических комплексов, например степных дерновинных злаков.
4. Использование в построении разнообразных литологических компонентов, сопутствующих карбонатным породам, т.к. они характеризуют весь спектр местообитаний и помогают детализировать оптимальные предпочтения растений, делают многоплановой саму структуру экспозиции.
5. Применение щадящих способов мобилизации материала в природных экосистемах. Оптимизация условий выращивания за счет снижения зависимости от ухода и сохранения генофонда максимального числа таксонов при задействовании минимальных объемов ресурсов.

Для экосистем большое значение имеют не только ярусное распределение внутри фитоценозов, но также их ландшафтная дифференциация. Несмотря на отсутствие высотных поясов на территории Среднерусской возвышенности, ряд исследователей и наши наблюдения показывают, что некоторые виды приурочены не только к конкретно ориентированным склонам, но и определенным высотным ярусам рельефа. В бассейне Дона на относительно коротких участках склонов долин перепад высот достигает 170 м [Мильков, 1985]. В подобных условиях зональный тип ландшафта подчиняется микрозональности. При крутизне склонов более 3° начинается обособление микрозон: приводораздельная, переход от плакора к склону; прирвовочная (верхнесклоновая), со смытыми почвами, иногда с выходом коренных пород – урочища меловых и известняковых круч, где растительный покров разрежен; среднесклоновая; нижнесклоновая, или подножная. Необходимо учитывать, что в силу небольших высотных диапазонов, резко очерченными во флористическом отношении границы таких микрозон быть не могут. Но в ходе изучения природной флоры мы выявили конкретные сообщества, положение которых относительно форм рельефа многократно повторяется. Если это соотносить с устойчивостью древних полуостанцов и т. п., то становится понятным наиболее оптимальное распределение растений. Природные сочетания растений и их положение в рельефе способствуют его максимальной устойчивости к внешним факторам, что является залогом стабильности сформировавшихся здесь экосистем. В работах по созданию живых коллекций кальцефильных видов этот существенный фактор не учитывался, но, именно он во многом приближает к созданию аналогов экосистем, и мы впервые учли его в данной работе.

Растения в экспозиции сгруппированы в соответствии с их приуроченностью к названным микрозонам (приводятся некоторые характерные виды) по региональному принципу и с учетом солнечного освещения. Посадка и посев в рокарии основаны на частоте встречаемости видов в конкретных микрозонах, изученных в природе. Названия приведены преимущественно по данным [Черепанов, 1995]. В верхней части рокария (соответствует приводораздельной зоне) размещены: *Allium flavescens* Bess., *Cleistogenes squarrosa* (Trin.) Keng., *Dianthus campestris* Bieb., *Ephedra distachya* L., *Galatella linoisyris* (L.) Reichenb. fil., *G. villosa* (L.) Reichenb., *Iris pumila* L., Andr. ex DC., *Silene chlorantha* (Willd.) Ehrh., *Veronica incana* L., в Среднем Поосколье и бассейне Айдара они часто соседствуют с псаммофильным и галофильным комплексами. В Верхнем Поосколье в этой микрозоне встречаются крупные популяции *Daphne sneorum* L. subsp. *julii* K.-Pol. и *Schivereckia podolica* Besser., Andr. ex DC.

В средней части (прирвовочная и среднесклоновая): *Androsace villosa* L., *Allium paniculatum* L., *A. sphaerocephalon* L., *Alyssum tortuosum* Waldst. & Kit. ex Willd., *Artemisia hololeuca* Bieb. ex Bess., *A. salsoloides* Willd., *Asperula tephrocarpa* Czern. ex M. Pop. & Chrshan., *Astragalus albicaulis* DC., *Carex humilis* Leyss., *Centaurea marschalliana* Spreng., *C. orientalis* L., *C. ruthenica* Lam., *Cephalaria uralensis* (Murr.) Schrad. ex Roem. & Schult., *Crambe tataria* Sebeok, *Daphne sophia* Kalenicz., *Genista tanaitica* P. Smirn., *Erucastrum cretaceum* Kotov, *Euphorbia seguieriana* Neck., *Hedysarum grandiflorum* Pall., *H. ucranicum* Kaschm., *Helianthemum canum* (L.) Hornem., *H. rupifragum* A. Kern., *Hyssopus cretaceus* Dubjan., *Linaria cretacea* Fisch. ex Spreng., *Linum*



nervosum Waldst. & Kit., *Linum perenne* L., *L. ucranicum* Czern., *Matthiola fragrans* Bunge., *Onosma simplicissima* L., *Polygala cretacea* Kotov, *P. sibirica* L., *Silene cretacea* Fisch. ex Spreng., *Thesium arvense* Horvatovszky, *Viola rupestris* F.W. Schmidt.

В нижней части (соответствует нижнесклоновой): *Adonis vernalis* L., *A. wolgensis* Stev., *Aegilops cylindrica* Host, *Diploaxis cretacea* Kotov, *Echinops ruthenicus* Bieb., *Iris halophila* Pall., *Paeonia tenuifolia* L., *Plantago maritima* L., *Thymelaea passerina* (L.) Coss. & Germ. и др. – характерны для всех рассматриваемых регионов. *Artemisia santonica* Web., *Elytrigia pontica* Soltok., *Psathyrostachys juncea* (Fisch.) Nevski – в основном для бассейна Айдара. Распределение растений по ярусам в условиях рокария даже при укороченном высотном профиле позволило избежать затенения. Главное, что виды получили примерно те же местообитания, к которым приспособлены в природе.

В работе по созданию искусственных экосистем фитоценоз выполняет важную средообразующую роль, но не менее важна и роль представителей фауны, например разнообразных насекомых-опылителей, землероев, перемешивающих грунты и т. п. Данному аспекту мы также впервые уделили внимание, ведь ранее интродукционные исследования активно защищались от вторжения посторонних организмов, за исключением опылителей.

В отличие от ранних опытов, мы решили исходить из того, что в нашем избыточно увлажненном пункте интродукции местообитания растений в искусственном ландшафте должны быть не аналогичными природным, а модифицированными с учетом местных условий. Иными словами предпочтительным прототипом могла бы стать модель несуществующего в природе ландшафта, абстрактность которого не должна мешать взаимодействию биогенных и абиогенных факторов внутри него. С помощью геопластики создано компактное платообразное ландшафтно-архитектурное сооружение в виде рокария, с обрывистыми и почти отвесными склонами. В построении применялся мелкий известняковый щебень, в который как связующий компонент вносили супесчаную почву, дерновую и листовую землю. Известняк в данном случае незаменим другими породами, так как никогда не нагревается, благодаря чему сглаживаются температурные колебания. Использовали также отдельные крупные глыбы известняка для дополнительного усиления конструкции. В условиях промывного режима осадков использовать мел или доломитовую муку нежелательно, они быстро размываются и вымываются, применение только скального известняка вызывает затруднения в приживаемости взрослых растений и прорастания семян, что доказано ранее. Применение смеси мелкого щебня и нейтральных почв оказалось оптимальным, так как способствует повышению устойчивости к размыву и позволяет развиваться корневым системам растений и прорастать семенам.

Отличительная особенность рокария – крутизна склонов с углом наклона более 70°, местами почти отвесными, при высоте сооружения 2.5 м, что противоречит общепринятым инженерным правилам обустройства склоновых поверхностей [Теодоронский, 2003]. Делалось это с расчетом на сопротивление к разрыву корней при давлении больших масс грунта, свойственное многим кальцефилам. В природных местообитаниях обрывистые меловые склоны слабо заселяются растениями и поэтому подвержены более ускоренной эрозии, но мы предположили, что в нашем пункте интродукции растения, напротив, будут лучше развиваться именно в таких условиях. Возводить такие поверхности можно только из мокрого грунта, поэтому работа проводилась в несколько этапов, отдельные взрослые растения и семена размещались в процессе строительства на поверхности. До закрепления корнями растений отвесные склоны подвержены оползням и размыву, что и произошло в процессе строительства, при продолжительных ливнях, но после восстановления и укоренения растений это уже не повторялось. Избыточная атмосферная влага в этом случае уже не накапливалась, что сразу дало результат – растения впервые в опытах стали нормально проходить жизненный цикл и габитуально соответствовать природным образцам. Только теперь можно было говорить о репродуктивной безопасности культурных сообществ кальцефилов. Получена возможность проводить разностроннее изучение, не ослабленных плохими условиями культурваров, а здоровых растений с развитыми цветочными, обильными цветением и завязью плодов, которые передаются в *Delectus*.

Также был сделан дополнительный каменный дренаж шириной около 1 м по периметру, чтобы разгрузить от застоя влаги нижнюю часть сооружения и отделить его от окружающего пространства. В условиях культуры было интересно изучить не только интродукционную устойчивость, но и то, как те или иные виды способны влиять на противозерозионную устойчивость экосистемы. Здесь важно было в короткие сроки закрепить склоны наиболее эффективными и неприхотливыми видами. Среди них растения разных жизненных форм: *Thymus cretaceus* Klok. et Shost., *Koeleria talievii* Lavr., *Astragalus albicaulis* DC, *Linum perenne* L., *Vinca herbacea* Waldst. et Kit., *Prunella grandiflora* (L.) Jacq., *Scutellaria supina* L., которые способны расти на отвесных склонах и стабильно плодоносить.

Большинство экспозиций открытого грунта создаются методом включения в уже существующую природную обстановку видов-интродуцентов, так на участках дубравы ГБС сформировались многовидовые устойчивые популяции дальневосточных лесных видов возрастом свыше 65 лет, на участке луга популяции видов луговых восточноевропейских степей. В данном случае местные условия не вступали в резкий диссонанс с природными. По опыту культуры растений пустынь и кальцефилов в подобных условиях на наш взгляд необходимо создавать зону плавного перехода на основе видов близких эколого-флористических комплексов. Наиболее предпочтительны в этом смысле дерновинные злаки.

На прилегающей территории создан участок ковыльной степи на основе семенного материала из балки Грачёв яр (Вейделевский район) – своеобразного регионального центра разнообразия данного рода, в котором мы отметили пока 6 из известных в регионе 8 видов. В природных условиях *Stipa dasyphylla* (Czern. ex Lindem.) Trautv., *S. lessingiana* Trin., *S. pulcherrima* C. Koch, *S. pennata* L., *S. tirsia* Stev. и *S. capillata* L. часто связаны с петрофитно-карбонатными местообитаниями, полученные нами интродукционные популяции в тенистых условиях окраины дубравы интенсивно начали развиваться после пересадки в более хорошо освещенное место, где за 5 лет сформировалась буферная зона, в которую уже не могли проникнуть сорняки. В результате такой организации пространства получилось обособить рокарий-экотрон от влияния агрессивных дубравных видов, как *Aegopodium podagraria* L. и ряда луговых сорняков и существенно снизить зависимость культурных сообществ от ухода.

В ходе полевых исследований мы обратили внимание на то, что карбонатные породы, прежде всего писчий мел туронского яруса, повсеместно выходящий на дневную поверхность в Белгородской области весьма неоднороден по входящим в его состав разнообразным включениям, преимущественно биогенного происхождения. Это разнообразные фоссилии морских организмов, железистые конкреции, песчаники, кремни и др. Дополнительные литологические элементы наряду с экспозиционными различиями создают более сложные и своеобразные местообитания. Например, *Silene cretacea* Fisch. ex Spreng., *S. supina* Bieb. отмечаются в местах массового скопления лимонитов, ожелезненных песчаников. Балки с крупнощепнистыми меловыми и кремневыми субстратами представляются классическими местообитаниями *Rosa rubiginosa* L., *Hedysarum grandiflorum*, *Helianthemum rupifragum* A. Kerner, *Cephalaria uralensis* (Murr.) Schrad., где они особенно обильны, *Hyssopus cretaceus* Dubjan., *Artemisia hololeuca* Bieb. ex Bess. – чаще встречаются на плотных или щепнистых отложениях мела, с окаменевшими кораллами, белемнитами др. Таким образом, внутри группы кальцефильных видов, существуют виды, явно предпочитающие усиление петрогенного эффекта и встречаются на обнажениях с более плотными карбонатными породами или другими литологическими компонентами.

Не менее важной проблемой является сохранение природных элементов ландшафтов, не рассматривающееся пока ни в каких конвенциях. Лишь немногие древние формы рельефа Среднерусской возвышенности сохранили черты эталонности, большинство из них разрушается более интенсивно, чем флора, но сохранить их в культуре невозможно. Поэтому, если подходить к созданию рокариев с природоохранной позицией, необходимо формировать коллекцию с учетом обоснованных сочетаний субстратов и растений. Важность отражения связи литологических элементов с элементами флоры в опытах культуры заключается в раскрытии естественно-исторических особенностей становления в данном случае, кальцефильной флоры и сохранении достоверной и полной информации о местообитаниях, которая отсутствует во многих современных изданиях. Мел и другие литологические элементы биогенного происхождения в его составе представляют своеобразную палеонтологическую память меловых ландшафтов.

Применение литологических компонентов сопутствующих мелу оправдано не только как средообразующий фактор, но и расширяет познания о данной группе, делает экспозицию рокария-экотрона многоплановой, интересной в период отсутствия вегетации, так как исключать значение эстетической ёмкости пространства сада нецелесообразно.

Существенный момент ландшафтных работ заключается в соответствии результата разного рода затратам. Например, для создания одного из крупнейших альпинариев в мире – альпинария МГУ было использовано 10000 тонн карельских гранитов, что не стало залогом успешной интродукции альпийских видов, при создании участков степных ценозов было привезено 57 тонн дернин из природы, но все растения со временем погибли, не давая возобновления. Мы ставили задачу эффективно сохранять *ex situ* растения, не прибегая к выполнению грандиозных и бессмысленных работ. Всего потребовалось около 25 м³ различных грунтов, применение геопластики позволило сделать компактные, исключительно крутосклонные возвышенности и на площади 20 м² представить сообщества более 100 видов кальцефильной флоры, что составляет примерно четвертую часть их видового разнообразия на Среднерусской возвышенности, в дальнейшем планируется пополнение новыми видами. В работе стремились к



созданию экотопа минимального размера, способного вместить максимальное флористическое разнообразие. Редкость видов в разных географических пунктах, охраняемый статус – важные, но относительные понятия, поэтому мы руководствовались необходимостью сохранить разнообразие видов в их естественном составе. Важным условием было использование минимального количества образцов живых растений, тем более охраняемых, поэтому использовались лишь единичные экземпляры взрослых растений, в основном их семена, так как популяции ряда кальцефильных видов в природе малочисленны. Подобная постановка эксперимента не может дать сиюминутный результат внешней сформированности экосистемы, как при мобилизации большого числа взрослых растений с дернинами, но зато становится залогом высокой адаптированности и прочности связей сообществ искусственной экосистемы.

Заключение

Проблемы успешной интродукции стенотопных кальцефильных видов и сохранения *ex situ* существуют, прежде всего, из-за отсутствия универсальных методов их адаптации. В рамках предложенного метода создания рокария-эктона показаны основополагающие факторы, способные оптимизировать процесс культуры группы и раскрывать природоохранные и просветительские аспекты в ботанических садах. В каждом конкретном случае они могут быть скорректированы, но суть на наш взгляд, должна оставаться прежней: кальцефилы именно та группа, для которой условия культуры нужно обязательно соотносить с природными закономерностями их экосистем.

Эксперимент был ориентирован на то, чтобы растения изначально попадали в рокарий без предварительного выращивания на грядках, что позволило избежать их ранний выпад и понять какие виды благодаря местной репродукции могут давать самосев и дичать в таких условиях. В ходе создания рокария-эктона для равнинных видов доказана значимость их ярусного распределения, положительно влияющая на состояние популяций. Показана целесообразность построения экспозиции в детальном отображении флоры небольших регионов. Выявлена дополнительная возможность повышения ценности экспозиций рокариев в научном плане за счет привлечения исторически значимых предметов и материалов, характеризующих особенности и многообразие разрушаемых природных условий. В результате применения метода получилось реализовать процесс создания рокария как становление экосистемы в ходе интродукции и дальнейшего сохранения в культуре ценных видов.

Список литературы References

1. Демидов А.С. (отв. ред.). 2013. Растения природной флоры в Главном ботаническом саду им. Н.В. Цицина Российской академии наук: 65 лет интродукции. М., Товарищество научных изданий КМК: 657.
Demidov A.S. (otv. red.). 2013. Rasteniya prirodnoj flory v Glavnom botanicheskom sadu im. N.V. Cicina Rossijskoj akademii nauk: 65 let introdukcii [Plants of Native Flora of the Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin of the Russian Academy of Sciences: 65 years of introduction]. Moscow, Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK: 657. (in Russian)
2. Керженцев А.С., Алексеева Т.В., Алексеев А.О., Губин С.В., Олейник С.А., Зеленская Н.Н., Демин Д.В. 2003. Эктотрон – физическая модель почвы. Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, 19: 157–179.
Kerzhencev A.S., Alekseeva T.T., Alekseev A.O., Gubin S.V., Olejnik S.A., Zelenskaja N.N., Demin D.V. 2003. Ekotron – physical model of soil. Problemy jekologicheskogo monitoringa i modelirovanija jekosistem, 19: 157–179. (in Russian)
3. Мамонтов А.К. 2013. Современный этап разрушения кальцефильных петрофитно-степных флористических комплексов, проблемы сохранения и принципы успешной интродукции их видов. В кн.: Систематические и флористические исследования Северной Евразии. Труды международной конференции (к 85-летию со дня рождения проф. А.Г. Еленевского). М., МПГУ: 262.
Mamontov A.K. 2013. The current stage of destruction calciphilic petrofitno steppe floristic complexes, problems of conservation and principles of successful introductions of species. In: Sistematicheskie i floristiccheskie issledovanija Severnoj Evrazii. Trudy Mezhdunarodnoj konferencii (k 85-letiju so dnja rozhdenija prof. A.G. Elenevskogo) [Systematic and floristic studies of Northern Eurasia. Proceedings of international conference (the 85th anniversary of prof. A.G. Yelenevskogo)]. М., МПГУ: 262. (in Russian)
4. Мамонтов А.К., Решетникова Н.М. 2008. Дополнения к флоре Белгородской области из окрестностей пос. Вейделевка по находкам 2007 г. Бюллетень МОИП. Отдел Биологический, 113 (3): 77–80.
Mamontov A.K., Reshetnikova N.M. 2008. Additions to the flora of the Belgorod region from the vicinity of the village Veidelevka on the findings in 2007. Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel Biologicheskij [Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological series]. 113 (3): 77–80. (in Russian)
5. Мильков Ф.Н. 1985. Среднерусское Белогорье. Воронеж, Изд-во ВГУ, 293.
Mil'kov F.N. 1985. Srednerusskoe Belogor'e [Central Russian Belogorie]. Voronezh, Izd-vo VGU, 293. (in Russian)

6. Присный А.В. (общ. науч. ред.). 2005. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Белгород, ОАО «Белгородская областная типография», 532.

7. Prisniy A.V. (obsch. nach. red.). 2005. Krasnaja kniga Belgorodskoj oblasti. Redkie i ischezajushhie rastenija, griby, lishajniki i zhivotnye [Red book of Belgorod region. Rare and endangered plants, fungi, lichens and animals]. Belgorod, ОАО «Belgorodskaja oblastnaja tipografija», 532. (in Russian)

8. Рубцов Л.И. 1964. Проектирование садов и парков. М., Наука, 235.

Rubcov L. I. 1964. Proektirovanie sadov i parkov [Designing gardens and parks]. Moscow, Nauka, 235. (in Russian)

9. Теодоронский В.С. 2003. Садово-парковое строительство. М., МГУЛ, 336.

Teodoronskij V.S. 2003. Sadovo-parkovoe stroitel'stvo [Landscape construction]. Moscow, MGUL, 336. (in Russian)

10. Трулевич Н.В. и др. 2007. Ботанико-географические экспозиции растений природной флоры. Итоги сохранения биоресурсов *ex situ*. М., ГЕОС, 225.

Trulevich N.V. i dr. 2007. Botaniko-geograficheskie jekspozicii rastenij prirodnoj flory. Itogi sohraneniya bioresursov *ex situ* [Botanical and geographical exposure of plants of the natural flora. Results of the conservation of biological resources *ex situ*]. Moscow, GEOS, 225. (in Russian)

11. Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб., Изд-во «Мир и семья – 95», 992.

Cherepanov S.K. 1995. Sosudistye rastenija Rossii i sopredel'nyh gosudarstv [Vascular plants of Russia and neighboring countries]. Saint Petersburg, Izd-vo «Mir i sem'ja – 95», 992. (in Russian)



УДК 581.55

**НЕКОТОРЫЕ СИНАНТРОПИЗИРОВАННЫЕ СООБЩЕСТВА КЛАССА
MOLINIO-ARRHENATHERETEA В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ****SYNANTHROPIZATION VEGETATION OF CLASS MOLINIO-
ARRHENATHERETEA IN SETTLEMENTS IN THE CENTRAL PART
OF THE BASHKORTOSTAN REPUBLIC****Л.С. Усманова¹, С.М. Ямалов², Л.М. Абрамова²
L.S. Usmanova¹, S.M. Yamalov², L.M. Abramova³**¹ Кушнаренковский педагогический колледж РБ, Россия, 452230, Башкортостан, Кушнаренковский р-н,
с. Кушнаренково, ул. Советская, д. 22² Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, Россия, 450080, Уфа, ул. Менделеева, 195/3³ Kushnarenkovsky Teachers College RB, 22 Sovetskaya St., v. Kushnarenkovo, Kushnarenkovo district, Bashkortostan,
452230, Russia² Botanical Garden-Institute of Ufa Scientific Research Center RAS, 195/3 Mendeleev St, Ufa, 450080, Russia

E-mail: larisa-usb@yandex.ru

Ключевые слова: населенные пункты, синантропизированная растительность, классификация, класс Molinio-Arrhenatheretea, Южный Урал.

Key words: settlements, synanthropization vegetation, classification, class Molinio-Arrhenatheretea, South Ural.

Аннотация. Выявлены и охарактеризованы новые синантропизированные сообщества класса Molinio-Arrhenatheretea на Южном Урале (Республика Башкортостан) – 3 варианта базального сообщества *Poa pratensis* [Cynosurion] (typicum, *Achillea millefolium*, *Lotus corniculatus*) и 3 варианта ассоциации *Astragalo ciceris-Poëtum angustifoliae* (typicum, *Thymus marschallianus*, *Artemisia austriaca*). Даны характеристики сообществ, показаны их флористические и экологические особенности. Эколого-флористическая классификация проведена методом классического синтаксономического анализа. Использовался также «дедуктивный метод».

Resume. It were identified and characterized new synanthropization communities class Molinio-Arrhenatheretea in the Southern Urals (Bashkortostan Republic) – 3 variants of basal communities *Poa pratensis* [Cynosurion] (typicum, *Achillea millefolium*, *Lotus corniculatus*) and 3 variants of associations *Astragalo ciceris-Poëtum angustifoliae* (typicum, *Thymus marschallianus*, *Artemisia austriaca*). The characteristics of the communities and their floristic and ecological features are given in the article. Ecological- floristic classification was performed by the method of classical syntaxonomical analysis. We also used the «deductive method».

Введение

Интенсивность хозяйственной деятельности человека ускоряет процессы антропогенной эволюции, доказательством этому служат изменения растительности в населенных пунктах. Здесь можно наблюдать и синантропные сообщества рудеральных растений, и синантропизированную растительность, то есть сообщества переходного типа от естественных к синантропным [Абрамова, Миркин, 2000].

В Республике Башкортостан (РБ) изучение синантропной и синантропизированной растительности населенных пунктов городского и сельского типов проводится с 80-х годов XX века [Ишбирдина, 1992; Ишбирдин, 1988; Сахапов, 1988; Рябова, 1998; Говоров, 2004; Едренкина, 2005; Суюндукова, 2008; Ямалов, 2011]. Однако эти исследования не охватили южную лесостепную зону Башкирского Предуралья (Кушнаренковский, Чекамгушевский и Дюртюлинский административные районы). В 2009–2013 гг. авторами была изучена синантропизированная растительность 9 населенных пунктов – г. Дюртюли (площадь – 24.88 км², население – 31889 чел.), с. Кушнаренково (площадь – 15.60 км², население – 9251 чел.), с. Чекамгушево (площадь – 12.26 км², население – 11018 чел.), с. Шарипово (площадь – 1.95 км², население – 648 чел.), с. Карача-Елга (площадь – 1.28 км², население – 640 чел.), с. Старокалмашево (площадь – 3.92 км², население – 1837 чел.), с. Старобаширово (площадь – 0.97 км², население – 472 чел.), с. Куккуяново (площадь – 1.54 км², население – 756 чел.), с. Ивачево (площадь – 0.95 км², население – 567 чел.).

В данной работе приводятся сведения о некоторых новых для Южного Урала сообще-

ствах лугов нормального увлажнения и остепненных лугов пастбищного использования, которые обнаружены в ходе исследования.

Объекты и методы исследования

Согласно природному районированию исследованные населенные пункты расположены в Предбельском лесостепном районе, который входит в состав Южной лесостепи Предуралья. Рельеф представляет пологоувалистую равнину. Почвы – черноземы – обыкновенные, типичные и южные. Климат континентальный, теплый, средне- и хорошо увлажненный. Средняя годовая температура +2.8°C. Самый холодный месяц – январь со среднемесячной температурой –15°C, самый теплый – июль со среднемесячной температурой +19°C. Абсолютный минимум – 46°C, максимум +38°C. Средняя мощность снежного покрова к концу зимы составляет 40 см. Средняя продолжительность безморозного периода 140 дней. Среднегодовое количество осадков 400–500 мм, из них более половины выпадает в теплую часть года. Ранее растительный покров составляли луговые степи, в настоящее время почти распаханые, и лиственные леса, представленные дубовыми и дубово-березовыми рощами. Сейчас сообщества степей сохранилась только по склонам речных долин, склонам холмов, увалов и оврагов. Лесная растительность представлена вторичными порослевыми дубовыми, липовыми, березовыми и осиновыми лесами [Мулдашев, 2006].

В основе работы 55 полных геоботанических описаний растительных сообществ класса *Molinio-Arrhenatheretea*, выполненных в течение полевых сезонов 2009–2013 гг., на пробных площадках площадью 6–50 м², автор описаний – Л.С. Усманова. Размер пробной площадки зависел от величины и однородности сообщества. Участие вида в растительном покрове оценивалось по шкале Браун-Бланке [Миркин и др., 2001]: г – вид на площадке встречен единично; + – вид имеет проективное покрытие до 1%; 1 – вид имеет проективное покрытие от 1 до 5%; 2 – от 5 до 25%; 3 – от 25 до 50%; 4 – от 50 до 75%; 5 – выше 75%. При составлении синоптических таблиц использована шкала постоянства: I – до 20%; II – 21–40%; III – 41–60%; IV – 61–80%; V – 81–100%. Видовые названия всех растений даны в соответствии со сводкой С.К. Черепанова [1995].

Эколого-флористическая классификация растительности проведена методом классического синтаксономического анализа [Braun-Blanquet, 1964], с помощью пакетов программ TURBOVEG и MEGATAB, использовался также «дедуктивный метод» К. Копечки и С. Гейны [Корецьку, Нејну, 1974].

Результаты и их обсуждение

В результате синтаксономического анализа собранного материала выделено 1 базальное сообщество с 3 вариантами и 1 ассоциация с 3 вариантами класса *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937. Положение выделенных сообществ в системе высших единиц класса показано в протромусе.

Класс *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937

ПОРЯДОК *ARRHENATHERETALIA* R. TX. 1931

СОЮЗ *CYNOSURION* R. TX. 1947

Базальное сообщество *Poa pratensis* [Cynosurion]

Вариант *typicum*

Вариант *Achillea millefolium*

Вариант *Lotus corniculatus*

Порядок *Galietales veri* Mirkin et Naumova 1986

Союз *Trifolion montani* Naumova 1986

Ассоциация *Astragalo ciceris-Poetum angustifoliae* Yamalov in Yamalov et al. 2003

Вариант *typicum*

Вариант *Thymus marschallianus*

Вариант *Artemisia austriaca*.

Базальное сообщество *Poa pratensis* [Cynosurion] (табл. 1)

Д. в.: *Poa pratensis*. Ценозы базального сообщества формируются на лугах пастбищного использования. Встречены они на улицах, окраинах населенных пунктов, пастбищах, то есть на участках, подвергающихся выпасу. Развиваются сообщества на почвах нормального увлажнения. Выявлены ценозы с доминированием *Poa pratensis*, *Achillea millefolium*, *Lotus corniculatus*, поэтому нами в рамках базального сообщества выделено 3 варианта: *typicum*, *Achillea millefolium*, *Lotus corniculatus*.

Таблица 1
Table 1

**Базальное сообщество *Poa pratensis* [Synosurion]
Basal community *Poa pratensis* [Synosurion]**

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34								
	Постоянство													Постоянство													Постоянство														
Номер описания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34							
Площадь описания, м ²	8	25	25	10	20	12	50	30	21	25	18	25	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34						
Средняя высота, см	4	8	15	16	11	27	12	17	7	37	30	22	22	5	12	8	7	7	3	38	42	32	25	24	20	6	28	8	7	8	7	8	7	8	7	8					
ОПП, %	90	75	75	65	90	70	65	75	85	80	65	80	80	95	90	75	80	75	80	85	80	85	75	80	80	90	90	90	80	80	80	80	80	80	80	80					
Число видов	14	13	15	11	16	14	18	18	17	15	16	16	16	9	14	13	14	17	11	10	18	11	11	15	19	25	20	29	20	29	20	17	20	17	20						
<i>Poa pratensis</i>	3	3	4	3	4	3	3	3	3	4	4	3	V	1	2	1	+	1	2	1	1	1	1	2	V	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	V					
Д. в. базального сообщества <i>Poa pratensis</i> , варианта <i>tyricum</i>																																									
Д. в. варианта <i>Achillea millefolium</i>																																									
<i>Achillea millefolium</i>	+	+	+			
<i>Lotus corniculatus</i>			
Д. в. варианта <i>Lotus corniculatus</i>																																									
Д. в. союза <i>Synosurion</i>																																									
<i>Leontodon autumnalis</i>	1	+	Г	+	+	Г	+	+	Г	Г	Г	Г	V	Г	Г	Г	+	Г	.	+	.	+	.	.	.	IV	+	+	+	Г	+	Г	+	Г	+	Г	+	V			
<i>Medicago lupulina</i>	.	.	Г	Г	.	+	Г	Г	Г	.	Г	.	III	.	+	.	.	.	Г	.	+	Г	.	Г	Г	III	.	.	Г	+	Г	III			
<i>Pimpinella saxifraga</i>	.	.	+	Г	Г	Г	Г	III	
<i>Prunella vulgaris</i>	Г	.	.	.	I	I	
<i>Festuca rubra</i>	+	Г	I	
<i>Equisetum arvense</i>	III	
Д. в. порядка <i>Molinietalia</i>																																									
<i>Potentilla anserina</i>	.	+	.	.	.	1	Г	.	.	+	.	.	Г	III	1	Г	III	
<i>Mentha arvensis</i>	Г	I
<i>Lysimachia nummularia</i>	Г	I
Д. в. порядка <i>Arrhenatheretalia</i> и класса <i>Molinio-Arrhenatheretea</i>																																									
<i>Elytrigia repens</i>	.	+	+	Г	1	+	+	1	.	.	+	1	IV	+	Г	+	1	Г	Г	1	+	1	V	.	+	.	Г	Г	+	Г	+	Г	+	IV			

Окончание таблицы 1
End of Table 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34				
Carduus acanthoides	Г	.	.	.	.	.	.	Г	Г	.	Г	Г	III	.	.	.	.	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	III	.	.	.	Г	Г	Г	.	III			
Artemisia absinthium	.	.	.	.	.	.	.	Г	.	Г	Г	Г	II	.	.	Г	.	.	.	.	.	Г	Г	Г	II	.	.	.	Г	Г	Г	.	II			
Linaria vulgaris	.	.	Г	.	.	.	.	.	.	Г	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Г	I	.	.	.	Г	Г	.	.	II		
Berteroa incana	.	.	.	.	.	.	.	Г	.	.	.	.	I	.	.	Г	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Д. в. класса Polygono arenastri-Роётеа annuae																																					
Taraxacum officinale	1	1	+	1	+	Г	+	1	1	1	1	1	V	1	1	1	1	+	Г	+	+	+	+	+	+	V	1	Г	1	1	1	+	1	V			
Polygonum aviculare	1			1	Г			Г				+	III					Г	+					+		II			Г					I			
Plantago major	+				1	Г	Г					Г	III											Г	Г	I	Г		Г			Г		III			
Прочие виды																																					
Amonia repens	Г	.	.	Г	+	Г	+	Г	.	1	.	Г	III	Г	+	.	.	.	.	.	.	Г	.	.	.	+	III	.	.	1	+	.	.	1	III	
Galium album	.	.	Г	.	.	.	.	.	Г	Г	Г	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Trifolium medium	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Г	.	I	.	I	.	Г	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	Г	.	.	.	.	.	Г	.	II	
Euphorbia virgata	.	.	Г	.	.	.	.	.	.	.	.	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Г	I	.	.	.	.	.	Г	.	I		
Atriplex patula	.	.	.	.	.	Г	.	.	.	.	.	I	I	.	.	.	.	.	.	Г	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	Г	.	.	I		
Astragalus cicer	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	I	I	.	.	.	Г	Г	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Capsella bursa-pastoris	Г	.	.	.	.	.	.	Г	.	.	.	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Г	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Odontites vulgaris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Г	.	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Г	III
Juncus compressus	.	.	.	.	.	Г	1	.	.	.	.	I	I	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	II
Eryngium planum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Г	.	.	.	.	I	+	Г	.	.	Г	.	.	Г	III	
Erigeron acris	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Г	.	.	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	.	Г	.	I
Galium boreale	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Г	Г	.	.	.	.	.	.	II
Artemisia abrotanum	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	Г	II
Cenolophium denudatum	Г	I
Rumex confertus	Г	I

Примечание. Кроме того, встречаются: Arctium tomentosum 2 (Г), 5 (Г); Carex contigua 20 (Г); C. supina 24 (+); Cynoglossum officinale 11 (Г); Erysimum marschallianum 15 (+); Filipendula vulgaris 25 (Г); Glechoma hederacea 25 (Г); Lepidium rudemale 18 (Г), 27 (Г); Lycopus exaltatus 30 (Г); Melilotus officinalis 10 (Г); Nonea rossica 7 (Г), 20 (Г); Onobrychis arenaria 23 (Г); Pastinaca sylvestris 10 (Г), 11 (Г); Tanacetum vulgare 25 (Г); Trifolium montanum 25 (Г); Trifolium palustre 5 (Г); Tripleurospermum perforatum 4 (Г); Tussilago farfara 28 (Г); Urtica dioica 17 (Г); Veronica chamaedrys 9 (Г), 11(Г).

Локализация описаний. 1 – с. Кушнаренково, северная окраина, пастбище, колея проселочной дороги, 13.08.09; 2 – с. Шарипово, ул. Султанова, 35, 20.08.09; 3 – с. Чекомагушево, западная окраина, близ дорожного ската, 03.08.10; 4 – г. Дюртюли, ул. Горшкова, 9, 28.08.10; 5 – г. Дюртюли, юго-западная окраина, пойма р. Биягъза, пастбище, 28.08.10; 6 – с. Старобаширово, южная окраина, 30.08.11; 7 – с. Старокалмашево, юго-западная окраина, близ территории конюшни, 17.08.11; 8 – с. Кушнаренково, восточная окраина, пастбище на берегу р. Белая, 26.07.11; 9 – с. Кукуяново, берег пруда, 25.07.12; 10 – с. Кукуяново, ул. Макстова, 2, 21.08.12; 11 – с. Карача-Елга, 120 м к северо-востоку от заплуды, 29.08.12; 12 – с. Ивачево, восточная окраина, пастбище, 31.08.12; 13, 14 – с. Кушнаренково, восточная окраина, пастбище на коренных берегах р. Белой, 03.08.09; 15 – с. Старокалмашево, коренные берега р. Калмаш близ моста, 31.08.10; 16 – с. Шарипово, коренные берега р. Кармасана, 09.08.10; 17 – с. Шарипово, коренные берега р. Каряка, 17.08.10; 18 – с. Чекомагушево, восточная окраина, берег р. Чекомагуш, 23.08.10; 19 – с. Ивачево, коренные берега р. Явбаза, 26.08.10; 20 – с. Кушнаренково, коренные берега р. Кудашлинка, 17.07.11; 21 – г. Дюртюли, западная окраина, пастбище, 01.08.11; 22 – с. Кукуяново, ул. Школьная, 24, 03.08.12; 23 – г. Дюртюли, близ тротуара молочного комбината, 25.07.13; 24, 25 – с. Кушнаренково, восточная окраина, пастбище на берегу р. Белая, 25.07.09; 30.07.09; 26, 27 – с. Кушнаренково, северная окраина, пастбище на берегу р. Белая, 13.08.09; 17.08.09; 28, 29 – г. Дюртюли, северная окраина, пастбище на берегу р. Белая, 11.08.10; 18.08.10; 30 – с. Кушнаренково, восточная окраина, пастбище на берегу р. Белая, 23.07.11.

Таблица 2
Table 2

Ассоциация *Astragalo ciceris-Poëtum angustifoliae*
Association *Astragalo ciceris-Poëtum angustifoliae*

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
	Номер описания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Площадь описания, м ²	25	10	40	12	25	21	20	25	36	30	8	8	8	8	12	12	6	10	12	15	8	8	6	8	8	25	25	
Средняя высота, см	35	15	48	33	24	45	37	27	12	23	17	19	16	12	12	18	23	46	31	35	25	22	20	20	25	80	80	
ОПП, %	80	60	60	65	60	60	85	75	90	70	65	70	70	70	70	80	75	65	55	40	65	50	75	80	75	80	80	
Число видов	12	16	19	19	19	12	18	12	20	22	16	10	18	18	18	13	14	11	17	11	10	10	17	10	17	10	10	
Д. в. ассоциации <i>Astragalo ciceris-Poëtum angustifoliae</i> , варианта <i>tyricum</i>																												
<i>Festuca pseudovina</i>	3	3	3	3	3	3	4	4	V	3	2	1	2	3	3	3	3	V	2	2	1	1	2	3	3	3	V	V
<i>Poa angustifolia</i>	1	Г	Г	Г	Г	Г	Г	+	V	+	Г	Г	Г	Г	+	+	+	V	Г	.	Г	+	Г	Г	Г	Г	+	V
<i>Potentilla argentea</i>	Г	+	Г	Г	Г	Г	Г	Г	V	.	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	V	.	Г	.	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г
<i>Astragalus danicus</i>	+	.	Г	+	.	+	Г	Г	IV	.	Г	Г	Г	Г	Г	Г	Г	IV	1	1	.	.	Г	Г	Г	Г	Г	III
<i>Nonea rossica</i>	.	.	.	Г	.	.	Г	Г	II	+	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	.	.	.	.	Г	.	I
<i>Astragalus cicer</i>	Г	.	+	II
Д. в. варианта <i>Thymus marschallianus</i>																												
<i>Thymus marschallianus</i>	1	.	Г	+	.	.	1	.	III	2	3	3	3	2	2	2	2	V	1	Г	Г	.	.	Г	Г	Г	IV	
Д. в. варианта <i>Artemisia austriaca</i>																												
<i>Artemisia austriaca</i>	1	.	.	.	.	.	.	.	I	.	.	+	.	.	.	.	.	I	2	2	2	3	2	2	2	2	V

Окончание таблицы 2
End of Table 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Д. в. класса Polygono arenastri-Poëtea annuae																										
Taraxacum officinale	.	+	Г	.	.	.	Г	.	II	Г	Г	Г	.	Г	Г	.	.	IV	.	+	.	Г	.	Г	.	III
Polygonum aviculare	.	+	.	.	Г	.	.	.	II	.	.	.	.	Г	.	.	.	I	.	.	.	Г	.	.	.	I
Прочие виды:																										
Veronica prostrata	.	.	Г	Г	.	.	.	.	II	.	Г	Г	.	Г	Г	.	+	IV	Г	.	Г	.	.	.	1	III
Erysimum marschallianum	.	.	Г	.	.	Г	.	.	II	Г	Г	.	.	.	.	.	Г	II	Г	.	.	.	.	.	.	I
Psammophilicella muralis	+	.	.	.	I	.	Г	.	.	Г	.	.	.	II	.	.	.	.	.	.	.	.

Примечание. Кроме того, встречаются: *Ageraria longifolia* 18 (Г); *Artemisia marschalliana* 9 (+); *Astragalus austriacus* 7 (Г); *Atriplex patula* 2 (Г); *Carex supina* 14 (Г); *Cirsium setosum* 5 (Г); *Synoglossum officinale* 6 (Г), 9 (Г); *Erigeron acris* 5 (Г); *Falcaria vulgaris* 13 (Г); *Filipendula vulgaris* 2 (Г); *Galium album* 9 (Г); *Lappula squarrosa* 4 (Г); *Leontodon autumnalis* 5 (Г); *Linaria vulgaris* 5 (Г); *Medicago lupulina* 5 (Г); *Melilotus officinalis* 9 (+); *Odonites vulgaris* 5 (Г); *Onobrychis arenaria* 8 (Г); *Phleum phleoides* 16 (Г); *Plantago lanceolata* 9 (Г); *Potentilla anserina* 2 (Г); *Thalictrum minus* 14 (Г); *Tragopogon dubius* 9 (Г); *Tripleurospermum perforatum* 2 (Г); *Verbascum lychnitis* 9 (+).

Локализация описаний. 1 – г. Дюргюли, северо-западная окраина, вершина холма, 28.08.10; 2 – с. Кушнаренково, восточная окраина, пастбище, 12.08.11; 3 – с. Шарипово, пастбище к западу от птичника, 22.08.11; 4 – с. Старобаширово, северо-западная окраина, 18.08.11; 5 – с. Куккуяново, северо-восточная окраина, 24.08.11; 6 – с. Карача-Елга, северо-западная окраина, 20.08.12; 7 – с. Чекамагушево, восточная окраина, у подножья холма, 06.08.12; 8 – с. Старокалмашево, школьный двор, 22.08.12; 9 – с. Кушнаренково, западная окраина, склон холма, 28.08.09; 10, 12 – с. Старобаширово, северо-западная окраина, пастбище, 18.08.11; 11 – г. Дюргюли, северо-западная окраина, склон холма, 19.08.11; 13 – с. Чекамагушево, южная окраина, 02.08.11; 14 – с. Карача-Елга, северо-западная окраина, пастбище, 20.08.12; 15 – с. Куккуяново, северо-восточная окраина, пастбище, 09.09.12; 16 – с. Шарипово, западная окраина, 14.08.12; 17, 19 – с. Старобаширово, северо-западная окраина, пастбище 18.08.11; 18 – г. Дюргюли, северо-западная окраина, склон холма, 01.08.11; 20, 21 – с. Карача-Елга, северо-западная окраина, 20.08.12; 22 – с. Старобаширово, восточная окраина, 15.08.12; 23 – г. Дюргюли, западная окраина, вершина холма, 10.08.12.



Вариант *typicum* (см. табл. 1, колон. 1). Д. в. варианта = д. в. базального сообщества. Сообщества варианта описаны на улицах, окраинах населенных пунктов и присельных пастбищах. Развиваются они на почвах нормального увлажнения под влиянием выпаса.

Отмечены данные сообщества во всех изученных нами поселениях. Облик сообществ варианта определяет доминант *Poa pratensis*. Виды классов *Molinio-Arrhenatheretea* (*Achillea millefolium*, *Leontodon autumnalis*, *Elytrigia repens*), *Artemisietea vulgaris* (*Cichorium intybus*), *Polygono arenastri-Poëtea annuae* (*Taraxacum officinale*) в травостое имеют высокое постоянство. Со средним постоянством отмечены виды класса *Stellarietea mediae* (*Convolvulus arvensis*, *Conyza canadensis*). Общее проективное покрытие (ОПП) от 65 до 90% на площади описания от 8 до 30 м². Среднее число видов на пробной площадке 15.

Вариант *Achillea millefolium* (см. табл. 1, колон. 2). Д. в.: *Achillea millefolium*. Сообщества варианта описаны на улицах поселений, присельных пастбищах. Развиваются они на почвах нормального и умеренного увлажнения под влиянием интенсивного выпаса. Встречены сообщества варианта в сс. Чекмагушево, Кушнаренково, Старокалмашево, Куккуяново, Шарипово, Ивачево и г. Дюртюли. Доминант *Achillea millefolium* определяет физиономию сообществ варианта. С высоким постоянством, кроме диагностических, во флористическом составе представлены виды классов *Molinio-Arrhenatheretea* (*Elytrigia repens*, *Leontodon autumnalis*), *Polygono arenastri-Poëtea annuae* (*Taraxacum officinale*). Со средним постоянством отмечены виды класса *Artemisietea vulgaris* (*Cichorium intybus*, *Carduus acanthoides*, *Artemisia absinthium*, *Potentilla argentea*), виды класса *Stellarietea mediae* имеют низкое постоянство. ОПП от 75 до 95% на площади описания от 5 до 25 м². Среднее число видов на пробной площадке 12.

Вариант *Lotus corniculatus* (см. табл. 1, колон. 3). Д. в.: *Lotus corniculatus*. Ценозы варианта описаны на присельных пастбищах в поймах рек, на которых выпас в предыдущие годы был умеренный. Формируются они на почвах нормального увлажнения под влиянием интенсивного выпаса. Встречены данные сообщества в с. Кушнаренково и г. Дюртюли. Облик ценозов варианта определяет доминирование *Lotus corniculatus*. С высоким постоянством в травостое, кроме диагностических, отмечены виды классов *Molinio-Arrhenatheretea* (*Achillea millefolium*, *Leontodon autumnalis*, *Elytrigia repens*, *Agrostis gigantea*), *Polygono arenastri-Poëtea annuae* (*Taraxacum officinale*) и *Artemisietea vulgaris* (*Cichorium intybus*). Среднее постоянство имеют виды классов *Stellarietea mediae* (*Convolvulus arvensis*, *Conyza canadensis*, *Cirsium setosum*) и *Bidentetea tripartitae* (*Xanthium albinum*). ОПП от 80 до 90% на площади описания от 7 до 40 м². Среднее число видов на пробной площадке 21. Данный вариант богаче видами, чем вариант *Achillea millefolium*.

Вариант *typicum* базального сообщества *Poa pratensis* [Cynosurion] в РБ был выявлен ранее [Говоров, 2004; Ямалов, 2011]. Варианты *Achillea millefolium* и *Lotus corniculatus* базального сообщества *Poa pratensis* [Cynosurion] на Южном Урале описаны и охарактеризованы нами впервые.

Ассоциация *Astragalo ciceris-Poëtum angustifoliae* (табл. 2)

Д. в.: *Festuca pseudovina*, *Poa angustifolia*, *Potentilla argentea*, *Astragalus danicus*, *Nonea rossica*, *Astragalus cicer*. Сообщества ассоциации встречаются на остепненных лугах пастбищного использования. Они описаны на окраинах поселений, присельных пастбищах. В ассоциации нами выявлены варианты: *typicum*, *Thymus marschallianus*, *Artemisia austriaca*.

Вариант *typicum* (см. табл. 2, колон. 1). Д. в. варианта = д. в. ассоциации. Сообщества варианта развиваются при умеренном выпасе. Встречены они в сс. Чекмагушево, Кушнаренково, Старокалмашево, Куккуяново, Шарипово, Старобаширово, Карача-Елга и г. Дюртюли. Доминант *Festuca pseudovina* определяет облик сообществ. С высоким постоянством, кроме диагностических, во флористическом составе присутствуют виды классов *Molinio-Arrhenatheretea* (*Pimpinella saxifraga*, *Elytrigia repens*, *Plantago media*), *Stellarietea mediae* (*Convolvulus arvensis*), *Artemisietea vulgaris* (*Cichorium intybus*). Среднее постоянство имеют виды классов *Polygono arenastri-Poëtea annuae* (*Taraxacum officinale*, *Polygonum aviculare*) и *Festuco-Brometea* (*Medicago falcata*, *Koeleria cristata*). ОПП от 50 до 85% на площади описания от 10 до 25 м². Среднее число видов на пробной площадке 16. I ярус занимают: *Festuca pseudovina*, *Poa angustifolia*, редко *Cichorium intybus*, *Pimpinella saxifraga*, II ярус слагают: *Thymus marschallianus*, *Potentilla argentea*, *Astragalus danicus*.

Вариант *Thymus marschallianus* (см. табл. 2, колон. 2). Д. в.: *Thymus marschallianus*. Развиваются ценозы варианта под влиянием интенсивного выпаса. Определяет физиономию сообществ *Thymus marschallianus*, содержащий пахучие вещества. С высоким постоянством, кроме диагностических, в травостое отмечены виды классов *Molinio-Arrhenatheretea* (*Achillea millefolium*, *Inula britannica*, *Elytrigia repens*), *Festuco-Brometea* (*Koeleria cristata*), *Artemisietea vulgaris* (*Berteroa incana*), *Stellarietea mediae* (*Convolvulus arvensis*), *Polygono arenastri-Poëtea annuae*

(*Taraxacum officinale*). ОПП от 65 до 90% на площади описания от 12 до 23 м². Среднее число видов на пробной площадке 16. Сообщества варианта одноярусные.

Вариант *Artemisia austriaca* (см. табл. 2, колон. 3). Д. в.: *Artemisia austriaca*. Интенсивный выпас – причина появления ценозов варианта. Степной вид *Artemisia austriaca* определяет физиономию сообществ варианта, так как не поедается скотом. В травостое с высоким постоянством, кроме диагностических, представлены виды классов *Molinio-Arrhenatheretea* (*Elytrigia repens*, *Achillea millefolium*), *Festuco-Brometea* (*Thymus marschallianus*), *Stellarietea mediae* (*Convolvulus arvensis*). Виды классов *Artemisietea vulgaris* (*Carduus acanthoides*, *Berteroa incana*), *Polygono arenastri-Poetea annuae* (*Taraxacum officinale*) представлены со средним постоянством. ОПП от 40 до 80% на площади описания от 6 до 25 м². Среднее число видов на пробной площадке 12. I ярус занят *Artemisia austriaca*, II ярус сложен поврежденными *Festuca pseudovina*, *Poa angustifolia*. Данный вариант беднее видами, чем вариант *Thymus marschallianus*.

Вариант *tyricum* ассоциации *Astragalo ciceris-Poetum angustifoliae* был выделен ранее в лесостепной зоне РБ [Ямалов, 2011]. Варианты *Thymus marschallianus* и *Artemisia austriaca* ассоциации *Astragalo ciceris-Poetum angustifoliae* на Южном Урале описаны и охарактеризованы нами впервые.

Таким образом, на территории исследованных населенных пунктов встречены новые синантропизированные сообщества, которые классифицированы в 1 базальное сообщество с 3 вариантами и 1 ассоциацию с 3 вариантами класса *Molinio-Arrhenatheretea*. Ранее на Южном Урале данные сообщества не регистрировались. Выделенные синтаксоны хорошо дифференцируются по флористическому составу. Основу их ценофлор составляют луговые виды класса *Molinio-Arrhenatheretea* и синантропные виды классов *Stellarietea mediae*, *Artemisietea vulgaris* и *Polygono arenastri-Poetea annuae*.

Список литературы

References

1. Абрамова Л.М., Миркин Б.М. 2000. Антропогенная эволюция растительности в Республике Башкортостан: масштабы процесса и подходы к управлению. Вестник Академии наук Республики Башкортостан, 5 (3): 18–25.
2. Говоров Е.В. 2004. Растительность населенных пунктов сельского типа северо-востока Республики Башкортостан. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 16.
3. Голованов Я.М., Абрамова Л.М. 2012. Растительность города Салавата (Республика Башкортостан). III. Синантропная растительность (классы *Bidentetea tripartitae*, *Stellarietea mediae* и *Artemisietea vulgaris*). Растительность России, (21): 34–65.
4. Едренкина Е.В. 2005. Флора и растительность зеленой зоны г. Уфы: влияние человека и вопросы охраны. Дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 317.
5. Ишбирдин А.Р., Миркин Б.М., Соломеш А.И., Сахапов М.Т. 1988. Синтаксономия, экология и динамика рудеральных сообществ Башкирии. Уфа, БНЦ УрО АН СССР, 161.
6. Ишбирдина Л.М. 1992. Эколого-биологическая характеристика флоры и растительности г. Уфы и их динамика за 60–80 лет. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Днепропетровск, 16 с.
7. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломеш А.И. 2001. Современная наука о растительности. М.: Логос, 263.
8. Мулдашев А.А. 2006. Природное районирование Республики Башкортостан. Уфа. Гилем, 25–34.



- Muldashev A.A. 2006. Prirodnoe rajonirovanie Respubliki Bashkortostan [Natural zoning of the Republic of Bashkortostan]. Ufa, Gilem, 25–34. (in Russian)
9. Рябова Т.Г. 1998. Флора и растительность г. Бирска. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Уфа, 17.
- Ryabova T.G. 1998. Flora i rastitel'nost' g. Birsk [Flora and vegetation of Birsk]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Ufa, 17. (in Russian)
10. Сахапов М.Г. 1988. О рудеральной растительности городов Башкирии. *В кн.: Ботанические исследования на Урале: информационные материалы.* Свердловск, Ин-т экол. раст. и животных УрО АН СССР: 96.
- Sahapov M.G. 1988. About ruderal vegetation cities of Bashkortostan. *In: Botanicheskie issledovanija na Urale: informacionnye materialy* [Botanical research in the Urals: an informational materials]. Sverdlovsk, In-t jekol. rast. i zhivotnyh UrO AN SSSR: 96. (in Russian)
11. Суюндукова Г.Я. 2008. Синтаксономический анализ растительности населенных пунктов сельского типа Зауралья Республики Башкортостан. Дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 231.
- Suyundukova, J. 2008. Sintaksonomicheskij analiz rastitel'nosti naseleennyh punktov sel'skogo tipa Zaural'ja Respubliki Bashkortostan [Syntaxonomical analysis of vegetation rural communities of the type TRANS-Urals Republic of Bashkortostan]. Dis. ... cand. biol. sciences. Ufa, 231. (in Russian)
12. Черепанов С.К. 1995. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб., Мир и семья, 992.
- Cherepanov, S.K. 1995. Sosudistye rastenija Rossii i sopredel'nyh gosudarstv (v predelah byvshego SSSR) [Vascular plants of Russia and adjacent States (the former USSR)]. Russian edition. Saint Petersburg, Mir i sem'ja, 992. (in Russian)
13. Ямалов С.М. 2011. Синтаксономия и динамика травяной растительности Южно-Уральского региона. Дис... докт. биол. наук. Уфа, 832.
- Jamalov S.M. 2011. Sintaksonomija i dinamika travjanov rastitel'nosti Juzhno-Ural'skogo regiona [Syntaxonomy and dynamics of the herbaceous vegetation of the South-Ural region]. Dis. ... doc. biol. sciences. Ufa, 832. (in Russian)
14. Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Wien-New-York, Springer Verlag, 865.
15. Копецкы К., Hejny S. 1974. A new approach to the classification of antropogenic plant communities. *Vegetatio*, 29 (1): 17–20.

УДК 582.287.237:582.632.2:581.55

**НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ СТРУКТУРЫ КОМПЛЕКСА ПАТОГЕННЫХ ВИДОВ
ТРУТОВЫХ ГРИБОВ (POLYPORACEAE S. L.),
ПРИУРОЧЕННЫХ К ДУБУ ЧЕРЕШЧАТОМУ (*QUERCUS ROBUR* L.),
В ДРЕВОСТОЯХ ЗАПОВЕДНОЙ ДУБРАВЫ «ЛЕС НА ВОРСКЛЕ»**

**SOME ASPECTS OF THE STRUCTURE OF THE COMPLEX PATHOGENIC
SPECIES OF POLYPORUS FUNGI (POLYPORACEAES. L.) ASSOCIATED WITH
ENGLISH OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) IN OAK STANDS
OF PROTECTED OAK FOREST "LES NA VORSKLE"**

**А.В. Дунаев, Е.Н. Дунаева, С.В. Калугина
A.V. Dunaev, E.N. Dunaeva, S.V. Kalugina**

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

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

E-mail: kiryushenko@bsu.edu.ru

Ключевые слова: структура, *Q. robur* – *Polypore* – ксилотикопаатокомплекс (*Q–P*-ценокомплекс), *P*-мицобиоценоз, доминанты, субдоминанты, биотрофный путь биодеструкции, сапротрофный путь биодеструкции.

Key words: structure, *Q. robur* – *Polypore* – xylomycopathocomplex (*Q–P*-cenocomplex), *P*-mycocenosis, dominant, subdominant, biotrophy way biodestruction, saprotrophy way biodestruction.

Аннотация. В статье рассмотрены характерные особенности видового и функционального аспектов общей структуры комплекса патогенных трутовых грибов на дубе черешчатом, или *Quercus robur* – *Polypore* – ксилотикопаатокомплекса (*Q–P*-ценокомплекса), сложившихся в семенных и семенно-порошлевых древостоях дубравы «Лес на Ворскле» (Борисовский район, Белгородская область РФ). Дана оценка распространенности отдельных видов *P*-мицобиоценоза в древостоях дубравы «Лес на Ворскле». Представлены результаты сравнительного анализа видового и функционального аспектов структуры *Q–P*-ценокомплекса в древостоях «Леса на Ворскле» и в порошлевых древостоях антропогенно трансформированных дубрав Белгородской области.

Resume. The object of this study is a complex of pathogenic polypore fungi on English oak or *Quercus robur* – *Polypore* – xylomycopathocomplex (*Q–P*-cenocomplex) individual forest vegetation plots and seed stands of mixed origin as part of the protected oaks "Les na Vorskle" (Borisovka district, Belgorod region, Russian Federation). Identify features of occurrence (prevalence) and the confinement of pathogenic polypores, representing *P*-mycocenosis on the oak, in seed and seed-coppice oak stands in the composition of the oaks "Les na Vorskle". Shows the results of analysis of the *Q–P*-cenocomplex structure. In compliance objectives were as follows. 1. Clarify the list of types of *P*-mycocenosis, occurring in an oak pedunculate in seed and seed-coppice stands. 2. To assess the occurrence (prevalence) *P*-mycocenosis species in seed and seed-coppice oak stands and identify features of their confinement. 3. To analyze the species and functional structures *Q–P*-cenocomplex, established in seed and seed-coppice stands "Les na Vorskle", and compare them with those prevailing in the anthropogenically transformed coppice oak forests of the Belgorod region in the process of conducting field forest pathology, phytopatological and mikotsenologicheskieskie survey oak stands in the plain of "Les na Vorskle". As a result of surveys tyere were identified the species composition of *P*-mycocenosis, assessed the prevalence of certain types of *P*-mycocenosis, investigated the functional structure of the *Q–P*-cenocomplex, developed in oak stands oaks "Les na Vorskle" in comparison with those prevailing in the coppice stands anthropogenically transformed oak Belgorod region.

Введение

Для каждой лесообразующей породы можно выделить комплекс патогенных видов трутовиков (Polyporaceae s. l.), выполняющих эволюционно определенную функцию «ослабления и летализации» [Стороженко, 2009] в ценопопуляциях растения-хозяина, что является непосредственным проявлением процесса трансформации вещества и энергии в лесных экосистемах. Характер взаимоотношений «лесообразующая порода – микопаатокомплекс» находит выражение в особенностях структуры мицобиоценоза и позволяет судить о состоянии и развитии фитобиоценоза и биоценоза в целом.

На живых деревьях *Quercus robur* L., который является основной лесообразующей породой автохтонных лесостепных дубрав Восточной Европы, в условиях юго-запада Среднерусской возвышенности отмечено около 10–11 видов патогенных трутовиков [Харченко и др.,



2010; Dunayev et. al., 2014], относящихся к порядкам *Agaricales*, *Hymenochaetales*, *Polyporales* (класс *Agaricomycetes*, отдел *Basidiomycota* [Kirk et. al., 2008]).

Авторами данной статьи обследованы многие порослевые антропогенно трансформированные дубравы Белгородской области. Вырисовываются общие представления о структуре комплекса патогенных трутовых, приуроченных к дубу [Dunayev et. al., 2014]. Однако картина все еще остается неполной вследствие отсутствия исследований в заповедных семенных дубравах, моделирующих в некотором смысле первозданные древостои. Исследование комплекса патогенных трутовых грибов на дубе черешчатом, или *Q. robur* – *Polypore* – ксиломикопаток-комплекса (*Q-P*-ценокомплекса), в дубовых древостоях заповедной дубравы «Лес на Ворскле» восполнило бы имеющийся пробел в знаниях о структуре консорции дуба и микоценозах дубрав лесостепи. В связи с вышесказанным была определена цель настоящего исследования: Выявить особенности встречаемости (распространенности) и приуроченности патогенных видов трутовых грибов (ПТГ) в семенных и семенно-порослевых дубовых древостоях в составе дубравы «Лес на Ворскле» и провести структурный анализ *Q-P*-ценокомплекса, сложившегося в этих древостоях. В соответствии цели были поставлены следующие задачи. 1. Уточнить список видов ПТГ, встречающихся на дубе черешчатом в семенных и семенно-порослевых древостоях. 2. Оценить встречаемость (распространенность) видов ПТГ в семенных и семенно-порослевых дубовых древостоях и выявить особенности их приуроченности. 3. Провести анализ видовой и функциональной структур *Q-P*-ценокомплекса, сложившихся в семенных и семенно-порослевых древостоях дубравы «Лес на Ворскле», и сравнить их с таковыми, сложившимися в порослевых антропогенно трансформированных дубравах Белгородской области.

Объекты и методика

Объектом настоящего исследования выступил *Q-P*-ценокомплекс отдельных лесорастительных участков в древостоях семенного и смешанного происхождения в составе заповедной дубравы «Лес на Ворскле» (Борисовский район, Белгородская область РФ). Непосредственным предметом исследования явилась структура *Q-P*-ценокомплекса в двух ее важных аспектах: видовом (видовая структура) и функциональном (функциональная структура).

Q-P-ценокомплекс – не искусственно выделяемое образование, а органичная часть консорции дуба и биоценоза дубравы. В биоценологическом аспекте, согласно имеющимся представлениям [Мазинг, 1965], *Q-P*-ценокомплекс являет собой биотическое сообщество, включающее дуб как ядро консорции на ценопопуляционном уровне и одну из компонентных группировок круга консортов 1-го порядка, каковой выступает сообщество ПТГ. В микоценологическом аспекте *Q-P*-ценокомплекс представляет собой один из трофо-топических слоев (субстратно и пространственно обособленную микосинузию по [Стороженко, 2009]) *Q. robur* – ксиломикопаток-комплекса (термин «ксиломикопаток-комплекс» употребляется в работах С.П. Арефьева [2008]), или ценомикопаток-комплекса (термин «ценомикопаток-комплекс» употребляется в работах И.В. Ставищенко [2008]). В микоценологическом аспекте *Q-P*-ценокомплекс, без актуализации ценоценологической роли субстратной составляющей, представляется совокупностью грибных организмов близкой природы, объединенных сходными требованиями к происхождению и состоянию субстрата, или микоценозом [Каламэз, 1975; Сафонов, 2006].

В данной статье *Q-P*-ценокомплекс рассматривается как эколобогическая система, включающая две составляющие: *Q*-ксилокомплекс и микоценоз ПТГ (*P*-микоценоз). *Q*-ксилокомплекс образуют совокупности живых и мертвых (косных) древесных единиц дуба в составе дубравного биоценоза. Совокупность живых единиц охватывает вегетирующие особи *Q. robur* и представляет собой *Q*-ценопопуляцию. Совокупность мертвых единиц представляют сухостойные, сломанные на корню, вываленные деревья дуба, а также – дубовые пни.

Детальные полевые обследования проводились в 2014 г. в квартале 8, на выделах 7 и 10. Дополнительно было проведено рекогносцировочное обследование дубовых древостоев с охватом других выделов в кв. 8. Таксационное описание выделов, где проводились детальные полевые обследования в 2014 г. по состоянию на 1986 г. [Перспективный план ..., 1986], представлено ниже.

Кв. 8, выдел 7. 1-ый ярус. Элемент леса Дч. Древостой: 9Д1Яо+Лп. Длительно-производный. Происхождение естественное семенное. Бонитет II, тип условий местопроизрастания (ТУМ) Д₂, тип леса Д_{1-Б}, класс возраста IX, возраст 90 лет, группа возраста – средневозрастная. Средняя высота 24 м. Средний диаметр 32 см. Полнота 0.8. 2-ой ярус. Элемент леса Кло. Состав: 8Кло2Лп. Возраст 40 лет. Средняя высота 9 м. Средний диаметр 8 см. Полнота 0.2. Подрост: Кл, Лп, Яо, высота 1 м, средней густоты, равномерный. Подлесок: бересклет бородавчатый, боярышник кроваво-красный. Покров: сныть обыкновенная, осока волосистая, ясменник душистый. Почва серая лесная средне оподзоленная. Положение: склоны разных экспозиций.

Кв. 8, выдел 10. 1-ый ярус. Элемент леса Дч. Древостой: 10Д единично Лп, Яо. Длительно-производный. Происхождение естественное, семенно-порослевое, преобладает порослевое. Бонитет II, ТУМ Д₂, тип леса Д_{1-В}, класс возраста IX, возраст 85 лет, группа возраста – средне-возрастная. Средняя высота 24 м. Средний диаметр 32 см. Полнота 0.8. 2-ой ярус. Элемент леса Кло. Состав древостоя: 6Кло4Лп. Возраст 40 лет. Средняя высота 10 м. Средний диаметр 8 см. Полнота 0.2. Подрост: Кло, Лп, Ил, высота 1-4 м, густой, равномерный. Подлесок: бересклет бородавчатый, единично. Покров: осока волосистая, звездчатка ланцетолистная, сныть обыкновенная, будра плющевидная. Почва серая лесная средне оподзоленная. Положение: склоны разных экспозиций.

Принятые сокращения: Д, Дч – дуб черешчатый, Яо – ясень обыкновенный, Лп – липа мелколистная, Кло – клен остролистный; Ил – вяз шершавый (ильм); Д₂ – свежая дубрава; Д_{1-В} – дубняк осоковый; Д_{1-В} – дубняк звездчатково-осоковый.

Полевые обследования проводились согласно методикам лесопатологических, фитопатологических и микоценологических исследований [Руководство по планированию ..., 2007; Мухин, 1993; Сафонов, 2006].

Детальные обследования проводились следующим образом. Выбиралось направление полосы сплошного обследования дубового древостоя. В полосе обследования производился учет всех древесных единиц Q-ксилокомплекса с перечетом количества древесных единиц, на которых развивается тот или иной вид ПТГ, по принципу «одна единица субстрата – один образец» [Мухин, 2006]. Единица субстрата представляет собой либо живой, либо косный элемент: отдельное живое (вегетирующее) дерево дуба, отдельное сухостойное дерево, отдельный вывал, слом или дубовый пенёк. Учет типа субстрата необходим для более полного исследования функциональной структуры P-микоценоза в составе Q-P-ценокомплекса.

Присутствие образца того или иного вида ПТГ на субстрате определялось по наличию характерных плодовых тел, их остатков, а в отношении отдельных видов, нерегулярно образующих плодовые тела, и косвенных признаков заселения субстрата. Как показывает практика, эта методика количественного учета достаточно действенна [Сафонов, 2006]. Заметим, что в процессе полевых обследований в отдельных случаях отмечалось присутствие биотрофных видов P-микоценоза (в виде старых плодовых тел, их остатков или признаков характерной гнили) на косном субстрате, однако в видовом составе функционального субмикоценоза косной древесины дуба они не учитывались, поскольку на ней они не жизнеспособны.

По результатам детальных полевых обследований и учетов определялись такие показатели как встречаемость вида ПТГ на субстрате (этот показатель вычисляется в виде доли древесных единиц, заселенных данным видом, выраженной в %); и доля находок вида ПТГ в общей численности находок ПТГ, выраженная в %. Для выделения классов доминирования по численности была использована шкала Е.Л. Любарского [1975]: $0 < N \leq 4$ малозначимый вид; $4 < N \leq 16$ второстепенный вид; $16 < N \leq 36$ субдоминант; $36 < N \leq 64$ доминант; $64 < N \leq 100$ абсолютный доминант; где N – доля (находок) вида в общей численности (находок), %.

При рекогносцировочных обследованиях производился беглый осмотр древесных единиц Q-ксилокомплекса на предмет присутствия представителей P-микоценоза. При обнаружении последних делалась отметка о видовой принадлежности их и типе заселяемого субстрата.

Все натурные данные заносились непосредственно в полевой журнал. Камеральная обработка данных осуществлялась с позиций системно-структурного анализа [Ушаков, 2005; Сафонов, 2006] и применением аналитических методов микоценологии [Мухин, 1993; Сафонов, 2006] и вариационной статистики [Лакин, 1990].

Результаты и их обсуждение

В сезон 2014 г. на выделе 7 (кв. 8) в полосе сплошного учета было обследовано 146 субстратных единиц Q-ксилокомплекса. В том числе: 89 вегетирующих деревьев дуба (средний диаметр $D_{1.3\text{ср.}} = 46.9 \pm 1.19$ см., средняя категория состояния КС = 2.50 ± 0.073 балла) и 57 единиц косного субстрата. Из которых: 17 сухостойных деревьев ($D_{1.3\text{ср.}} = 35.6 \pm 1.21$ см.), 6 сломов ($D_{1.3\text{ср.}} = 33.2 \pm 4.82$ см.), 17 вывалов ($D_{1.3\text{ср.}} = 30.8 \pm 3.06$ см.), 17 пней. Процентное соотношение живого и косного субстрата: 61.0:39.0.

На выделе 10 (кв. 8) в полосе сплошного учета было обследовано также 146 субстратных единиц Q-ксилокомплекса. В том числе: 90 вегетирующих деревьев дуба (средний диаметр $D_{1.3\text{ср.}} = 45.1 \pm 1.40$ см., средняя категория состояния КС = 2.62 ± 0.070 балла) и 56 единиц косного субстрата. Из которых: 13 сухостойных деревьев ($D_{1.3\text{ср.}} = 40.1 \pm 2.89$ см.), 4 сломы ($D_{1.3\text{ср.}} = 33.2 \pm 0.94$ см.), 20 вывалов ($D_{1.3\text{ср.}} = 24.6 \pm 2.29$ см.), 19 пней. Процентное соотношение живого и косного субстрата: 61.6:38.4.

Рекогносцировочным обследованием были охвачены следующие выдела в кв. 8: 7, 10, 4, 5, 6, 21.

На основании первичных данных полевых обследований, как детальных, так и рекогносцировочных, было установлено, что из списка известных для дубрав Белгородской области видов ПТГ [Dunayev et. al., 2014] в дубовых древостоях дубравы «Лес на Ворскле» на дубовом субстрате встречаются следующие виды (табл. 1): печеночница обыкновенная *Fistulina hepatica* (Schaeff.) With., серно-желтый трутовик *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Murrill., ложный дубовый трутовик *Fomitoporia robusta* (P. Karst.) Fiasson & Niemelä [= *Phellinus robustus* (P. Karst.) Bourdot & Galzin], дуболюбивый трутовик *Inocutis dryophila* (Berk.) Fiasson & Niemelä [= *Inonotus dryophilus* (Berk.) Murrill], дубравный корневой трутовик *Pseudoinonotus dryadeus* (Pers.) T. Wagner & M. Fisch. [= *Inonotus dryadeus* (Pers.) Murrill], дубовая губка *Daedalea quercina* (L.) Pers., шафранный трутовик *Hapalopilus croceus* (Pers.) Donk., грифола курчавая *Grifola frondosa* (Dicks.) Gray, настоящий трутовик *Fomes fomentarius* (L.) Fr.

Такие виды как *F. hepatica*, *L. sulphureus*, *F. robusta*, *P. dryadeus*, *D. quercina* были отмечены и при детальных и при рекогносцировочных обследованиях. Такие виды как *I. dryophila*, *H. croceus*, *F. fomentarius* были обнаружены на дубе при рекогносцировочных обследованиях в кв. 8. Такой вид как *G. frondosa* встречается на дубе по сообщениям работников заповедника «Лес на Ворскле».

Не были отмечены чешуйчатый трутовик *Polyporus squamosus* (Huds.) Fr., и трутовик Швейница *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat, которые вообще редко встречаются на дубовом субстрате и являются случайными поселенцами для дуба в дубравах региона [Dunayev et. al., 2014], что, однако, вовсе не исключает возможности их нахождения на дубовом субстрате в составе фитоценозов «Леса на Ворскле» при более длительных и масштабных обследованиях.

Первичные данные для анализа структуры *Q-P*-ценокомплекса и структуры *P*-микоценоза в составе *Q-P*-ценокомплекса в обследованных дубовых древостоях дубравы «Лес-на-Ворскле» приведены в табл. 1. Предваряя структурный анализ, приведем в контексте изложения основные соображения о структуре вообще и о структуре *Q-P*-ценокомплекса в частности.

Структура, как известно, есть некоторая устоявшаяся совокупность частей и элементов единого целого в их взаимоотношениях и взаимосвязях. С точки зрения системно-структурного подхода [Ушаков, 2005] *Q-P*-ценокомплекс представляет собой экобиологическую систему, подсистемами которой являются *Q*-ксилокомплекс и *P*-микоценоз. Эти подсистемы, в свою очередь, являются системами, включающими более простые составляющие.

Q-ксилокомплекс в свете единого целого с *P*-микоценозом может быть представлен группами деревьев, или, точнее, древесных единиц, имеющих отношения к представителям *P*-микоценоза в качестве определенного типа субстрата. В более общем и упрощенном видении вопроса это по сути две следующие группы. Группа живого субстрата, включающая вегетирующие деревья дуба и, вероятно, свежий сухостой и свежие прижизненные сломы, встречающиеся, однако, достаточно редко. Группа косного субстрата, включающая сухостойные деревья, старые сломы, вывалы, пни; а в случае интенсивной лесохозяйственной деятельности, и обрубки стволов.

Q-ксилокомплекс в свете единого целого с *P*-микоценозом может быть представлен группами деревьев, или, точнее, древесных единиц, имеющих отношения к представителям *P*-микоценоза в качестве определенного типа субстрата. В более общем и упрощенном видении вопроса это по сути две следующие группы. Группа живого субстрата, включающая вегетирующие деревья дуба и, вероятно, свежий сухостой и свежие прижизненные сломы, встречающиеся, однако, достаточно редко. Группа косного субстрата, включающая сухостойные деревья, старые сломы, вывалы, пни; а в случае интенсивной лесохозяйственной деятельности, и обрубки стволов.

P-микоценоз в свете единого целого с *Q*-ксилокомплексом может быть представлен, в первую очередь, группами видов с определенным типом питания. В более общем и упрощенном видении вопроса это следующие группы. Группа видов вполне жизнеспособных только на вегетирующих деревьях дуба, доживающих и отмирающих на свежесохших и свежесломанных деревьях. Это т. н. биотрофы [Сафонов, 2006]. Группа видов, жизнеспособных как на косном, так и на живом субстрате. При этом, активность разных видов из этой группы на косном и живом субстрате может быть разной. Обозначим эту группу, в противовес биотрофам, условными сапротрофами (или, в контексте данного изложения, просто сапротрофами), куда будем включать факультативных сапротрофов и факультативных патогенов. Следует заметить, что истинных сапротрофов, не проявляющих патогенных свойств, авторы в данной статье не рассматривают.

Таблица 1
Table 1

Структурные составляющие Q–P-ценокомплекса в дубовых древостоях дубравы «Лес на Ворскле»
Structural components of the Q–P-cenocomplex in oak stands oak forest «Les na Vorskle»

Лесорастительный участок		кв. 8, выдел 7				кв. 8, выдел 10			
Типы субстрата Q-кисилокомплекса, число ед. учета, шт (доля от общего числа ед., %)	Трофические группы P-микоченоза	Вегетирующие деревья, 89 (61.0)		Косный субстрат, 57 (39.0)		Вегетирующие деревья, 90 (61.6)		Косный субстрат, 56 (38.4)	
		биографы	сапрографы	биографы	сапрографы	биографы	сапрографы	биографы	сапрографы
Представленность видов P-микоченоза по трофическим группам и типам субстрата, число ед. учета, шт. (доля от общего числа ед., %)	<i>F. hepatica</i>	-	0 (0.0/0.0)	-	3 (50.0/5.3)	-	0 (0.0/0.0)	-	3 (37.5/5.4)
	<i>L. sulphureus</i>	-	4 (33.3/6.6)	-	3 (50.0/5.3)	-	3 (37.5/3.3)	-	3 (37.5/5.4)
	<i>F. robusta</i>	7* (58.3/7.9)**	-	-	-	4 (50.0/4.4)	-	-	-
	<i>I. dryophila</i>	0 (0.0/0.0)***	-	-	-	0 (0.0/0.0)***	-	-	-
	<i>P. dryadeus</i>	1 (8.3/1.1)	-	-	-	1 (12.5/1.1)	-	-	-
	<i>D. quercina</i>	-	0 (0.0/0.0)***	-	0 (0.0/0.0)***	-	0 (0.0/0.0)	-	2 (25.0/3.6)***
	<i>H. stoeceus</i>	-	0 (0.0/0.0)***	-	0 (0.0/0.0)	-	0 (0.0/0.0) +	-	0 (0.0/0.0)
<i>G. frondosa</i>	0 (0.0/0.0)****	-	-	-	0 (0.0/0.0)****	-	-	-	
<i>F. fomentarius</i>	-	0 (0.0/0.0)***	-	0 (0.0/0.0)	-	0 (0.0/0.0), +	-	0 (0.0/0.0)	
Итого, шт., (%)		8+4=12 (100.0)		6 (100.0)	0.0	5+3=8 (100.0)	0.0	8 (100.0)	

Примечание: *число находок данного вида на дубовом субстрате при детальных обследованиях; **в числителе – доля вида в общей численности (%), в знаменателе – встречаемость на субстрате (%); ***представители вида обнаружены на дубе при рекогносцировочных обследованиях в кв. 8; ****представители вида встречаются на дубе по сообщениям наблюдателей.



Таким образом, структура Q – P -ценокомплекса может быть представлена с качественной и количественной сторон. Качественная сторона понимается как набор разных элементов, количественная – как их взаимосвязь и соотношение. При этом ксилокомплекс дуба выступает своего рода матрицей, определяющей облик и структуру микоценоза ПТГ, так что в области однородного состояния субстрата структура Q – P -ценокомплекса сводится к структуре P -микоценоза.

Поскольку структура сообщества многогранна, то при ее исследовании приходится акцентировать внимание на отдельных ее аспектах [Миркин и др., 1989; Сафонов, 2006]. Наиболее важными в биоценозе представляются видовая и функциональная структуры, так как они отражают видовое разнообразие и особенности трансформации вещества и энергии в сообществе. Такое своеобразное биотическое сообщество как Q – P -ценокомплекс представлено в границах одной из подсистем единственным видом *Quercus robur* L., индивиды и косные древесные единицы которого выступают в качестве субстрата, а в границах другой подсистемы – сообществом нескольких видов ПТГ (*Polyporaceae* s. l.), использующих индивиды и косные древесные единицы *Q. robur* как трофо-топический субстрат. Поэтому в случае анализа видового аспекта структуры Q – P -ценокомплекса правильнее, на наш взгляд, говорить о субстратно-видовой составляющей общей структуры. То же самое относится и функциональному аспекту структуры Q – P -ценокомплекса, который может рассматриваться как субстратно-функциональная составляющая общей структуры.

Обратимся к данным таблицы 1. На вегетирующих деревьях дуба в составе обследованных древостоев «Леса на Ворскле» нами отмечены 3 вида ПТГ, которые встречаются во многих дубравах Белгородской области в составе P -микоценозов [Dunayev et. al., 2014]: *F. robusta*, *P. dryadeus*, *L. sulphureus*. *F. robusta* и *P. dryadeus* – биотрофы, *L. sulphureus* – сапротроф (факультативный сапротроф). Доли данных видов в составе P -микоценоза обследованного участка на выделе 7 (см. табл. 1): 58.3, 8.3, 33.3% соответственно. Доли данных видов в составе P -микоценоза обследованного участка на выделе 10 (см. табл. 1): 50.0, 12.5, 37.5% соответственно. Разница между приведенными цифрами незначительна, что нетрудно проверить с помощью статистического метода оценки разности между долями [Лакин, 1990, с. 120-122]. Это может свидетельствовать о сходном состоянии и развитии P -микоценозов вегетирующей части ксилокомплекса дуба в семенных и семенно-порослевого дубовых древостоях малоэксплуатируемых дубрав, одной из которых является заповедная дубрава «Лес на Ворскле». Упомянутые виды – *F. robusta*, *P. dryadeus*, *L. sulphureus* – составляют видовую основу P -микоценозов вегетирующих деревьев дуба в обследованных древостоях дубравы «Лес на Ворскле». Из числа этих видов в соответствии с известной шкалой Любарского [1975], используемой для выделения классов доминирования по численности, выделяются такие виды как *F. robusta* и *L. sulphureus*: первый выступает доминантом (выдела 7, 10), второй субдоминантом (выдел 7) и содоминантом (выдел 10). *P. dryadeus* выступает в роли второстепенного вида (выдела 7, 10).

Так как доля участия вида в микоценозе прямо пропорциональна его встречаемости на субстрате, то наиболее высокой встречаемостью на живых деревьях дуба характерна для *F. robusta* (см. табл. 1) (7.9% в древостое выдела 7, 4.4% – выдела 10), затем – *L. sulphureus* (6.6% и 3.3% соответственно) и *P. dryadeus* (1.1%). Сравним эти показатели с таковыми, полученными для порослевых антропогенно трансформированных дубрав [6]. В первую тройку наиболее распространенных на вегетирующем дубе видов ПТГ в древостоях порослевых антропогенных дубрав входят: *F. hepatica* (0.5-12.5%, в среднем 3.6%), *L. sulphureus* (0.5-6.0%, в среднем 2.7%), *F. robusta* (0.5-3.9%, в среднем 1.2%). Как видим, *F. robusta* занимает, как правило, 3-е место по численности в составе P -микоценозов в порослевых антропогенных дубравах и может выступать только на ролях субдоминанта, тогда как доминирующим видом чаще всего выступает *F. hepatica*. *L. sulphureus* сохраняет позиции субдоминанта и содоминанта.

В продолжение сравнения небезынтересно будет отметить, что в порослевых антропогенных дубравах плодовые тела *F. hepatica* в подавляющем числе случаев образуются в комлевых и прикомлевых дуллах вегетирующих деревьев [Дунаев и др., 2014], а также в гнездовых нишах; реже на пнях, и еще реже на стволах деревьев в трещинах коры. В обследованных древостоях дубравы «Лес на Ворскле» плодовые тела *F. hepatica* встречались на стволах мертвых деревьев дуба, прикрепленные основанием в местах легких отверстий насекомых-ксилофагов. Данное обстоятельство позволяет предположить, что в семенных и семенно-порослевого дубовых древостоях с участием дуба, имеющего благополучное состояние комлевой части и прикомлевого окружения, *F. hepatica* распространяется преимущественно с помощью ксилофагов, входящих в консорцию дуба, и заселяет вероятнее всего усыхающие и усохшие деревья. Частичным подтверждением этому служит факт представленности *F. hepatica* в древостоях дубравы «Лес на Ворскле» только на косном субстрате (см. табл. 1).

Состав *P*-микоценоза косной древесине дуба (см. табл.1) включает виды, жизнедеятельные на отмерших древесных единицах. Это *F. hepatica* (выдела 7, 10) (см. табл.1), *L. sulphureus* (выдела 7, 10) и *D. quercina* (выдел 10). Они выступают сапротрофами, которые могут поселяться и на живых деревьях дуба. Однако в условиях дубравных ценозов «Леса на Ворскле» такую возможность, очевидно, реализует только *L. sulphureus* (см. табл. 1). *F. hepatica* и *L. sulphureus* в соответствии с придержками шкалы Любарского [1975] являются доминантами *P*-микоценоза косной древесины. Доли их численности в общей численности условных сапротрофов (см. табл. 1) составляют 50 и 50% (выдел 7), 37.5 и 37.5% (выдел 10) соответственно. *D. quercina* может проявлять себя как субдоминант (выдел 10, доля численности 25.0%) (см. табл. 1).

Таким образом, субстратно-видовая структура *Q–P*-ценокомплекса складывается из двух подструктур, связанных между собой процессами преобразования вещества и энергии в направлении живое → косное. Это подструктура, включающая вегетирующие деревья дуба и, связанный с ними, *P*-микоценоз, и подструктура, включающая косные древесные единицы дуба (сухостойные деревья, сломы, вывалы, пни) и связанный с ними *P*-микоценоз. В границах каждой из подструктур субстратно-видовой аспект структуры сводится к видовому составу и соотношению видов ПТГ. В состав *P*-микоценоза вегетирующих деревьев дуба в обследованных семенных и семенно-порослевых древостоях дубравы «Лес на Ворскле» входят следующие основные виды: *F. robusta*, *L. sulphureus*, *P. dryadeus*. *F. robusta* выступает доминантом, *L. sulphureus* субдоминантом и содоминантом, *P. dryadeus* является второстепенным видом. В противоположность этому в древостоях порослевых антропогенно трансформированных дубрав в составе *P*-микоценоза вегетирующих деревьев дуба чаще доминирует *F. hepatica*. *F. robusta* занимает, как правило, 3-е место по численности и может выступать только на ролях субдоминанта. *L. sulphureus* сохраняет позиции субдоминанта и содоминанта. Видовую основу *P*-микоценоза косной древесины дуба в обследованных древостоях дубравы «Лес на Ворскле» составляют *F. hepatica*, *L. sulphureus*, *D. quercina*. Явными доминантами выступают *F. hepatica* и *L. sulphureus*.

Под субстратно-функциональной составляющей общей структуры *Q–P*-ценокомплекса как некоторого биотического сообщества следует понимать устойчивую форму его организации на основе взаимоотношения отдельных видов [Мазинг, 1965]. В этих взаимоотношениях применительно к *Q–P*-ценокомплексу мы различаем: 1) отношения отдельных видов *P*-микоценоза между собой и 2) отношения отдельных видов *P*-микоценоза к субстрату, т. е. к *Q*-ксилокомплексу.

Функциональная структура выходит за рамки отдельного сообщества, так как его функция реализуется в контакте с другими компонентами биогеоценоза и неотделима от функции биогеоценоза в целом. Своеобразие функционирования *Q–P*-ценокомплекса в составе биогеоценоза дубравы заключается в осуществлении процессов *P*-микоценоз-зависимого селективного преобразования вегетирующей части ценопопуляции дуба, перевода древесных единиц дуба из состояния вегетирующей особи в состояние косной древесной единицы («ослабления и латентизации» [Стороженко, 2009] и частичной утилизации косных единиц дуба. Перечисленными процессами достигается следующий уровень трансформации и утилизации субстрата, поддерживаемый за счет других субстратспецифичных сообществ, встроенных, как и рассматриваемый *Q–P*-ценокомплекс, в единый целостный биогеоценоз.

Качественную сторону субстратно-функциональной структуры *Q–P*-ценокомплекса представляют биотрофный и сапротрофный элементы *P*-микоценоза, которые определяют характерные пути биологического разрушения субстрата (биотрофный, патогенный сапротрофный, сапротрофный). Дополняет качественную представленность субстратно-функциональной структуры такие атрибут биотрофных и сапротрофных элементов как тип гнили (белая коррозийная/бурая деструктивная) [Сафонов, 2006]. Количественную сторону характеризует соотношение встречаемостей биотрофных и сапротрофных элементов на субстрате. Причем, встречаемость представителей сапротрофного вида ПТГ, способного существовать на косном и живом субстрате, следует учитывать отдельно на косном и отдельно на живом субстрате, поскольку в первом случае данный вид представляет сапротрофный путь биодеструкции, а во втором – патогенный.

Исходя из соображений, что все древесные единицы в составе *Q*-ксилокомплекса равнозначны в плане функциональной структуры, как вегетирующие индивиды, так и мертвые ксилоэлементы, при анализе субстратно-функциональной структуры *Q–P*-ценокомплекса встречаемость отдельных видов ПТГ определялась как отношение древесных единиц, заселенных данным видом к общему числу обследованных древесных единиц.

Необходимые данные позволяющие анализировать субстратно-функциональные структурные особенности *Q–P*-ценокомплекса в обследованных древостоях дубравы «Лес на Ворск-

ле» приведены в таблице 2. Первичные данные о биотрофности/сапротрофности, количестве заселенных древесных единиц (числе находок на дубовом субстрате при детальном обследовании) содержатся в табл. 1. Общее число обследованных древесных единиц субстрата и на выделе 7 (89+57) (см. табл. 1) и на выделе 10 (90+56) равно 146. Характеристики типов гнили по особенностям протекания процессов разрушения субстрата для каждого из рассматриваемых видов ПТГ вполне известны [Сафонов, 2006] и проверены собственными исследованиями авторов данной статьи.

Биотрофный путь биодеструкции (см. табл. 2) представляют такие виды как *F. robusta* и *P. dryadeus* – возбудители белой коррозийной гнили древесины. Доля деревьев, подвергающихся разрушению этими биотрофами, составляет: 5.5% (4.8+0.7) (выдел 7) (см. табл. 2) и 3.4% (2.7+0.7) (выдел 10). В среднем – 4.4%. Сапротрофный путь биодеструкции представляют такие виды как *F. hepatica*, *L. sulphureus* и *D. quercina* – возбудители бурой деструктивной гнили древесины. Доля древесных единиц, подвергающихся разрушению этими видами, составляет: 4.0% (2.0+2.0) (выдел 7) (см. табл. 2) и 5.4% (2.0+2.0+1.4) (выдел 10). В среднем – 4.7%. Патогенный сапротрофный путь биодеструкции представляет *L. sulphureus*. Доля деревьев, подвергающихся разрушению этим патогенным сапротрофом, составляет 2.8% (выдел 7) (см. табл. 2) и 2.1% (2.7+0.7) (выдел 10). В среднем – 2.4%.

Таблица 2

Table 2

Составляющие субстратно-функциональной структуры Q–P-ценокомплекса в обследованных древостоях дубравы «Лес на Ворскле»
Components of substrate-functional structure of the Q–P-cenocomplex in surveyed stands oak forest «Les na Vorskle»

Вид ПТГ	Группа по типу заселяемого субстрата	Встречаемость на субстрате, %		Тип гнили по характеру гниения
		Выд.7	Выд.10	
<i>F. hepatica</i>	сапротроф	2.0	2.0	бурая деструктивная
<i>L. sulphureus</i>	сапротроф	4.8 (2.8+2.0)*	4.1 (2.1+2.0)	бурая деструктивная
<i>F. robusta</i>	биотроф	4.8	2.7	белая коррозийная
<i>P. dryadeus</i>	биотроф	0.7	0.7	белая коррозийная
<i>D. quercina</i>	сапротроф	0.0	1.4	бурая деструктивная

Примечание: *в скобках: первое слагаемое – встречаемость вида на живых деревьях, второе – на косном субстрате.

Таким образом, в обследованных дубовых древостоях дубравы «Лес на Ворскле» преобладают два равнозначных пути биодеструкции древесины – биотрофный, осуществляемый при участии биотрофных видов ПТГ: *F. robusta* и *P. dryadeus* (преимущественно *F. robusta*); и сапротрофный, осуществляемый при участии *F. hepatica*, *L. sulphureus* и *D. quercina* (преимущественно *F. hepatica* и *L. sulphureus*). Такое положение вещей вполне согласуется с объективными представлениями о состоянии семенных и семенно-порословых дубовых древостоев в заповедных дубравах. Благополучное состояние комлевой части и прикорневой окружности вегетирующих деревьев дуба препятствует распространению патогенных сапротрофов, тяготеющих к неблагоприятной комлево-стволовой сфере; успешность же распространения биотрофных видов, заселяющих жизнеспособные деревья, не только не снижается, а увеличивается с возрастом и физиологическим ослаблением древостоев. Интенсификация процессов ослабления и летализации посредством биотрофов, а также возрастная дифференциация древостоев – приводят к накоплению мертвого субстрата дуба, что, в свою очередь, приводит к развитию и распространению сапротрофных видов ПТГ. Патогенный сапротрофный путь биодеструкции, как можно предполагать, имея перед собой пример обследованных древостоев дубравы «Лес на Ворскле», не играет большой роли в семенных и семенно-порословых дубовых древостоях. Напротив, последний путь биодеструкции приобретает существенное значение в порослевых антропогенно трансформированных дубравах [Дунаев и др., 2014], что свидетельствует об ускорении процессов мобилизации биофильных элементов древесины основной лесобразующей породы – дуба черешчатого, дегенерация которой продолжится в современных порослевых дубравах лесостепи.

Выводы

1. Субстратно-видовая структура Q–P-ценокомплекса складывается из двух подструктур. Первая включает Q-ценопопуляцию и P-микоценоз вегетирующих деревьев дуба. Вторая – совокупность косных древесных единиц дуба и P-микоценоз косной древесины. В границах

каждой из подструктур субстратно-видовой аспект структуры сводится к видовому составу и соотношению видов *P*-микоценоза. В состав *P*-микоценоза вегетирующих деревьев дуба в обследованных семенных и семенно-порослевых древостоях дубравы «Лес на Ворскле» входят следующие основные виды: *F. robusta*, *L. sulphureus*, *P. dryadeus*. *F. robusta* выступает доминантом, *L. sulphureus* субдоминантом и содоминантом, *P. dryadeus* является второстепенным видом. В противоположность этому в древостоях порослевых антропогенно трансформированных дубрав в составе *P*-микоценоза вегетирующих деревьев дуба чаще доминирует *F. hepatica*, а также – *L. sulphureus*. *F. robusta* занимает, как правило, 3-е место по численности и может выступать только на ролях субдоминанта. Видовую основу *P*-микоценоза косной древесины дуба в обследованных древостоях дубравы «Лес на Ворскле» составляют *F. hepatica*, *L. sulphureus*, *D. quercina*. Явными доминантами выступают *F. hepatica* и *L. sulphureus*.

2. В обследованных дубовых древостоях дубравы «Лес на Ворскле» преобладают два равнозначных пути биодеструкции древесины – биотрофный, осуществляемый при участии биотрофных видов ПТГ: *F. robusta* и *P. dryadeus* (преимущественно *F. robusta*); и сапротрофный, осуществляемый при участии *F. hepatica*, *L. sulphureus* и *D. quercina* (преимущественно *F. hepatica* и *L. sulphureus*). Выраженность биотрофного пути объясняется благополучным состоянием комлевой части и прикомлевого окружения вегетирующих деревьев дуба, что препятствует распространению патогенных сапротрофов, тяготеющих к неблагоприятной комлево-стволовой сфере, и успешностью распространения биотрофных видов, заселяющих жизнеспособные деревья. Выраженность сапротрофного пути может быть связана с накоплением мертвого субстрата дуба в дубравных ценозах «Леса на Ворскле». Патогенный сапротрофный путь биодеструкции, как можно предполагать, имея перед собой пример обследованных древостоев дубравы «Лес на Ворскле», не играет значительной роли в семенных и семенно-порослевых дубовых древостоях. Напротив, последний путь биодеструкции приобретает существенное значение в порослевых антропогенно трансформированных дубравах, что свидетельствует об ускорении процессов мобилизации биофильных элементов древесины основной лесообразующей породы – дуба черешчатого, дегенерация которой продолжается в современных порослевых дубравах лесостепи.

Благодарности

Авторы выражают признательность Шаповалову А.С., Немченко В.А., Арбузовой М.В. за всемерное содействие в получении необходимой информации и проведении эмпирических исследований, легших в основу настоящей работы.

Список литературы References

1. Арефьев С.П. 2008. Использование широтно-зональных спектров видового состава ксиломикокомплекса при индикации состояния леса. В кн.: Материалы 2-го Съезда микологов России. М., Национальная академия микологии: 216–217.
- Aref'ev S.P. 2008. Use of width and zone ranges of specific structure of xylomycocomplex at indication of a condition of the wood. In: Materialy 2-go S'ezda mikologov Rossii [Materials of the 2nd Congress of mycologists Russia]. Moscow, Natsional'naya akademiya mikologii: 216–217. (in Russian)
2. Дунаев А.В., Дунаева Е.Н., Калугина С.В. 2014. Структура патосистемы «Дуб черешчатый (*Quercus robur* L., Fagaceae, Magnoliópsida) – Печеночница обыкновенная (*Fistulina hepatica* (Schaeff.) With., Fistulinaceae, Agaricomycetes)» в порослевых дубравах Белгородской области. Поволжский экологический журнал, (2): 184–194.
- Dunaev A.V., Dunaeva E.N., Kalugina S.V. 2014. «English oak (*Quercus robur* L.) – beefsteak fungus (*Fistulina hepatica* (Schaeff.) With.)» pathosystem structure in sprout oak forests of the Belgorod region. Povolzhskiy ekologicheskii zhurnal [Povolzhskiy Journal of Ecology], (2): 184–194. (in Russian)
3. Заремский А.Д. 1986. Перспективный план ведения лесного хозяйства госзаповедника «Лес на Ворскле» Белгородской области. Книга I, II. Государственный комитет СССР по лесному хозяйству, Всесоюзное аэрофотолесоустойчивое объединение «Леспроект», Украинское лесоустойчивое предприятие: 115–117.
- Zaremskiy A.D. 1986. Perspektivnyy plan vedeniya lesnogo khozyaystva goszapovednika «Les na Vorskle» Belgorodskoy oblasti. Kniga I, II [The perspective plan of forest management of state «Les na Vorskle» of Belgorod region. Vol. 1, 2]. Gosudarstvennyy komitet SSSR po lesnomu khozyaystvu, Vsesoyuznoe aerofotolesoustoitel'noe ob'edinenie «Lesproekt», Ukrainское lesoustoitel'noe predpriyatie: 115–117. (in Russian)
4. Каламээс К.А. 1975. Агариковые грибы Эстонии. Автореф. ... дис. д-ра биол. наук. Таллин, 110.
- Kalamees K.A. 1975. Agarikovye griby Estonii [Agricolae mushrooms Estonia]. Abstract. dis... dr. biol. sciences. Tallinn, 110. (in Russian)
5. Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М., Высшая школа, 352.
- Lakin G.F. 1990. Biometriya [Biometrics]. Moscow, Vysshaya shkola, 352. (in Russian)
6. Любарский Е.Л., 1975. Принципы и методы исследования морфоструктуры ценопопуляций. В кн.: Структура ценопопуляций. Казань, КГУ: 3–16.



- Lyubarskiy E.L., 1975. Principles and methods of research of a morphostructure of cenopopulation. *In: Struktura tsenopopulyatsiy* [The structure of populations]. Kazan, KGU: 3–16. (in Russian)
7. Мазинг В.В. 1965. Об изучении мозаичности и комплексности растительного покрова. *Известия АН Эст. ССР. Биология*, 14 (1): 98–111.
- Mazing V.V. 1965. About studying of mosaicity and complexity of a vegetable cover. *Izvestija AN Jest. SSR. Biologija*, 14 (1): 98–111. (in Russian)
8. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. 1989. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. М., Наука, 223.
- Mirkin B.M., Rozenberg G.S., Naumova L.G. 1989. Slovar' ponyatiy i terminov sovremennoy fitotsenologii [Dictionary of concepts and terms of modern phytocenology]. Moscow, Nauka, 223. (in Russian)
9. Мухин В.А. 1993. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург, Наука, 231.
- Mukhin V.A. 1993. Biota ksilotrofnykh bazidiomitsetov Zapadno-Sibirskoy ravniny [Biota xylo-trophic basidiomycetes of the West Siberian plain]. Ekaterinburg, Nauka, 231. (in Russian)
10. Руководство по планированию, организации и ведению лесопатологических обследований. Приложение 3 к Приказу Рослесхоза от 29.12.2007 №523. Электронный ресурс. URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru> (дата обращения 9 февраля 2013).
- Guide to planning, organization and maintaining of forest-pathological inspections. Annex 3 to the Order of Rosleskhoz of 29.12.2007 №523. Available at: <http://www.rosleshoz.gov.ru>. (accessed 9 February 2013). (in Russian)
11. Сафонов М.А. 2006. Ресурсное значение ксилотрофных грибов лесов Южного Приуралья. Дис... д-ра биол. наук. Оренбург, 468.
- Safonov M.A. 2006. Resursnoe znachenie ksilotrofnykh gribov lesov Yuzhnogo Priural'ya [Resource value of xylo-trophic fungi forests of the southern Urals]. Diss... dr. biol. sciences. Orenburg, 468. (in Russian)
12. Ставищенко И.В. 2008. Основные закономерности преобразования сообществ ксилотрофных грибов под воздействием природно-климатических и антропогенных факторов. *В кн.: Материалы 2-го Съезда микологов России*. М., Национальная академия микологии: 235–236.
- Stavishenko I.V. 2008. The main regularities of transformation of communities of the xylo-trophic fungus under the influence of climatic and anthropoxogenous factors. *In: Materialy 2-go S"ezda mikologov Rossii* [Materials of the 2nd Congress of mycologists Russia]. Moscow, Natsional'naya akademiya mikologii: 235–236. (in Russian)
13. Стороженко В.Г. 2009. Микоценология – раздел лесной биогеоценологии. Хвойные бореальной зоны, (1): 132–133.
- Storozhenko V.G. 2009. Mikotsenologiya – razdel lesnoy biogeotsenologii. Khvoynye boreal'noy zony, (1): 132–133. (in Russian)
14. Ушаков Е.В. 2005. Введение в философию и методологию науки. М., Изд-во Экзамен, 528.
- Ushakov E.V. 2005. Vvedenie v filosofiyu i metodologiyu nauki [Introduction to the philosophy and methodology of science]. Moscow, Izd-vo Ekzamen, 528. (in Russian)
15. Харченко Н.А., Михно В.Б., Харченко Н.Н. 2010. Деградация дубрав Центрального Черноземья. Воронеж, Изд-во ВГЛТА, 604.
- Kharchenko N.A., Mikhno V.B., Kharchenko N.N. 2010. Degradatsiya dubrav Tsentral'nogo Chernozem'ya [Degradation of oak forests in the Central Chernozem region]. Voronezh, Izd-vo VGLTA, 604. (in Russian)
16. Dunayev A.V., Tokhtar V.K., Dunayeva E.N., Kalugina S.V. 2014. Popularity of species of polypores which are parasitic upon oaks in coppice oakeries of the South-Western Central Russian Upland in Russian Federation. *Advances in Environmental Biology*, 8 (13): 34–37.
17. Kirk P.M., Cannon P.F., Minter D.W., Stalpers J.A. 2008. Dictionary of the Fungi. Wallingford, CABT Europe-UK: 771.

УДК 595.7

**РОДОВЫЕ ПРИЗНАКИ ХЕТОТАКСИИ НОГ У ДВУКРЫЛЫХ (DIPTERA)
СЕМЕЙСТВА DOLICHOPODIDAE****GENERIC SIGNS OF LEGS CHAETOTAXY IN THE DIPTERA
OF DOLICHOPODIDAE FAMILY****О.П. Негробов¹, М.А. Чурсина¹, О.О. Маслова², О.В. Селиванова¹
O.P. Negrobov¹, M.A. Chursina¹, O.O. Maslova², O.V. Selivanova¹**¹ Воронежский государственный университет, Россия, 394006, г. Воронеж, Университетская пл. 1² Воронежский государственный педагогический университет, Россия, 394043, Воронеж, ул. Ленина, 86¹ Voronezh State University, 1 Universitetskaya Sq., Voronezh, 394006, Russia² Voronezh State Pedagogical University, 86 Lenin St, Voronezh, 394043, Russia

E-mail: negrobov@list.ru

Ключевые слова: Diptera, Dolichopodidae, родовые признаки, ноги, хетотаксия.
Key words: Diptera, Dolichopodidae, generic signs, legs, chaetotaxy.

Аннотация. Произведён обзор признаков хетотаксии конечностей, используемых в родовых таблицах семейства Dolichopodidae. Для выявления дополнительных диагностических признаков были проанализированы данные по хетотаксии ног для 27 родов Dolichopodidae, а именно различные типы щетинок на передних, средних и задних голених. Результаты исследований представлены в форме бинарных матриц и дендрограмм. В следствие проведённого сравнительного анализа выявлено, что использование дополнительных признаков хетотаксии позволяет добиться более обоснованной филогенетически дифференциации таксонов родового уровня семейства.

Resume. The review of signs of legs chaetotaxy used in generic tables of Dolichopodidae family is carried out. Data on legs chaetotaxy for 27 genera of family Dolichopodidae, namely various types of bristles on fore, middle and hind legs, for identification of additional diagnostic signs were analysed. Results of researches are presented in the form of binary matrixes and dendrogramms. In a consequence of the carried-out comparative analysis it is revealed that the use of additional signs of chaetotaxy allows to obtain phylogenically more reasonable differentiation of taxa of generic level in family.

Введение

Хетотаксия имеет большое значение для филогенетической классификации и исследований в области систематики. Данные по хетотаксии часто используются для определения различных групп насекомых до рода, в частности, при исследовании имаго и личинок Lepidoptera [Razowski, Wojtusiak, 2002], Heteroptera [Lis, Hohol-Kilinkiewicz, 2002], Coleoptera [Michat et al., 2005], Diptera [Sukontason et al., 2005]. О.П. Негробов [1979] описывает сравнительную хетотаксию торакса двукрылых семейства Dolichopodidae, как признак для идентификации представителей данного семейства до подсемейства и рода. Однако применение родовых признаков по хетотаксии ног двукрылых семейства Dolichopodidae остается недостаточным, несмотря на то, что данное семейство обладает исключительным разнообразием по расположению и количеству щетинок.

Объекты и методы исследования

Целью нашей работы была разработка новых систематических признаков в хетотаксии ног у двукрылых семейства Dolichopodidae, которые могут быть использованы для идентификации двукрылых данного семейства до рода, а также являлись бы естественными и были бы подтверждены филогенетическими данными.

Для анализа были использованы виды из коллекции Воронежского государственного университета, а также литературные данные. Было исследовано 356 видов из 27 родов: *Achalcus* Lw. (6 видов), *Acropsilus* Mik. (11 видов), *Argyra* Macq. (14 видов), *Asyndetus* Lw. (10 видов), *Campsicnemus* Wlk. (11 видов), *Chrysotimus* Lw. (3 вида), *Chrysotus* Meig. (21 вид), *Diaphorus* Meig. (18 видов), *Dolichopus* Latr. (47 видов), *Hercostomus* Lw. (26 видов), *Hydrophorus* Flln. (3 вида), *Machaerium* Halid. (3 вида), *Medetera* Fisch. (47 видов), *Melanostolus* Kow. (3 вида), *Micromorphus* Mik. (3 вида), *Neurigona* Rd. (21 вид), *Rhaphium* Meig. (20 видов), *Scellus* Loew. (5 видов), *Sciapus* Zllr. (11 видов), *Sympycnus* Lw. (14 видов),



Syntormon Lw. (13 видов), *Systemus* Lw. (4 вида), *Tachytrechus* Wlk. (6 видов), *Teuchophorus* Lw. (14 видов), *Thinophilus* Wahlb. (8 видов), *Thrypticus* Gerst. (6 видов), *Xanthochlorus* Lw. (8 видов).

Результаты и их обсуждение

По литературным данным в определении подсемейств используются признаки хетотаксии средних и задних бедер: наличие и количество преапикальных щетинок [Brooks, 2005; Yang et al., 2006]. В определении до рода представителей семейства Dolichopodidae ранее использовались следующие признаки [Becker, 1917–1918; Штакельберг, 1933; Parent, 1938; Robinson, 1975; Grichanov et al., 2001; Brooks, 2005; Bickel, 2008]:

- 1) Передние тазики со щетинками (1). Передние тазики без щетинок (0).
- 2) Задние тазики с 1 щетинкой (1). Задние тазики с несколькими щетинками (0).
- 3) Вершина средних голеней с венцом крепких щетинок (1). Крепкие щетинки на вершине средних голеней развиты только с вентральной стороны (0).
- 4) Передние бедра снизу со щетинками (1). Передние бедра снизу без щетинок (0).
- 5) Задние бедра с 1 или несколькими предвершинными щетинками (1). Задние бедра без предвершинных щетинок (0).
- 6) Первый членик задних лапок с одной или несколькими щетинками (1). Первый членик задних лапок сверху без щетинок (0).

В родовых таблицах признаки хетотаксии ног ранее использовались для определения родов: *Argyra* Macq., *Asyndetus* Lw., *Diaphorus* Macq., *Dolichopus* Latr., *Hercostomus* Lw., *Hydrophorus* Fln., *Hypophyllus* Halid., *Medetera* Fisch., *Nematoproctus* Lw., *Poecilobothus* Mik., *Rhaphium* Meig., *Sybistroma* Meig., *Syntormon* Lw., *Tachytrechus* Wlk. (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Матрица ранее используемых в определительных таблицах признаков хетотаксии ног Dolichopodidae

Matrix of the signs of Dolichopodidae legs' chaetotaxy which are earlier used in generic tables

Роды	1	2	3	4	5	6
<i>Argyra</i> Macq.	1	0	1	0	0	0
<i>Asyndetus</i> Lw.	1	1	1	0	0	0
<i>Diaphorus</i> Macq.	1	1	1	0	0	0
<i>Dolichopus</i> Latr.	1	1	1	0	1	1
<i>Hercostomus</i> Lw.	1	1	1	0	1	0
<i>Hydrophorus</i> Fln.	0	1	0	1	1	0
<i>Hypophyllus</i> Halid.	1	1	0	0	0	1
<i>Medetera</i> Fisch.	1	1	0	0	0	0
<i>Nematoproctus</i> Lw.	1	0	0	0	1	1
<i>Poecilobothus</i> Mik.	1	1	1	1	0	1
<i>Rhaphium</i> Meig.	1	0	1	0	0	0
<i>Sybistroma</i> Meig.	1	1	1	0	0	1
<i>Syntormon</i> Lw.	1	0	1	0	1	0
<i>Tachytrechus</i> Wlk.	1	1	1	0	1	0

На основании этих данных нами была проведена иерархическая кластеризация (рис. 1). Для этого была построена матрица расстояний методом межгрупповых связей с мерой – квадрат евклидова расстояния. Данные операции производились в программе Statistica 20.

Представленная дендрограмма в ряде случаев не отражает филогеническую близость отдельных родов. К примеру, такие роды, как *Dolichopus* и *Sympycnus*, *Achalcus* и *Melanostolus* показаны как близкородственные, хотя не являются таковыми исходя из филогенических данных.

В дополнение к опубликованным данным был проведен анализ распределения признаков хетома по родам, отмечалось наличие (1) или отсутствие (0) тех или иных щетинок (табл. 2). Можно отметить, что наибольшее разнообразие щетинок представлено на голенях. Далее рассматривались все типы щетинок, представленные на голенях, а именно дорсальные, вентральные, переднедорсальные, заднедорсальные, передневентральные и задневентральные щетинки (рис. 2).

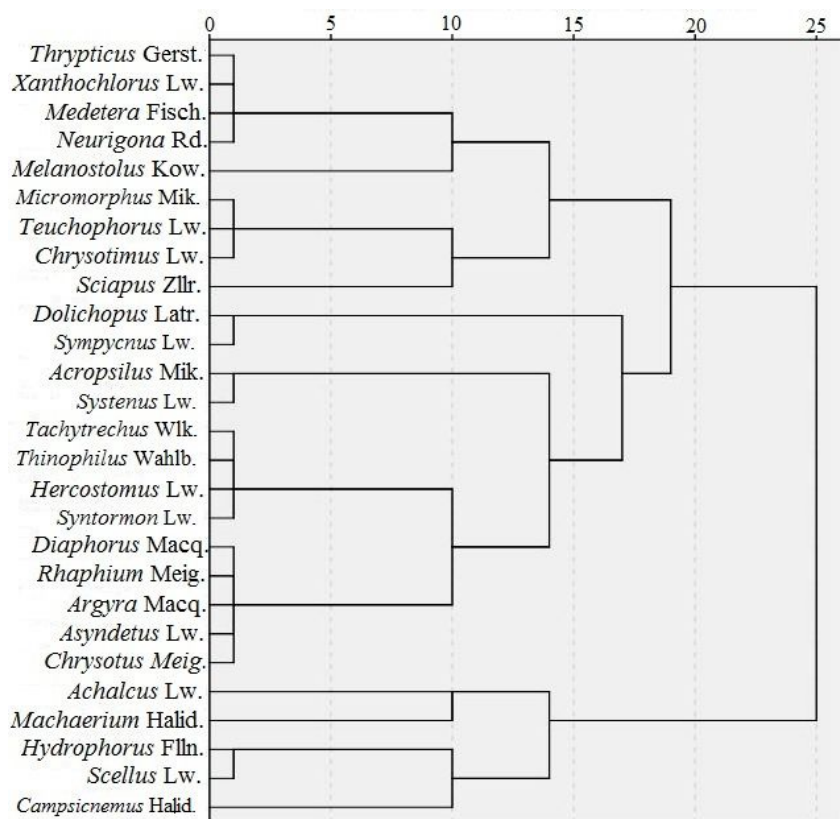


Рис. 1. Дендрограмма родов Dolichopodidae на основе применяющихся в определительных таблицах признаков хетотаксии конечностей
Fig. 1. Dendrogramm of Dolichopodidae genera on the basis of the signs of legs' chaetotaxy using in generic tables

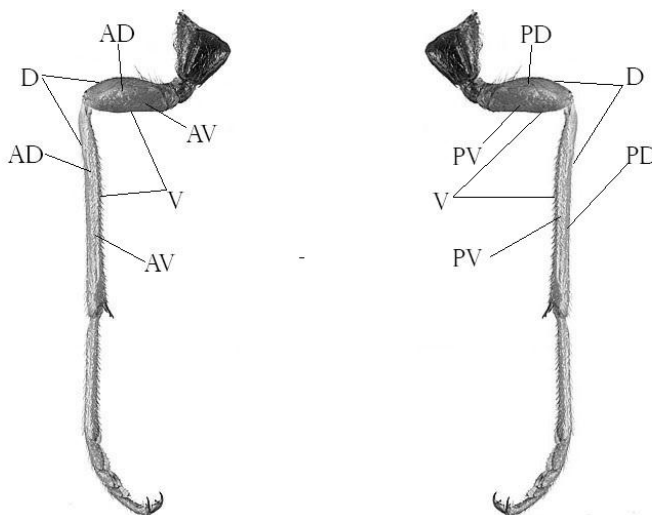


Рис. 2. Расположение щетинок на ногах Dolichopodidae (Diptera): d – дорсальные, v – вентральные, ad – переднедорсальные, av – передневентральные, pd – заднедорсальные, pv – задневентральные

Fig. 2. Arrangement of bristles on Dolichopodidae (Diptera) legs: d – dorsal, v – ventral, ad – anterodorsal, av – anteroventral, pd – posterodorsal, pv – posteroventral

Следующим этапом исследования стал кластерный анализ полученных данных (рис. 3).
 Анализируя первый и второй наборы данных, необходимо отметить некоторые различия (табл. 3).



Таблица 2

Table 2

Матрица предлагаемых для использования в определительных таблицах признаков хетотаксии ног Dolichopodidae

Matrix of the signs of Dolichopodidae legs' chaetotaxy which are offered for use in generic tables

2.1. Хетотаксия передних голеней.

2.1. Chaetotaxy of fore tibia

Роды	ad	d	pd	av	v	pv
<i>Achalcus</i> Lw.	0	* ¹	0	0	0	0
<i>Acropsilus</i> Mik.	0	0	0	0	0	0
<i>Argyra</i> Macq.	1	1	1	0	0	0
<i>Asyndetus</i> Lw.	*	0	*	0	0	0
<i>Campsicnemus</i> Halid.	1	1	0	0	0	1
<i>Chrysotimus</i> Lw.	0	0	0	0	0	0
<i>Chrysotus</i> Meig.	1	0	1	0	1	0
<i>Diaphorus</i> Meig.	1	0	*	0	0	0
<i>Dolichopus</i> Latr.	1	1	1	1	0	1
<i>Hercostomus</i> Lw.	1	*	1	1	0	1
<i>Hydrophorus</i> Fln.	1	0	0	1	0	1
<i>Machaerium</i> Halid.	*	1	1	*	*	*
<i>Medetera</i> Fisch.	1	1	1	0	0	1
<i>Melanostolus</i> Kow.	1	1	*	*	*	*

<i>Micromorphus</i> Mik.	0	0	0	0	0	0
<i>Neurigona</i> Rd.	1	0	1	0	0	0
<i>Rhaphium</i> Meig.	1	*	1	*	*	0
<i>Scellus</i> Lw.	0	0	0	1	1	1
<i>Sciapus</i> Zllr.	1	*	1	0	*	0
<i>Sympycnus</i> Lw.	0	0	0	0	0	0
<i>Syntormon</i> Lw.	1	0	1	0	0	0
<i>Systemus</i> Lw.	0	0	0	0	0	0
<i>Tachytrechus</i> Wlk.	*	*	1	*	0	*
<i>Teuchophorus</i> Lw.	0	0	0	0	0	0
<i>Thinophilus</i> Wahlb.	1	0	1	0	0	0
<i>Thrypticus</i> Gerst.	0	0	0	0	0	0
<i>Xanthochlorus</i> Lw.	0	0	0	0	0	0

2.2. Хетотаксия средних голеней

2.2. Chaetotaxy of middle tibia

Роды	ad	d	pd	av	v	pv
<i>Achalcus</i> Lw.	1	0	1	0	0	0
<i>Acropsilus</i> Mik.	1	0	1	0	1	0
<i>Argyra</i> Macq.	1	0	1	1	0	1
<i>Asyndetus</i> Lw.	1	0	1	0	1	0
<i>Campsicnemus</i> Hal.	1	0	1	0	0	0
<i>Chrysotimus</i> Lw.	1	0	1	0	0	0
<i>Chrysotus</i> Meig.	1	0	1	0	0	0
<i>Diaphorus</i> Meig.	1	0	1	0	0	0
<i>Dolichopus</i> Latr.	1	0	1	1	0	1
<i>Hercostomus</i> Lw.	1	0	1	1	0	0
<i>Hydrophorus</i> Fln.	1	0	1	1	0	1
<i>Machaerium</i> Halid.	1	0	1	1	0	0
<i>Medetera</i> Fisch.	1	0	1	0	0	0
<i>Melanostolus</i> Kow.	1	0	1	0	0	0

<i>Micromorphus</i> Mik	*	*	*	*	*	*
<i>Neurigona</i> Rd.	1	0	1	1	*	*
<i>Rhaphium</i> Meig.	1	0	1	1	0	1
<i>Scellus</i> Lw.	*	*	*	1	0	1
<i>Sciapus</i> Zllr.	1	0	1	1	0	0
<i>Sympycnus</i> Lw.	1	0	1	0	*	0
<i>Syntormon</i> Lw.	1	0	1	1	0	0
<i>Systemus</i> Lw.	1	*	1	0	0	0
<i>Tachytrechus</i> Wlk.	1	*	1	*	*	*
<i>Teuchophorus</i> Lw.	1	*	*	0	1	0
<i>Thinophilus</i> Wahlb.	1	0	1	1	0	0
<i>Thrypticus</i> Gerst.	*	0	*	*	0	0
<i>Xanthochlorus</i> Lw.	1	0	1	0	0	0

2.3. Хетотаксия задних голеней

2.3. Chaetotaxy of hind tibia

Роды	ad	d	pd	av	v	pv
<i>Achalcus</i> Lw.	1	0	1	0	0	*
<i>Acropsilus</i> Mik.	1	1	1	0	0	0
<i>Argyra</i> Macq.	1	0	1	0	0	0
<i>Asyndetus</i> Lw.	1	1	1	0	0	0
<i>Campsicnemus</i> Halid.	1	0	1	0	0	0
<i>Chrysotimus</i> Lw.	1	0	1	0	0	0
<i>Chrysotus</i> Meig.	1	0	0	0	0	0
<i>Diaphorus</i> Meig.	1	0	1	0	0	0
<i>Dolichopus</i> Latr.	1	1	1	0	0	0
<i>Hercostomus</i> Lw.	1	0	1	0	0	0
<i>Hydrophorus</i> Fln.	1	0	0	1	0	1
<i>Machaerium</i> Halid.	1	0	1	1	0	1
<i>Medetera</i> Fisch.	0	*	1	0	0	0
<i>Melanostolus</i> Kow.	1	1	1	0	0	0

<i>Micromorphus</i> Mik.	1	0	0	0	0	0
<i>Neurigona</i> Rd.	0	1	0	1	0	0
<i>Rhaphium</i> Meig.	1	0	1	0	0	0
<i>Scellus</i> Loew.	0	1	*	1	*	*
<i>Sciapus</i> Zllr.	0	1	0	0	0	0
<i>Sympycnus</i> Lw.	1	1	*	0	1	0
<i>Syntormon</i> Lw.	0	1	0	1	0	1
<i>Systemus</i> Lw.	1	1	*	0	1	0
<i>Tachytrechus</i> Wlk.	1	1	1	0	1	0
<i>Teuchophorus</i> Lw.	0	1	0	1	1	1
<i>Thinophilus</i> Wahlb.	0	1	0	1	1	0
<i>Thrypticus</i> Gerst.	0	0	0	0	0	0
<i>Xanthochlorus</i> Lw.	0	*	0	0	0	0

Примечание: ¹ – значение признака может варьировать в пределах рода.

Таблица 3
Table 3

Сходства и различия дендрограмм, построенных на основании первого и второго набора данных
Similarities and distinctions of dendrograms, generated on the basis of the first and second data set

Дендрограмма 1: используемые признаки.	Дендрограмма 2: вновь предложенные признаки.
Показана близкородственность <i>Neurigona</i> Rd. с родами <i>Thrypticus</i> Gerst., <i>Xanthochlorus</i> Lw. и <i>Medetera</i> Fisch.	Род <i>Neurigona</i> Rd. был вынесен в отдельную категорию.
Выделяется группа родов <i>Chrysotimus</i> Lw., <i>Teuchophorus</i> Lw., <i>Micromorphus</i> Mik.	Род <i>Teuchophorus</i> Lw. был вынесен за пределы группы родов подсем. Pelogropeodinae.
Роды <i>Dolichopus</i> Latr. и <i>Sympycnus</i> Lw. показаны как близкородственные.	Близкой связи между <i>Dolichopus</i> Latr. и <i>Sympycnus</i> Lw. не выявлено.
<i>Acropsilus</i> Mik. и <i>Systemus</i> Lw. показаны как близкородственные.	<i>Acropsilus</i> Mik. и <i>Systemus</i> Lw. находятся на значительном расстоянии друг от друга.
<i>Hercostomus</i> Lw., <i>Syntormon</i> Lw., <i>Tachytrechus</i> Wlk. и <i>Thinophilus</i> Wahlb. определены в одну монофилетическую группу.	<i>Hercostomus</i> Lw. отнесен в одну группу с <i>Dolichopus</i> Latr.; <i>Tachytrechus</i> Wlk. вынесен на большее расстояние; <i>Syntormon</i> Lw. и <i>Thinophilus</i> Wahlb. выделены в другие группы.
<i>Syntormon</i> Lw. сгруппирован с родами подсемейства Dolichopodinae.	<i>Syntormon</i> Lw. сгруппирован с <i>Teuchophorus</i> Lw. (подсем. Sympycninae)
<i>Hydrophorus</i> Flln. и <i>Scellus</i> Loew. показаны связанными с <i>Campsicnemus</i> Halid.	<i>Hydrophorus</i> Flln. и <i>Scellus</i> Loew. показаны связанными с <i>Machaerium</i> Halid. (подсем. Hydrophorinae)
<i>Sciapus</i> Zllr. в обоих случаях занимает отдельное систематическое положение.	
<i>Diaphorus</i> Meig., <i>Argyra</i> Macq., <i>Asyndetus</i> Lw., <i>Chrysotus</i> Meig. представлены отдельной группой, что соответствует филогенетическим данным в подсемействе Diaphorinae.	

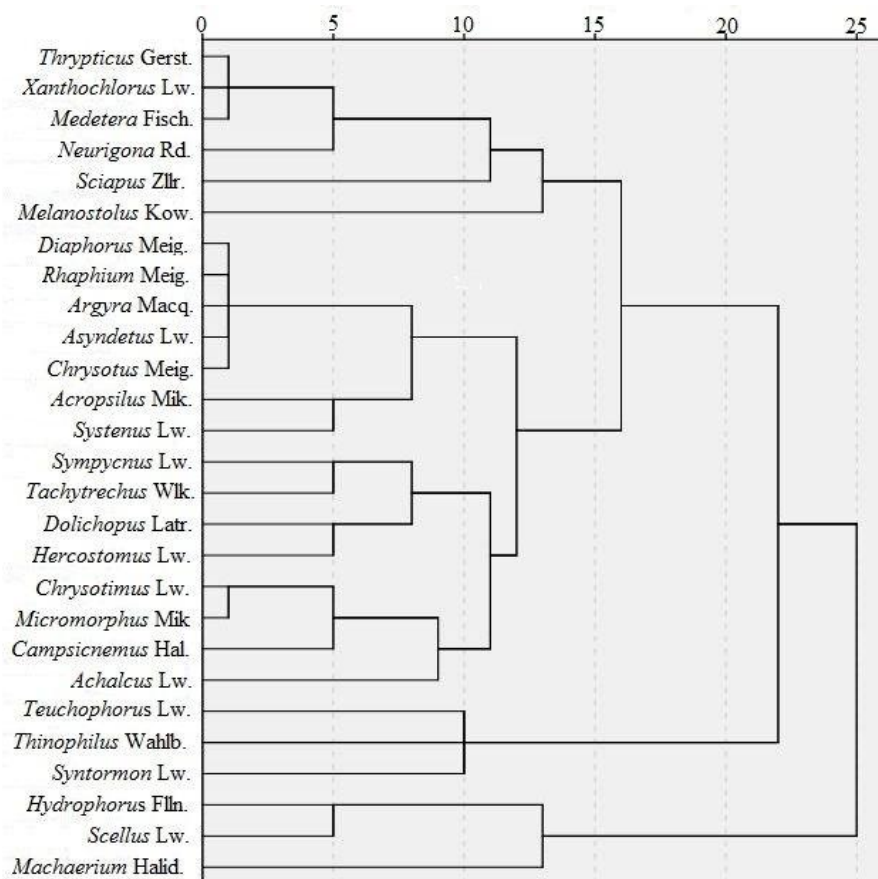


Рис. 3. Дендрограмма родов Dolichopodidae на основе предлагаемых признаков хетотаксии конечностей

Fig. 3. Dendrogram of Dolichopodidae genera on the basis of the offered signs of legs' chaetotaxy



Выводы

Приведенная сравнительная таблица хетотаксии родов может быть использована для составления определительной таблицы родов, а также при филогенетических исследованиях мировой фауны двукрылых семейства Dolichopodidae. Таблица включает не все рода и виды, поэтому данные признаки можно считать предварительными, и при увеличении объема данных таблица может быть дополнена. В ходе исследования была выявлена необходимость использования сочетаний особенностей хетома для идентификации до рода.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-00264.

Список литературы

References

1. Negrobov O.P. 1979. Сравнительная характеристика хетотаксии торакса родов семейства Dolichopodidae (Diptera). Биологические науки, 8: 46–49.
2. Negrobov O.P. 1979. Comparative characteristic of thorax's chaetotaxy of genera of family Dolichopodidae (Diptera). Biologicheskie nauki, 8: 46–49. (in Russian)
3. Штакельберг А.А. 1933. Определители по фауне СССР, издаваемые Зоологическим институтом. Т. 7. Определитель мух европейской части СССР. Л.–М., Издат. Академия наук СССР, 742.
4. Shtakel'berg A.A. 1933. Opredeliteli po faune SSSR, izdavaemye Zoologicheskim institutom. T. 7. Opredelitel' muh evropejskoj chasti SSSR [Keys to fauna of the USSR published by Zoological institute. Vol. 7. Keys to flies of the European part of the USSR]. Leningrad–Moscow, Izdat. Akademija nauk SSSR., 742. (in Russian)
5. Becker T. 1917–1918. Dipterologische Studien. Dolichopodidae. A. Palaearktischen Region. Nova Acta. Abh. Kais. Leop. Carol. Deutsch. Akad. Naruft. Erstes Teil, 102 (2) (1917): 115–361; Lw. Teil, 103 (3) (1918): 203–315; Drit. Teil, 104 (2) (1918): 35–214.
6. Bickel D. 2008. The Dolichopodinae (Diptera: Dolichopodidae) of New Caledonia, with descriptions and records from Australia, New Zealand and Melanesia Zoologia Neocaledonica. Mém. Mus. Nat. Hist. natur., 197: 13–48.
7. Brooks S.E. 2005. Systematics and phylogeny of Dolichopodinae (Diptera: Dolichopodidae). Zootaxa, 857: 1–158.
8. Grichanov I.Ya., Negrobov O.P., Selivanova O.V. 2001. Keys to Palaearctic subfamilies and genera of the family Dolichopodidae (Diptera). CESA News, 62: 13–46.
9. Lis J.A., Hohol-Kilinkiewicz A. 2002. Abdominal trichobothrial pattern and its taxonomic and phylogenetic significance in Cydnidae (Hemiptera: Heteroptera). Ann. zool., (3): 359–362.
10. Michat M.C., Torres Patricia L.M., Michat Mariano C. 2005. Larval morphology of *Thermonectus succinctus* (Aube 1838) (Coleoptera: Dytiscidae: Dytiscinae), with biological notes and chaetotaxic analysis. Aquat. Insects, (4): 281–292.
11. Parent O. 1938. Dipteres Dolichopodidés. In: Faune de France. L'Académie des Sciences de Paris, 35: 1–720.
12. Razowski J., Wojtusiak J. 2002. Vestiture of Papilla analis in Tortricidae (Insecta: Lepidoptera). Genus, (3): 379–396.
13. Robinson H. 1975. Bredin-Archbold-Smithsonian biological survey of Dominica: the family of Dolichopodidae with some related Antillean and Panamanian species (Diptera). Smithson. Contr. Zool., (185): 1–141.
14. Sukontason K.L., Vogtsberger Roy C., Boonchu N., Chaiwong T., Sripakdee D., Ngern-Klun R., Piangjai S., Sukontason K. 2005. Larval morphology of *Chrysomya nigripes* (Diptera: Calliphoridae), a fly species of forensic importance. J. Med. Entomol., (3): 233–240.
15. Yang D., Zhu Y.J., Wang M.Q., Zhang L. 2006. World catalog of Dolichopodidae (Insecta: Diptera). Beijing: China Agricultural University Press, 704.

УДК 595.773.4

**ФАУНИСТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И ТРОФИЧЕСКИЕ СВЯЗИ ЛИЧИНОК ТАХИН
(DIPTERA, TACHINIDAE) ПОДСЕМЕЙСТВА DEXIINAE
ЮЖНОГО ПРИМОРЬЯ****FAUNISTIC REVIEW AND EVALUATION OF TROPHIC LINKS OF TACHINID
FLIES LARVAE (DIPTERA, TACHINIDAE) SUBFAMILY DEXIINAE SOUTHERN
PRIMORYE****Т.О. Маркова¹, М.В. Маслов², Н.В. Репш¹, Н.Ю. Кистерная¹
T.O. Markova¹, M.V. Maslov², N.V. Repsch¹, N.Yu. Kisternaya¹**¹ Дальневосточный федеральный университет, Школа педагогики, Россия, 692500, Приморский край,
г. Уссурийск, ул. Некрасова, 35² Государственный природный заповедник «Уссурийский» им. В.Л. Комарова ДВО РАН, Россия, 692500,
Приморский край, г. Уссурийск, ул. Некрасова, 1¹ Far Eastern Federal University. School of pedagogics, 35 Nekrasova St, Ussuriysk, Primorye territory, 692500, Russia² V.L. Komarov State Nature Reserve «Ussuri», FEB RAS, 1 Nekrasov St, Ussuriysk, 692500, Russia,

E-mail: martania@mail.ru; nippon_mvm@mail.ru

Ключевые слова: тахины, дексины, фауна, экология, паразиты, хозяева, трофические связи.
Key words: Tachinidae, Dexiinae, fauna, ecology, parasites, hosters, the trophic relations.

Аннотация. В статье представлены фаунистический обзор, анализ трофических связей и спектра питания личинок тахин (Diptera, Tachinidae) подсемейства Dexiinae Южного Приморья.

Предварительный список Dexiinae Южного Приморья включает 42 вида, которые относятся к 19 родам и 3 трибам – Dexiini, Voriini, Dufouriini. Количество Dexiinae с известными хозяевами к настоящему времени составляет 25 видов (60% от общего). Предпочитаемыми хозяевами из Чешуекрылых относятся виды семейств Noctuidae, Geometridae, Arctiidae, в которых паразитирует соответственно 34%, 9.3% и 9.3% видов Dexiinae. Предпочитаемыми хозяевами из Жесткокрылых являются многочисленные представители семейства Scarabaeidae, в которых паразитирует 18.6% видов дексин.

Представители трибы Voriini паразитируют в личинках Lepidoptera, относящихся к 8 семействам: Nymphalidae, Pieridae, Hesperidae, Geometridae, Noctuidae, Arctiidae, Pyralidae, Notodontidae. Среди видов трибы Voriini с известным трофическим спектром в личиночной стадии 6 отнесено нами к группе полифагов: *Athrycia curvinervis* Ztt., *A. impressa* Wulp, *Cyrtophleba ruricola* Mg., *Halidayia aurea* Egger, *Wagneria gagatea* R.-D., *Thelaira nigripes* F. В группу широких олигофагов включено 7 видов: *Peteina erinaceus* F., *Ramonda spathulata* Fallen, *R. prunaria* Rd., *R. prunicia* Herting, *Athrycia trepida* Mg., *Voria ruralis* Fallen, *Thelaira solivaga* Harris. В группу условных монофагов – 2 вида: *Eriothrix rufomaculatus* De Geer, *Campylocheta hirticeps* Shima.

Представители трибы Dufouriini в исследуемом регионе паразитируют в имаго Coleoptera, относящихся к 2 семействам: Chrysomelidae, Curculionidae. Среди видов трибы Dufouriini 2 вида отнесено нами к группе широких олигофагов: *Dufouria chalybeata* Mg., *Microsoma exigua* Mg.

Представители трибы Dexiini паразитируют в личинках и имаго Coleoptera, относящихся к 3 семействам: Carabidae, Scarabaeidae, Cerambycidae, в большинстве ведущих скрытый образ жизни. Среди видов трибы Dexiini с известным трофическим спектром в личиночной стадии 3 вида отнесено нами к группе широких олигофагов: *Billaea triangulifera* Ztt., *Dexia ventralis* Aldrich, *Prosenia siberita* F.; 5 видов – к группе условных монофагов: *Billaea fortis* Rd., *Dinera grisescens* Fallen, *D. carinifrons* Fallen, *Estheria magna* Baranov, *Dexia vacua* Fallen.

Resume. The purpose of this study was to review fauna, as well as analysis and evaluation of trophic links of the food spectrum Tachinid flies larvae subfamily Dexiinae South Primorye, based on literature and our own evidence.

We used the material collected in 2011-2014 year in the territory of South Primorye. During the research were collected 200 specimens Coleoptera family Scarabaeidae, Curculionidae, Chrysomelidae and 230 larvae of Lepidoptera family Noctuidae, Geometridae. The total amount of collected material was 430 copies. 2 copies were withdrawn. Tachinid flies subfamily Dexiinae – *Prosenia siberita* F. of **Anomala (Anomala) luculenta* Er. (Scarabaeidae) (1 copy.), *Ramonda spathulata* Fallen from **Spodoptera exigua* Hbn. (Noctuidae) (1 copy.). * – The home team is listed first for the study region.

The preliminary list of Dexiinae in Southern Primorye includes 42 species belonging to 19 genera and three tribes – Dexiini, Voriini, Dufouriini. Number Dexiinae with renowned masters of the present time is 25 species (60% of the total). Preferred hosts include species of Lepidoptera families Noctuidae, Geometridae, Arctiidae, in which a parasite, respectively 34%, 9.3% and 9.3% of the species Dexiinae. The preferred hosts of the Coleoptera are numerous members of the family Scarabaeidae, in which 18.6% parasite species Dexiinae.

Representatives of the tribe Voriini parasitize the larvae of Lepidoptera, belonging to 8 families: Nymphalidae, Pieridae, Hesperidae, Geometridae, Noctuidae, Arctiidae, Pyralidae, Notodontidae. Among the species of the tribe Voriini with known trophic spectrum in the larval stage 6 are assigned by us to a group of polyphages: *Athrycia curvinervis* Ztt., *A. impressa* Wulp, *Cyrtophleba ruricola* Mg., *Halidayia aurea* Egger, *Wagneria gagatea* R.-D., *Thelaira nigripes* F. The group of wide oligophages included 7 species: *Peteina erinaceus* F., *Ramonda spathulata*



Fallen, *R. prunaria* Rd., *R. prunicia* Herting, *Athrycia trepida* Mg., *Voria ruralis* Fallen, *Thelaira solivaga* Harris. The group of contingent monophagous – 2 types: *Eriothrix rufomaculatus* De Geer, *Campylocheta hirticeps* Shima. Representatives of the tribe Dufouriini in the study region parasitize in adults Coleoptera, belonging to two families: Chrysomelidae, Curculionidae. Among the species of the tribe Dufouriini 2 species were referred by us to a group of wide oligophages: *Dufouria chalybeata* Mg., *Microsoma exigua* Mg. Representatives of the tribe Dexiini parasitize the larvae and adults of Coleoptera, belonging to 3 families: Carabidae, Scarabaeidae, Serambycidae most of them leading a hidden life. Among the species of the tribe Dexiini with known trophic spectrum in the larval stage 3 types were referred by us to a group of wide oligophages: *Billaea triangulifera* Ztt., *Dexia ventralis* Aldrich, *Prosenia siberita* F.; 5 types – the group of conditional monophagous: *Billaea fortis* Rd., *Dinera grisescens* Fallen, *D. carinifrons* Fallen, *Estheria magna* Baranov, *Dexia vacua* Fallen.

Введение

Тахины (Diptera, Tachinidae) – группа паразитических двукрылых, хозяевами которых являются многочисленные представители отрядов насекомых: Lepidoptera (Чешуекрылые), Coleoptera (Жесткокрылые), Hemiptera (Полужесткокрылые), Orthoptera (Прямокрылые) и других. В соответствии с современной классификацией [Herting, 1960; Wood, 1987; Рихтер, 1991; Herting, Dely-Draskovits, 1993; Tschorsnig, Richter, 1998; Рихтер, 2004] семейство Tachinidae включает 4 подсемейства: Phasiinae, Exoristinae, Tachininae, Dexiinae.

Для территории Южного Приморья наиболее изученной группой Tachinidae является подсемейство Phasiinae [Richter, Markova, 1999; Маркова, 2000; Маркова, 2003; Маркова, Маслов, 2011 а; Маркова, Маслов, 2011 б; и др.]. До настоящего времени отсутствуют аннотированные списки видов и обобщенные данные о трофических связях видов тахин остальных подсемейств, имеются лишь разрозненные сведения о сборах насекомых в публикациях отечественных и зарубежных энтомологов по тахинам Дальнего Востока [Коломиец, 1974; Коломиец, 1977; Рихтер, 1986; Shima, 1992; Рихтер, 1993; Ziegler, Shima, 1996; Рихтер, 1999; Рихтер, 2000; Рихтер, 2002; Рихтер, 2003; и др.].

Целью настоящего исследования являлся фаунистический обзор, а также анализ трофических связей и оценка спектра питания личинок тахин (Diptera, Tachinidae) подсемейства Dexiinae Южного Приморья, основанные на литературных и собственных сведениях.

Объекты и методы исследования

В работе использован материал, собранный в 2011–2014 гг. на территории Южного Приморья – в Черниговском районе (окр. пос. Сибирцево, сс. Черниговка, Дмитриевка); Уссурийском районе (окр. с. Каймановка). Нами осуществлялись визуальные наблюдения в природе с мая по сентябрь, а также лабораторное содержание имаго и личинок потенциальных хозяев для изучения трофического спектра и получения сведений по личиночному питанию двукрылых. Проведен также подробный анализ имеющейся литературы. Сбор заражённых насекомых и выведение из них паразитов проводились по общепринятым методикам с некоторыми модификациями [Маркова, 1999; и др.]. Полная информация о методах сбора и содержания насекомых с целью выведения имаго тахин Diptera, Tachinidae ранее представлена нами в электронной публикации публикации [Маркова и др., 2014]. Содержание составляло около 4 недель, учитывая средние сроки развития паразитов: личинка питается в теле хозяина около 25 дней, пупарий формируется через 2–3 часа после выхода личинки 3 возраста, время развития в пупарии составляет от 9 до 19 дней.

У собранных насекомых производился осмотр покровов для выявления яиц тахин эпибионтных видов (откладывающих яйца на поверхность тела). Часть насекомых вскрывали с целью обнаружения личинок в полости тела и определения степени зараженности.

За время исследований было собрано 200 экз. жесткокрылых семейства Scarabaeidae, Curculionidae, Chrysomelidae, а также 230 личинок чешуекрылых семейства Noctuidae (Совки), Geometridae (Пяденицы). Общий объем собранного материала составил 430 экз. Было выведено 2 экз. тахин подсемейства Dexiinae – *Prosenia siberita* F. из **Anomala (Anomala) luculenta* Er. (Scarabaeidae) (1 экз.), *Ramonda spathulata* Fallen из **Spodoptera exigua* Hbn. (Noctuidae) (1 экз.). * – хозяева приведены впервые для исследуемого региона.

Выведенных мух накалывали на энтомологические булавки с прикреплением 2 этикеток: на одной фиксировались полевые сведения сбора хозяев, на второй – даты появления пупария и вылета имаго. Для определения насекомых использована следующая литература: [Беляев и др., 1988; Лер, 1989, 1992, 1996; Кононенко, 1997, 1999; Рихтер, 2004].

Результаты и их обсуждение

В настоящей работе впервые приведена фаунистическая характеристика и анализ трофических связей Dextinae Южного Приморья, насчитывающих 42 вида, которые относятся к 19 родам и 3 трибам – Dextini, Voriini, Dufouriini. Количество Dextinae с известными хозяевами к настоящему времени составляет 25 видов (60% от общего). Данные о паразитировании Dextinae в насекомых, являющихся карантинными вредителями растений, ранее были представлены в электронной публикации [Кистерная, Маркова, 2014].

Систематический список составлен согласно современной классификации видов Herting, Dely-Draskovits, 1993; Рихтер, 2004; и др.]. При составлении списка использованы собственные и литературные сведения о распространении и хозяевах видов на территории исследуемого региона [Коломиец, 1974; Рихтер, 1986; Shima, 1992; Рихтер, 1993; Ziegler, Shima, 1996; Рихтер, 2004]. Для дополнения представленных нами данных требуются дальнейшие исследования.

Подсемейство DEXIINAE

Триба DEXIINI

1. *Billaea triangulifera* Ztt.

Распространение: Прим., Сах., Ю. Кур. (о-в Кунашир); Ю Сиб. (Чит., Бур., Тува, Томская обл.), Европ. ч. России. – Япония (о-в Хоккайдо), Закавказье, Украина, З Европа на С до Скандинавии. Паразит личинок жуков-усачей *Tetropium sp.*, *Stenostola sp.*, *Acanthocinus sp.*, *Leipus sp.*, *Oplosia sp.*, *Morimus sp.*, *Pyrrhidiun sp.*, *Rhagium sp.*, *Saperda sp.*, *Saphanus sp.*, *Xylotrechus sp.* (Cerambycidae).

2. *B. impigra* Kolomiets

Распространение: Хаб., Прим.; Ю Сиб. (Томская обл.). Хозяева неизвестны.

3. *B. fortis* Rd.

Распространение: Прим.; Ю Сиб. (Тобольск, Томская обл.), СЗ Европ. ч. России. – Япония (острова Хоккайдо, Хонсю, Кюсю), Украина, З Европа, С Каз. Паразит *Paratrichius doenitzi* Harold (Scarabaeidae).

4. *B. morosa* Mesnil

Распространение: Прим. – Япония (о-в Хоккайдо). Хозяева неизвестны.

5. *B. steini* В.В.

Распространение: Прим., Сах. – Япония (о-в Хоккайдо). З Европа (Швеция: Готланд; Венгрия). Хозяева неизвестны.

6. *B. kolomyetzi* Mesnil

Распространение: Прим., Камч., Сах., Ю Сиб., (Чит., Алтай, Томская обл.). СЗ европ. Ч. России. – Польша. Хозяева неизвестны.

7. *Dinera takanoi* Mesnil

Распространение: Прим. – Япония (о-в Хоккайдо). Хозяева неизвестны.

8. *D. miranda* Mesnil

Распространение: Прим. Хозяева неизвестны.

9. *D. grisescens* Fallen

Распространение: Амур., Прим.; Сиб. (Якут., Чит., Бур., Тува, Алтай, Томская обл., Новосибирская обл.,), европ. ч. России – Монголия, Ср. Азия, Закавказье, Украина, З Европа на С до Англии и ср. Швеции. Паразит личинок *Harpalus sp.* (Carabidae).

10. *D. carinifrons* Fallen

Распространение: Хаб., Прим., Ю Сиб. (Иркут., Томская обл., Новосибирская обл.), европ. ч. России. – Монголия, Украина, Закавказье, З Европа на С до Шотландии и ср. Швеции. Паразит личинок *Aphodius ater* De Geer (Scarabaeidae).

11. *Estheria magna* Baranov

Распространение: Хаб., Прим., Сах. – Япония (острова Хоккайдо, Сикоку, Кюсю). Паразит *Rhombonyx testaceipes* Motsch (Scarabaeidae).

12. *Dexia fulvifera* von Roder

Распространение: Ю Прим. – СВ Китай, Ориентальная область. Хозяева неизвестны.

13. *D. maritima* Kolomiets

Распространение: Ю. Прим. Хозяева неизвестны.

14. *D. flavipes* Соф.

Распространение: Япония (о-в Хоккайдо). Хозяева неизвестны.

15. *D. vacua* Fallen

Распространение: Хаб., Прим., Сах.; Ю Сиб. (Иркут., Минусинск), европ. ч. России. – Каз., Украина, З Европа на С до Шотландии и ср. Швеции. Паразит личинок *Serica brunnea* L. (Scarabaeidae).



16. ***D. ventralis*** Aldrich

Распространение: Прим., Сах.; Чит. – Корея, Монголия. Паразит личинок *Popillia quadriguttata japonica* Newm. и др. видов *Popillia sp.*, *Serica sp.*, *Miridiba koreana* N. et K., *Anomala orientalis* Waterh. (Scarabaeidae).

17. ***Prosenia siberita*** F.

Распространение: Хаб., Прим., Сах., Ю Кур. (о-в Кунашир); Ю Сиб. (Чит., Красноярский край, Тува, Алтай, Новосибирская обл.), европ. ч. России. – Япония (острова Хоккайдо, Хонсю, Кюсю), Монголия, Ср. Азия, Закавказье, Украина, З Европа на С до Скандинавии. Паразит личинок *Anomala sp.*; в Японии выведен также из *Mimela sp.*, *Popillia sp.* (Scarabaeidae).

Нами выведен из **Anomala (Anomala) luculenta* Er. Прим. край, Уссурийский р-н, окр. с. Каймановка, садовый участок, 10.08.11. Вылет имаго – 11.09.11; время развития в пупарии – 10 дней (всего: 1 экз.). * – Хозяин приведен впервые для исследуемого региона.

Триба VORIINI

18. ***Eriothrix umbrinervis*** Mesnil

Распространение: Прим., С Кур. (о-в Онекотан); Ю Сиб. (Чит., Тува). – Япония (о-в Хоккайдо), СВ Китай. Хозяева неизвестны.

19. ***E. rufomaculatus*** De Geer

Распространение: Прим.; Ю Сиб., европ. ч. России. – Каз., Узбекистан, Закавказье, Украина, страны Леванта, З Европа на С до Скандинавии. Паразит гусениц *Grambus hortuellus* Hubn. (Pupalidae).

20. ***Dexiomimops rufipes*** Baranov

Распространение: Прим., Сах., Ю Кур. (о-в Кунашир). – Япония (острова Хоккайдо, Хонсю, Кюсю). Хозяева неизвестны.

21. ***Campylocheta bisetosa*** Shima

Распространение: Прим. – Япония (острова Хоккайдо, Хонсю). Хозяева неизвестны.

22. ***C. similis*** Ziegler et Shima

Распространение: Прим. Хозяева неизвестны.

23. ***C. hirticeps*** Shima

Распространение: Прим. – Япония (острова Хоккайдо, Хонсю, Цусима). Выведен из неопределенной гусеницы (Geometridae).

24. ***Peteina erinaceus*** F.

Распространение: Прим.; Ю Сиб. (Чит., Алтай), европ. ч. России. – Закавказье, Украина, З Европа на С до Скандинавии. Паразит гусениц *Cucullia asteris* Denis et Schiff. и *Autographa gamma* L. (Noctuidae).

25. ***Ramonda spathulata*** Fallen

Распространение: Амур., Прим.; Ю Кур. (о-в Кунашир); Сиб. (Якут., Чит.), С Кавказ, СЗ европ. ч. России. – Япония (острова Хоккайдо, Хонсю), Китай (Тибет), Монголия, Украина, З Европа на С до Шотландии и ср. Швеции. Паразит гусениц различных видов совок (Noctuidae). – В Японии паразит гусениц *Xestia c-nigrum* L. (Noctuidae).

Нами выведен из **Spodoptera exigua* Hbn. (Noctuidae). Прим. край, Уссурийский р-н, окр. с. Каймановка, садовый участок, 12.07.13. Вылет имаго – 15.08.13; время развития в пупарии – 12 дней (всего: 1 экз.). * – Хозяин приведен впервые для исследуемого региона.

26. ***R. prunaria*** Rd.

Распространение: Чит.; СЗ европ. ч. России. – Монголия, Закавказье, Украина, З Европа на С до Шотландии и Швеции. Паразит гусениц совок *Mythimna sp.*, *Caradrina sp.*, *Ochropleura sp.*, *Cerapteryx sp.*, *Agrochola sp.*, *Charanyca sp.*, *Noctua sp.* (Noctuidae).

27. ***R. prunicia*** Herting

Распространение: Амур., Прим., Сах.; Чит. – Монголия, Израиль, Украина, З Европа (Испания, Германия, Швейцария). Паразит гусениц совок *Agrotis sp.*, *Pseudoips fagana* F. (Noctuidae).

28. ***Wagneria gagatea*** R.-D.

Распространение: Хаб., Прим., Сах., Ю Кур. (о-в Итуруп). – З Европа на С до Ю Англии и С Германии. Паразит гусениц *Drymonia ruficornis* Hufn. (Notodontidae), *Orthosia cruda* Denis et Schiff., *O. cerasi* F., *Conistra vaccinii* L. (Noctuidae), *Operophtera brumata* L., *Erannis defoliaria* Cl. (Geometridae) и *Araschnia levana* L. (Nymphalidae).

29. ***W. compressa*** Mesnil

Распространение: Прим., СВ Китай (Харбин). Хозяева неизвестны.

30. *Athrycia curvinervis* Ztt.

Распространение: Прим.; Чит. – Япония (острова Хоккайдо, Хонсю), 3 Европа на С до Скандинавии. Паразит гусениц совок *Mamestra* sp., известно одно выведение из *Euplexia lucipara* L. (Noctuidae), в Японии выведен также из *Pieris rapae crucivora* Boisduval (Pieridae).

31. *A. longicornis* Herting

Распространение: Прим., Чит. – Монголия. Хозяева неизвестны.

32. *A. trepida* Mg.

Распространение: Маг., Камч., Амур., Хаб., Прим., Сах., Ю Кур. (острова Итуруп, Кунашир); Сиб. (Якут., Чит.), европ. ч. России. – Япония (острова Хоккайдо, Хонсю, Кюсю), Монголия, Израиль, Закавказье, Украина, 3 Европа на С до Англии и Финляндии. Паразит гусениц совок, особенно *Orthosia* sp. (Noctuidae).

33. *A. impressa* Wulp

Распространение: Камч.; Сиб. (Якут., Чит.), европ. ч. России. – Монголия, Закавказье, Украина, 3 Европа на С до Скандинавии. Паразит гусениц совок *Anarta myrtilli* L., *Mythimna evidens* Hübn. (Noctuidae), *Rhyparia purpurata* L. (Arctiidae).

34. *Voria ruralis* Fallen

Распространение: Хаб., Прим. Сах., Ю Кур. (острова Кунашир, Шикотан). Транспалеарктический вид, широко распространенный также за пределами Палеарктики. Паразит гусениц, прежде всего, *Autographa gamma* L., *Plusia* sp., в Японии также *Plusia festucae* L.; иногда выводится из других видов совок (Noctuidae) и других Macrolepidoptera (в Японии известно выведение из *Arctia caja phaeosoma* Butler).

35. *Cyrtophleba ruricola* Mg.

Распространение: Хаб., Прим.; Сиб. (Якут., Иркут., Алтай, Томская обл.), европ. ч. России. – Монголия, Ср. Азия, Закавказье, Украина, 3 Европа на С до Ю Англии и ср. Швеции. Паразит гусениц различных видов совок, прежде всего, *Aproectus spectrum* Esper (Noctuidae), и пядениц *Pachynemina hippocastanaria* Hbn. (Geometridae).

36. *Phyllomyia aristalis* Mesnil et Shima (elegans Kolomiets)

Распространение: Прим. – Япония (о-в Хонсю). Хозяева неизвестны.

37. *Thelaira nigripes* F.

Распространение: Камч., Прим., Сах., Ю Кур. (о-в Кунашир); Ю Сиб. (Чит., Алтай), европ. ч. России. – Япония (острова Хоккайдо, Хонсю, Сикоку, Кюсю), Закавказье, Украина, 3 Европа на С до Скандинавии. Паразит гусениц Arctiidae, также некоторых Noctuidae и других Macrolepidoptera.

38. *Th. solivaga* Harris

Распространение: Хаб., Прим. – Закавказье, 3 Европа на С до Ю Англии и Ю Норвегии. Паразит гусениц *Phragmatobia fuliginosa* L., *Arctia villica* L., *A. caja* L., *Ocnogyna corsica* Ramb. (Arctiidae).

39. *Halidaya aurea* Egger

Распространение: Амур., Хаб., Прим., Сах.; Ю Сиб. (Томская обл., Алтай), СЗ европ. ч. России. – Япония (о-в Хонсю), Монголия, Закавказье, Украина, 3 Европа (Ю Франция, Швейцария). Паразит гусениц *Ochlodes venata* Bremer et Grey, в Японии также *O. venata herculea* Butl., *Parnara guttata* Bremer et Grey, *Pelopidas mathias oberthueri* Evans (Hesperiidae) и *Spilosoma lutea* Hufn. (Arctiidae).

Триба DUFOURIINI

40. *Dufouria nova* Mesnil

Распространение: Прим. – Япония (о-в Хоккайдо). Хозяева неизвестны.

41. *D. chalybeata* Mg.

Распространение: Сах., Ю Кур. (острова Кунашир, Шикотан); Сиб. (Якут., Томская обл.), СЗ европ. ч. России. – Украина, 3 Европа на С до Скандинавии. Паразит имаго *Cassida rubiginosa* Muell., *C. viridis* L. и *C. deflorata* Suffr. (Chrysomelidae).

42. *Microsoma exigua* Mg.

Распространение: Амур., Прим., Сах., европ. ч. России. – Япония (о-в Хоккайдо), Израиль, Закавказье, Украина, 3 Европа на С до Ю Англии и ср. Швеции. Паразит имаго *Sitona* spp.; выведен также из *Hypera postica* Gyll. и *Polydrosus inustus* Germ. (Curculionidae).

Трофические связи родов Dexiinae с хозяевами представлены на рисунке 1.

Триба Dexiinae	Роды Dexiinae	Хозяева	Роды Dexiinae
Отряд Coleoptera (личинки и маго)			
Dexiini	Billaea R.-D.	→ Cerambycidae	Dexia Mg.
	Estheria R.-D.	→ Scarabaeidae	Dinera R.-D.
	Prosenia Le Pet. Et Serv.	→ Carabidae	
Отряд Coleoptera (имаго)			
Dufouriini	Dufouria R.-D.	→ Chrysomeiidae	
		Curculionidae	← Microsoma Mcq.
Отряд Lepidoptera (Macrolepidoptera) (личинки)			
Voriini	Ramonda R.-D.	→ Geometridae	Cyrtophleba Rd.
	Voria R.-D.	→ Noctuidae	Peteina Mg.
	Athrycia R.-D.	→ Notodontidae	Thelaira R.-D.
	Halidaya Egger.	→ Arctiidae	Wagneria R.-D.
Отряд Lepidoptera (Rhopalocera) (личинки)			
		Hesperiidae	
		Nymphalidae	
		Pieridae	
Отряд Lepidoptera (Microlepidoptera) (личинки)			
	Eriothrix Mg.	→ Pyralidae	

Рис. 1. Трофические связи личинок тахин подсемейства Dexiinae с хозяевами
 Fig. 1. Trophic relations larvae of Tachinid flies subfamily Dexiinae with the hosts

Процентное соотношение числа видов Dexiinae в семействах хозяев отображено на рисунке 2.

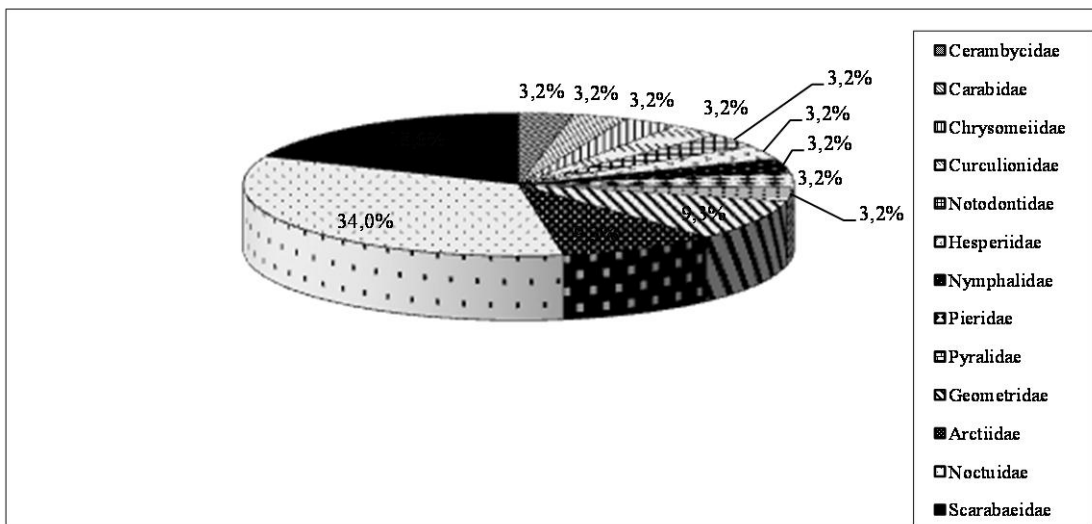


Рис. 2. Процентное соотношение числа видов Dexiinae в семействах хозяев
 Fig. 2. The percentage of the number of species in the subfamilies Dexiinae owners

По полученным данным, хозяевами тахин подсем. Dexiinae в Приморском крае являются представители отряда Coleoptera (Жесткокрылые), относящихся к 5 семействам: Carabidae (Жужелицы) (1 род, 1 вид – *Harpalus sp.*); Scarabaeidae (Пластинчатоусые) (7 родов, 7 видов – *Aphodius ater* De Geer, *Serica brunnea* L., *Popillia quadriguttata japonica* Newm., *Miridiba koreana* N. et K., *Anomala orientalis* Waterh. (личиночная стадия); *Paratrichiulus doenitzi* Harold, *Rhombonyx testaceipes* Motsch. (имагинальная стадия); Cerambycidae (Усачи) (11 родов, 11 видов

– *Tetropium* sp., *Stenostola* sp., *Acanthocinus* sp., *Leiopus* sp., *Oplosia* sp., *Morimus* sp., *Pyrrhidiun* sp., *Rhagium* sp., *Saperda* sp., *Saphanus* sp., *Xylotrechus* sp.) (личиночная стадия); Chrysomelidae (Листоеды) (2 рода, 4 вида – *Sitona* sp., *Cassida rubiginosa* Muell., *C. viridis* L., *C. deflorata* Suffr.) (имагинальная стадия); Curculionidae (Долгоносики) (2 рода, 2 вида – *Hypera postica* Gyll., *Polydrosus inustus* Germ.) (имагинальная стадия).

В отряде Lepidoptera (Чешуекрылые) выявлены хозяева Dexiinae, относящихся к 8 семействам: Pyralidae (Огневки) (1 род, 1 вид – *Grambus hortuellus* Hübn.); Nymphalidae (Нимфалиды) (1 род, 1 вид – *Araschnia levana* L.); Pieridae (Белянки) (1 род, 1 вид – *Pieris rapae crucivora* Boisduval – потенциальный хозяин в Приморском крае); Hesperidae (Толстоголовки) (3 рода, 4 вида – *Ochlodes venata* Bremer et Grey; *O. venata herculea* Butl., *Parnara guttata* Bremer et Grey, *Pelopidas mathias oberthueri* Evans – 3 последних вида – потенциальные хозяева в Приморском крае); Geometridae (Пяденицы) (3 рода, 3 вида – *Operophtera brumata* L., *Erannis defoliaria* Cl., *Pachynemias hippocastanaria* Hübn.); Noctuidae – Совки (12 родов, 14 видов – *Cucullia asteris* Denis et Schiff., *Autographa gamma* L., *Pseudaletia fagana* F., *Orthosia cruda* Denis et Schiff., *O. cerasi* F., *Conistra vaccinii* L., *Mamestra* spp., *Euplexia lucipara* L., *Anarta myrtili* L., *Mythimna evidens* Hubn., *Aproectus spectrum* Esper, *Plusia* sp., *P. festucae* L., *Xestia c-nigrum* L. – 2 последних вида – потенциальные хозяева в Приморском крае); Notodontidae (Хохлатки) (1 род, 1 вид – *Drymonia ruficornis* Hufn.); Arctiidae (Медведицы) (5 родов, 6 видов – *Rhyparia purpurata* L., *Phragmatobia fuliginosa* L., *Arctia villica* L., *A. caja* L., *Ocnogyna corsica* Ramb., *Spilosoma lutea* Hufn. – последний вид – потенциальный хозяин в Приморском крае).

Предпочитаемыми хозяевами из Чешуекрылых относятся виды семейств Совки, Пяденицы и Медведицы в которых паразитирует соответственно 34%, 9.3% и 9.3% видов Dexiinae. Предпочитаемыми хозяевами из Жесткокрылых являются многочисленные представители семейства Пластинчатоусые, в которых паразитирует 18.6% видов дексиин (см. рис. 2).

Заключение

Среди тахин подсем. Dexiinae, как и в других группах энтомофагов, наблюдается различная степень пищевой специализации – от широкой полифагии до узкой олигофагии. Используя терминологию А.Ф. Емельянова [1967] на территории региона мы выделили среди дексиин 3 экологические группы: полифагов (паразитируют в насекомых нескольких семейств), широких олигофагов (несколько родов в пределах 1 семейства) и, учитывая недостаточную изученность вопроса, условных монофагов (в насекомых 1 вида).

Самкам подсемейства Dexiinae свойственно яйцеживорождение. При этом мембранозные яйца у представителей большинства Voriini откладываются на хозяина. Для этих видов характерна специализация в выборе хозяина. Представители трибы Voriini паразитируют в личинках Lepidoptera, относящихся к 8 семействам: Nymphalidae (Нимфалиды), Pieridae (Белянки), Hesperidae (Толстоголовки), Geometridae (Пяденицы), Noctuidae (Совки), Arctiidae (Медведицы), Pyralidae (Огневки), Notodontidae (Хохлатки) (см. рис. 1). Среди видов трибы Voriini с известным трофическим спектром в личиночной стадии 6 отнесено нами к группе полифагов: *Athrycia curvinervis* Ztt., *A. impressa* Wulp, *Cyrtophleba ruricola* Mg., *Halidayia aurea* Egger, *Wagneria gagatea* R.-D., *Thelaira nigripes* F. В группу широких олигофагов включено 7 видов: *Peteina erinacea* F., *Ramonda spathulata* Fallen, *R. prunaria* Rd., *R. prunicia* Herting, *Athrycia trepida* Mg., *Voria ruralis* Fallen, *Thelaira solivaga* Harris. В группу условных монофагов – 2 вида: *Eriothrix rufomaculatus* De Geer, *Campylocheta hirticeps* Shima. Личинки 3 видов рода *Ramonda* R.-D.: *R. spathulata* Fallen, *R. prunaria* Rd., *R. prunicia* Herting и 3 видов рода *Athrycia* R.-D.: *A. curvinervis* Ztt., *A. impressa* Wulp, *Athrycia trepida* Mg. развиваются в гусеницах Совок. По полученным данным, расширение круга хозяев наблюдается у *Wagneria gagatea* R.-D., паразитирующей в Чешуекрылых, относящихся к 4 семействам (см. рис. 1).

В трибе Dufouriini (*Dufouria* R.-D., *Microsoma* Mcq.) самки откладывают мембранозные яйца со зрелыми личинками с помощью специально адаптированного яйцеклада под покровы хозяина [Herting, 1960]. Для этих видов также характерна специализация в выборе хозяина. Представители трибы в исследуемом регионе паразитируют в имаго Coleoptera, относящихся к 2 семействам: Chrysomelidae (Листоеды); Curculionidae (Долгоносики). Среди видов трибы Dufouriini 2 вида отнесено нами к группе широких олигофагов: *Dufouria chalybeata* Mg., *Microsoma exigua* Mg.

В трибе Dexiini (*Billaea* R.-D., *Estheria* R.-D. и др.) самки откладывают яйца вблизи хозяина или на его кормовое растение. Личинка первого возраста сама отыскивает или подстерегает хозяина и проникает в него [Herting, 1960; Wood, 1972; Mesnil, 1980; Рихтер, 2004]. Откладка яиц вне хозяина сопровождается увеличением плодовитости самок. Этот способ откладки яиц позволяет заражать скрытоживущих хозяев, что в целом способствует расширению круга хозяев тахин. Представители трибы Dexiini паразитируют в личинках и имаго Coleoptera,



относящихся к 3 семействам: Scarabidae (Жужелицы); Scarabaeidae (Пластинчатогусы), Cerambycidae (Усачи) (см. рис. 1), ведущих скрытый образ жизни (за исключением имаго Scarabaeidae). Среди видов трибы Dexiini с известным трофическим спектром в личиночной стадии 3 вида отнесено нами к группе широких олигофагов: *Billaea triangulifera* Ztt., *Dexia ventralis* Aldrich, *Prosenia siberita* F.; 5 видов – к группе условных монофагов: *Billaea fortis* Rd., *Dinera grisescens* Fallen, *D. carinifrons* Fallen, *Estheria magna* Baranov, *Dexia vacua* Fallen.

Список литературы References

1. Беляев Е.А., Ермолаев В.П., Кирпичникова В.А., Кононенко В.С., Чистяков Ю.А. 1988. Бабочки – вредители сельского и лесного хозяйства Дальнего Востока: Определитель. Владивосток, ДВО АН СССР, 288.
1. Belyaev E.A., Ermolaev V.P., Kirpichnikova V.A., Kononenko V.S., Chistyakov Yu.A. 1988. Babochki – vrediteli sel'skogo i lesnogo hozjajstva Dal'nego Vostoka: Opredelitel' [Butterflies – pests of agriculture and forestry of the Far East: Keys]. Vladivostok, DVO AN SSSR, 288. (in Russian)
2. Емельянов А.Ф. 1967. Некоторые особенности распределения насекомых-олигофагов по кормовым растениям. В кн.: Чтения памяти Н.А. Холодковского. Вып. 19. Л., Наука: 28–65.
2. Emel'yanov A.F. 1967. Some features of the distribution of insect oligophages on host plants. In: Chteniya pamyati N.A. Kholodkovskogo. Вып. 19 [Read memory N.A. Cholodkovskii. Vol. 19]. Leningrad, Nauka: 28–65. (in Russian)
3. Кистерная Н.Ю., Маркова Т.О. 2014. Трофические связи тахин подсемейства Dexiinae (Diptera, Tachinidae) Южного Приморья. В кн.: Сборник работ участников международного конкурса научно-исследовательских работ «Рациональное природопользование» (Владивосток, 13 декабря 2014 г.). Владивосток, Дальневосточный федеральный университет: 23–29. Электронный ресурс. URL: <http://www.dvfu.ru/web/otdel-organizacii-naucno-issledovatel'skoj-raboty-studentov/publikacii-oonirs> (15 января 2015).
3. Kisternaya N.Yu., Markova T.O. 2014. Trophic relations of Tachinid flies subfamily Dexiinae (Diptera, Tachinidae) Southern Primorye. In: Sbornik rabot uchastnikov mezhdunarodnogo konkursa nauchno-issledovatel'skih rabot «Racional'noe prirodopol'zovanie» (Vladivostok, 13 dekabrja 2014 g.) [Collection of works of the participants of the international competition of scientific research «Environmental management» (Vladivostok, 13 December 2014)]. Vladivostok, Dal'nevostochnyy federal'nyy universitet: 23–29. Available at: <http://www.dvfu.ru/web/otdel-organizacii-naucno-issledovatel'skoj-raboty-studentov/publikacii-oonirs> (accessed 15 January 2015). (in Russian)
4. Коломиец Н.Г. 1974. Материалы по фауне и биологии дексий Сибири и Дальнего Востока. В кн.: Фауна и экология насекомых Сибири. Новосибирск: 132–153.
4. Kolomiets N.G. 1974. Materials on fauna and biology Dexiinae Siberia and the Far East. In: Fauna i ekologiya nasekomykh Sibiri [Fauna and ecology of insects Siberia]. Novosibirsk: 132–153. (in Russian)
5. Коломиец Н.Г. 1977. Фауна и биология паразитических двукрылых подсемейства Exoristinae Сибири и Дальнего Востока. Труды Биолого-почвенного института ДНЦ АН СССР, 44 (147): 35–80.
5. Kolomiets N.G. 1977. Fauna and biology of parasitic Diptera subfamily Exoristinae Siberia and the Far East. Trudy Biologo-pochvennogo instituta DNTs AN SSSR, 44 (147): 35–80. (in Russian)
6. Кононенко В.С. (отв. ред.). 1997. Определитель насекомых Дальнего Востока России. Т. 5. Ручейники и Чешуекрылые. Ч. 1. Владивосток, Дальнаука, 540.
6. Kononenko V.S. (otv. red.). 1997. Opredelitel' nasekomykh Dal'nego Vostoka Rossii. T. 5. Rucheyniki i Cheshuekrylye. Ch. 1 [Keys to the insects of Russian Far East. Vol. 5. Trichoptera and Lepidoptera. Part 1]. Vladivostok, Dal'nauka, 540. (in Russian)
7. Кононенко В.С. (отв. ред.). 1999. Определитель насекомых Дальнего Востока России. Т. 5. Ручейники и Чешуекрылые. Ч. 2. Владивосток, Дальнаука, 671.
7. Kononenko V.S. (otv. red.). 1999. Opredelitel' nasekomykh Dal'nego Vostoka Rossii. T. 5. Rucheyniki i Cheshuekrylye. Ch. 2 [Keys to the insects of Russian Far East. Vol. 5. Trichoptera and Lepidoptera. Part 2]. Vladivostok, Dal'nauka, 671. (in Russian)
8. Лер П.А. (общ. ред.). 1989. Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. 3. Жесткокрылые, или Жуки. Ч. 1. Ленинград, Наука, 572.
8. Ler P.A. (obshh. red.). 1989. Opredelitel' nasekomykh Dal'nego Vostoka SSSR. T. 3. Zhestkokrylye, ili Zhuki. Ch. 1 [Keys to the insects of the Far East of the USSR. Vol. 3. Coleoptera, or beetles. Part 1]. Leningrad, Nauka, 572. (in Russian)
9. Лер П.А. (общ. ред.). 1992. Определитель насекомых Дальнего Востока СССР. Т. 3. Жесткокрылые, или Жуки. Ч. 2. СПб., Наука, 707.
9. Ler P.A. (obshh. red.). 1992. Opredelitel' nasekomykh Dal'nego Vostoka SSSR. T. 3. Zhestkokrylye, ili Zhuki. Ch. 2 [Keys to the insects of the Far East of the USSR. Vol. 3. Coleoptera, or beetles. Part 2]. Saint Petersburg, Nauka, 707. (in Russian)
10. Лер П.А. (общ. ред.). 1996. Определитель насекомых Дальнего Востока России. Т. 3. Жесткокрылые, или Жуки. Ч. 3. Владивосток, Дальнаука, 556.
10. Ler P.A. (obshh. red.). 1996. Opredelitel' nasekomykh Dal'nego Vostoka Rossii. T. 3. Zhestkokrylye, ili Zhuki. Ch. 3 [Keys to the insects of Russian Far East. Vol. 3. Coleoptera, or beetles. Part 3]. Vladivostok, Dal'nauka, 556. (in Russian)

11. Маркова Т.О. 1999. К методике содержания полужесткокрылых (Hemiptera) с целью выведения тахин (Diptera, Tachinidae, Phasiinae). В кн.: Поиск молодых. Сборник научных статей аспирантов. Вып. 2. Уссурийск, УГПИ: 225–226.

Markova T.O. 1999. On the methods of content Hemiptera in order to derive Tachinid flies (Diptera, Tachinidae, Phasiinae). In: Poisk molodykh. Sbornik nauchnykh statey aspirantov. Vyp. 2 [Search young. Collected articles postgraduates. Vol. 2]. Ussuriisk, USPI: 225–226. (in Russian)

12. Маркова Т.О. 2000. Эколого-фаунистическая характеристика тахин (Diptera, Tachinidae) подсемейства Phasiinae Уссурийского заповедника и сопредельной территории. В кн.: Чтения памяти А.И. Куренцова. Вып. 9. Владивосток, Дальнаука: 33–48.

Markova T.O. 2000. Ecological and faunistic characteristic Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) subfamily Phasiinae Ussuri Nature Reserve and adjacent territories. In: Chteniya pamyati A.I. Kurentsova. Vyp. 9 [Read memory A.I. Kurentsova. Vol. 9]. Vladivostok, Dal'nauka: 33–48. (in Russian)

13. Маркова Т.О. 2003. Биотопическое распределение тахин подсемейства Phasiinae и их хозяев-полужесткокрылых в Уссурийском заповеднике и на сопредельной территории. В кн.: Чтения памяти А.И. Куренцова. Вып. 13. Владивосток, Дальнаука: 132–140.

Markova T.O. 2003. Biotopic distribution Tachinid flies subfamily Phasiinae and their owners-Hemiptera in the Ussuri Nature Reserve and adjacent territories. In: Chteniya pamyati A.I. Kurentsova. Vyp. 13 [Read memory A.I. Kurentsova. Vol. 13]. Vladivostok, Dal'nauka: 132–140. (in Russian)

14. Маркова Т.О., Маслов М.В. 2011а. Фауна тахин подсемейства Phasiinae ГПЗ «Уссурийский» и сопредельной территории. В кн.: Материалы III Международной научной конференции, посвященной деятельности профессора И.И. Барабаш-Никифорова (Воронеж, 20–24 марта 2011). Воронеж, Издательско-полиграфический центр ВГУ: 211–214.

Markova T.O., Maslov M.V. 2011a. Fauna of Tachinidae of subfamily Phasiinae State Nature Reserve «Ussuri» and adjacent territory. In: Materialy III Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, posvjashhjonnoj dejatel'nosti professora I.I. Barabash-Nikiforova (Voronezh, 20–24 marta 2011) [Proceedings of the III International Scientific Conference on the Occasion of Professor I.I. Barabash-Nikiforov (Voronezh, 20–24 March 2011)]. Voronezh, Izdatel'sko-poligraficheskij tsentr VGU: 211–214. (in Russian)

15. Маркова Т.О., Маслов М.В. 2011б. Фенология имаго тахин подсемейства Phasiinae ГПЗ «Уссурийский» и сопредельной территории. В кн.: Труды МГПЗ имени П.Г. Смидовича. Вып. IX. Саранск-Пушта: 83–91.

Markova T.O., Maslov M.V. 2011b. Phenology adults of Tachinidae of subfamily Phasiinae State Nature Reserve «Ussuri» and adjacent territory. In: Trudy MGPZ imeni P.G. Smidovicha. Vyp. IX [Proceedings of Mor-dovia State Natural Reserve named P.G. Smidovich. Vol. IX]. Caransk-Pusta: 83–91. (in Russian)

16. Маркова Т.О., Маслов М.В., Воробьева Л.А. 2014. Методы сбора и содержания насекомых с целью выведения тахин (Diptera, Tachinidae) подсемейства Exoristinae в Южном Приморье. В кн.: Животный и растительный мир Дальнего Востока. Вып. 22. Материалы Всероссийской научной конференции (Уссурийск, 27 ноября 2014 г.). Владивосток: Дальневосточный федеральный университет: 34–40. Электронный ресурс. URL: http://uss.dvfu.ru/struct/publish_center/index.php?p=epublications (12 января 2015 г.)

Markova T.O., Maslov M.V., Vorobyova L.A. 2014. Methods of collection and maintenance of insects in order to derive Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) subfamily Exoristinae in Southern Primorye. In: Zhivotnyj i rastitel'nyj mir Dal'nego Vostoka. Vyp. 22. Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii (Ussurijsk, 27 nojabrja 2014 g.) [Flora and fauna of the Far East. Vol. 22. Proceedings of the Scientific Conference (Ussuriysk, 27 November 2014)]. Vladivostok, Dal'nevostochnyy federal'nyy universitet: 34–40. Available at: http://uss.dvfu.ru/struct/publish_center/index.php?p=epublications (accessed 12 January 2015). (in Russian)

17. Рихтер В.А. 1986. К фауне тахин (Diptera, Tachinidae) Дальнего Востока. Труды Зоологического института АН СССР, 146: 87–116.

Rihter V.A. 1986. On the fauna of Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) Far East. Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR, 146: 87–116. (in Russian)

18. Рихтер В.А. 1991. Новая триба, новые и малоизвестные виды тахин (Diptera, Tachinidae) фауны СССР. Энтомологическое обозрение, 70 (1): 229–246.

Rihter V.A. 1991. A new tribe, new and little known species Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) fauna of the USSR. Entomologicheskoe obozrenie [Entomological Review], 70 (1): 229–246. (in Russian)

19. Рихтер В.А. 1993. Новые и малоизвестные тахины (Diptera, Tachinidae) Забайкалья и Дальнего Востока. Энтомологическое обозрение, 72 (3): 422–439.

Rihter V.A. 1993. New and little known Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) Transbaikalia and the Far East. Entomologicheskoe obozrenie [Entomological Review], 72 (3): 422–439. (in Russian)

20. Рихтер В.А. 1999. Новые и малоизвестные тахины (Diptera, Tachinidae) Дальнего Востока России. Энтомологическое обозрение, 78 (3): 719–731.

Rihter V.A. 1999. New and little known Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) Russian Far East. Entomologicheskoe obozrenie [Entomological Review], 78 (3): 719–731. (in Russian)

21. Рихтер В.А. 2000. Новые данные о фауне тахин (Diptera, Tachinidae) Дальнего Востока России. Энтомологическое обозрение, 79 (4): 920–924.

Rihter V.A. 2000. New data on the fauna of Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) Russian Far East. Entomologicheskoe obozrenie [Entomological Review], 79 (4): 920–924. (in Russian)

22. Рихтер В.А. 2002. Новые данные по фауне тахин (Diptera, Tachinidae) Приполярного Урала и Дальнего Востока России. Энтомологическое обозрение, 81 (4): 923–929.



- Rihter V.A. 2002. New data on the fauna Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) Polar Urals and the Far East of Russia. *Entomologicheskoe obozrenie* [Entomological Review], 81 (4): 923–29. (in Russian)
23. Рихтер В.А. 2003. К фауне тахин (Diptera, Tachinidae) Дальнего Востока России. *Энтомологическое обозрение*, 82 (4): 917–921.
- Rihter V.A. 2003. On the fauna of Tachinid flies (Diptera, Tachinidae) Russian Far East. *Entomologicheskoe obozrenie* [Entomological Review], 82 (4): 917–921.
24. Рихтер В.А. 2004. Сем. Tachinidae – Тахины. В кн.: *Определитель насекомых Дальнего Востока России*. Т. 6. Двукрылые и блохи. Ч. 3. Владивосток, Дальнаука: 148–398.
- Rihter V.A. 2004. Family Tachinidae – Tahini. *In: Opredelitel' nasekomykh Dal'nego Vostoka Rossii*. Т. 6. Dvukrylye i blokhi. Ch. 3. [Keys to the insects of Russian Far East. Vol. 6. Diptera and fleas. Part 3]. Vladivostok, Dal'nauka: 148–398. (in Russian)
25. Herting B. 1960. Biologie der westpaläarktischen Raupenfliegen (Diptera, Tachinidae). *In: Monographien zur angewandte Entomologie: eihefte zur Zeitschrift für angewandte Entomologie*. Bd. 16. Hamburg–Berlin, P. Parey, 188.
26. Herting B., Dely-Draskovits A. 1993. Family Tachinidae. *In: Catalogue of Palaearctic Diptera*. Vol. 13. Budapest, Hungarian Natural History Museum: 118–458.
27. Mesnil L.-P. 1980. Dexiinae. *In: Die Fliegen der palaearktischen Region*. Vol. 9. Stuttgart, Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung: 1–52.
28. Richter V.A., Markova T.O. 1999. The tachinid species *Cylindromyia umbripennis* van der Wulp new to the fauna Russia (Diptera: Tachinidae). *Zoosystematica Rossica*, 8 (1): 188.
29. Shima H. 1992. Tachinidae (Diptera) collected in Ussuri by Prof. T. Saigusa. *Makugnaga (Acta Dipterologica)*, 17: 15–20.
30. Tschorsnig H.-P., Richter V.A. 1998. Family Tachinidae. *Contributions to a Manual of Palaearctic Diptera*, 3: 691–827.
31. Wood D.M. 1972. A revision of the New World Exoristini (Diptera: Tachinidae). 1. Phorocera subgenus *Pseudotachinomyia*. *The Canadian Entomologist*, 104: 471–503.
32. Wood D.M. 1987. Tachinidae. *In: Manual of Nearctic Diptera*. Vol. 2. Ottawa, Research Branch, Agriculture Canada: 1193–1269.
33. Ziegler, J., Shima H. 1996. Tachinid flies of the Ussuri area (Diptera: Tachinidae). *Beiträge zur Entomologie*, 46 (2): 379–478.

УДК 575.22; 502.4

**ГЕНЕТИЧЕСКАЯ И МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ПОПУЛЯЦИЙ
НАЗЕМНОГО МОЛЛЮСКА *CHONDRULA TRIDENS*
НА ТЕРРИТОРИИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****GENETICAL AND MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF POPULATIONS
OF TERRESTRIAL MOLLUSK *CHONDRULA TRIDENS*
ON THE TERRITORY OF THE MIDDLE VOLGA REGION****Е.В. Комарова, Т.Г. Стойко, С.В. Титов
E.V. Komarova, T.G. Stojko, S.V. Titov***Пензенский государственный университет, 440062 Пенза, ул. Красная, 40
Penza State University, 40 Krasnaya St, Penza, 440026, Russia**E-mail: ekaterina-log@inbox.ru*

Ключевые слова: наземный моллюск, популяции, лесостепное Поволжье, антропогенное влияние.
Key words: terrestrial mollusk, populations, forest-steppe Volga region, anthropogenic influence.

Аннотация. В работе приведены результаты исследований популяций наземного моллюска *Chondrula tridens* Müll. (хондрула трехзубая) из двух пунктов Жигулевских гор (Самарская обл.) и двух пунктов, расположенных на равнине (Пензенская обл.), которые отличаются, как климатическими условиями, так и уровнем антропогенного воздействия. В ходе исследований, проведенных на основе анализа изменчивости конхиологических признаков и ДНК-маркеров (метод ISSR), установлено, что самарские популяции *Ch. tridens* отличаются друг от друга, как по промерам раковин, так и по частотам аллелей, а пензенские группы, несмотря на значительные фенотипические отличия между собой, оказались генетически близки. Отмечено также, что изменчивость параметров раковины *Ch. tridens* выше у мелких улиток равнинных популяций, испытывающих значительное антропогенное влияние. Кроме того, в таких группах выявлена частичная редукция зубов устьевого аппарата, что связано с их обитанием в условиях повышенной влажности. У особой горных популяций устьевые зубы выражены лучше. Особенно хорошо развита устьевая арматура у моллюсков наиболее полиморфной популяции *Ch. tridens*, обитающей на горе Верблюд. Данное явление, вероятно обусловлено более ксеротермическими и нестабильными условиями существования. Низкое генетическое разнообразие отмечено в популяции горы Попова, что, вероятно, является следствием значительного антропогенного воздействия, как в прошлом, так и в настоящем.

Resume. In the work the results of the study of the population of *Chondrula tridens* Müll from two points in the Zhiguli mountains (Samara region) and from two points located on the plain (Penza region) are given. These sites differed both in climate conditions and anthropogenic influence. In the course of studies based on the analysis of the variability of conchiological feature and DNA markers (method ISSR) it was determined that Samara populations *Ch. tridens* differ from each other, both on measurements of shells and allele frequencies. Penza group, despite significant phenotypic differences were genetically close. It was also noted that the variability of parameters of the shell *Ch. tridens* was higher in small snails plain populations, experiencing significant anthropologic influence. In addition, these groups showed a partial reduction of the teeth of wellhead equipment, associated with their dwelling in conditions of high humidity. Individuals of mountain populations have better expressed wellhead teeth. Especially well-developed wellhead teeth as well as high genetic variability are found in individuals of the most polymorphic populations *Ch. tridens*, inhabiting Mount Verblud. This phenomenon is likely due to more xerothermic and unstable conditions of existence. Low genetic diversity is noted in the population of Mount Popova. This is probably a consequence of the significant anthropogenic impacts, both in the past and in the present.

Введение

Внутривидовая структура ксеромезофильного вида *Chondrula tridens* (Müller, 1774), а также его реакция на экологические условия до сих пор продолжает вызывать интерес у исследователей. Морфометрические параметры раковины этой улитки детально исследованы на территории Украины [Крамаренко, Сверлова, 2003, 2006] и Среднерусской возвышенности [Николаев, 1974; Ермаков, Снегин, 2002; Снегин, Присный, 2008; Снегин, 2011]. В восточной части ареала конхиологические признаки этого вида были исследованы в Поволжье [Матеев, 1950; Сачкова, 2006; Стойко, Комарова, 2011] и на Урале [Снегин, Гребенников, 2011]. Популяционную структуру этого вида с помощью молекулярно-генетических маркеров стали изучать сравнительно недавно [Снегин, 2011а; Снегин, 2011б; Снегин 2013; Снегин, Гребенников, 2011].

Указанные методы, позволили исследовать, как особенности эволюционных процессов, так и ответные реакции вида на антропогенное воздействие.

Цель исследования – изучить морфогенетические особенности популяций *Ch. tridens* в четырех различных биотопах лесостепного Поволжья.

Материал и методы

Для морфометрических исследований были взяты выборки по 30 особей *Ch. tridens* из четырех популяций. В с. Ухтинка (далее У), расположенной в окрестностях г. Пензы улиток собирали на участке, изрезанном балками и оврагами, где представлены различные стадии типчаково-разнотравной степи с обедненной травянистой растительностью на черноземных почвах. Вторая пензенская популяция, из которой была взята выборка, населяет южный склон надпойменной террасы р. Сердоба с маломощными супесчаными черноземами в г. Сердобске (далее С).

Еще две исследованные популяции моллюсков обитают на правом берегу Волги в Жигулях. Первая популяция обитает в верхней части каменистых склонов горы Верблюды (Национальный парк Самарская Лука), покрытых смешанным лесом (далее Вг), а вторая – в средней части склона горы Попова (Жигулёвский государственный заповедник) (далее Пг). В верхней части склонов горы Верблюды преобладают дерново-карбонатные типичные (карбо-литоземные темногумусовые типичные) почвы. При движении вниз по склону горы Попова карболитоземы сменяются буроземами темными (подтип остаточно-карбонатные). Эти почвы были сформированы под влиянием специфических климатических условий, включающих более мягкий и влажный климат, терморегулирующее влияние Волги и более длительное сохранение снегового покрова.

Морфометрический анализ

Под бинокляром МБС-9 измеряли четыре основных параметра: высоту раковины (ВР), её ширину (ШР), высоту и ширину устья (ВУ, ШУ), и определяли индексы: $ВР/ШР$; $И_1 = (ВУ+ШУ)/(a+b+c)$; $И_2 = (angular+suprapalatal+colum)/3$ (рис. 1). Степень развития устьевой арматуры характеризовали в баллах (0 – зуб не развит, 1 – зуб развит плохо, 2 – зуб развит нормально).

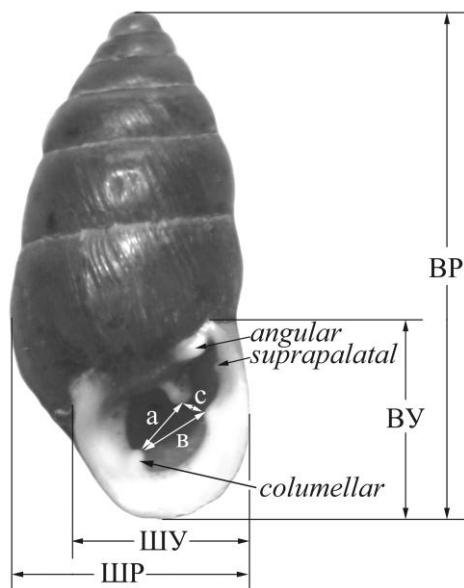


Рис. 1. Схема измерения раковины *Ch. tridens*: ВР – высота и ШР – ширина раковины, ВУ – высота и ШУ – ширина устья. Зубы: ангулярный – angular, супрапалатальный – suprapalatal. Буквами обозначено расстояние между: а – колумелярным (columellar) и париемальным (parietal), в – колумелярным и палатальным (palatal), с – париемальным и палатальным зубами
Fig. 1. The measurement scheme shell *Ch. tridens*: ВР – height and ШР – width of the shell, ВУ – height and ШУ – width of the mouth. Teeth: angular – angular, suprapalatal – suprapalatal. The letters indicate the distance between: a – columellaris (columellar) and parietal (parietal), в – columellaris and palatum (palatal), с – parietal and palatum teeth

Анализ ДНК

Для выявления полиморфизма ДНК из шести опробованных нами праймеров были выбраны три наиболее информативных: ISSR-3 [(GAG)₉C], ISSR-5 [(AGC)₉G], ISSR-6 [(ACC)₆G].

Для выделения ДНК использовали фрагмент тела моллюска, зафиксированный в 96% этаноле. ДНК выделяли по стандартной методике, включающей обработку додецилсульфатом натрия (SDS) и протеиназой К при 50°C с последующими фенольно-хлороформной очисткой и осаждением охлажденным абсолютным этиловым спиртом в сильно солевой среде [Sambrook et al., 1989].

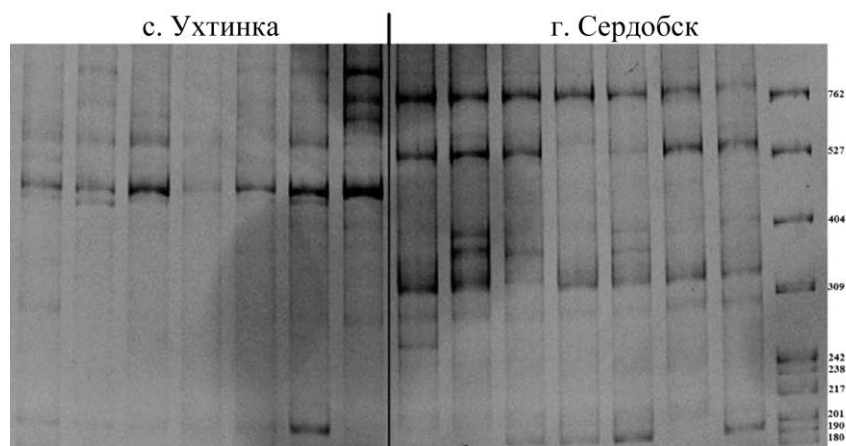


Рис. 2. ISSR-PCR спектры ДНК *Ch. tridens* при использовании маркера ISSR-6
 Fig. 2. ISSR-PCR spectra of DNA *Ch. tridens* when using ISSR marker-6

PCR-реакцию проводили в стандартной реакционной смеси (50 мМ трис-*HCl* (pH 8.9), 20 мМ сульфата аммония, 20 мкМ ЭДТА, 150 мкг/мл бычьего сывороточного альбумина, смесь дезоксинуклеозидтрифосфатов (200 мкМ каждого), 2 мМ хлористого магния, 15 пмоль праймера и 2 ед. акт. *Taq*-полимеразы) в течение 30 циклов в режиме: 94°C – 1 мин, 55°C – 1 мин, 72°C – 2 мин.

Продукты амплификации разделяли в ходе электрофореза в 6 % полиакриламидном геле с использованием 1x TBE буфера. Гели окрашивали бромистым этидием и фотографировали в проходящем ультрафиолетовом свете в системе Gel-Doc XR («Bio-Rad», США). Для компьютерной обработки полученные результаты были представлены в виде матрицы бинарных данных, где наличие полосы обозначали как «1» (аллель *p*), а отсутствие – как «0» (аллель *q*). По полученным данным рассчитывали индекс PIC (Pic), исходя из представлений о том, что по каждому локусу исследованная группа находится в состоянии, соответствующем равновесию Харди-Вайнберга. Для индивидуальных локусов значения индекса рассчитывали по формуле, предложенной для диаллельных локусов $PIC = 2f(1-f)$, где *f* – частота одного из двух аллелей [Botstein et al., 1980]. Ее вычисляли исходя из доли носителей рецессивных гомозигот по формуле – корень квадратный из R/N , где *R* – количество носителей рецессивных гомозигот, *N* – количество исследованных животных. Все расчеты производили при помощи пакета программ MS Excel 2002, Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Выбранные для исследования пензенские популяции испытывают различную антропогенную нагрузку. В окрестностях с. Ухтинка (У) территория изрезана оврагами и балками, на ней ежегодно выпасают скот и совершают весенние палы. На территории г. Сердобска (С) местообитание *Ch. tridens* расширилось за счет заброшенного участка, где лет пять назад, выращивали картофель. Средняя температура в г. Сердобске, расположенном южнее с. Ухтинка, выше на два градуса. В то же время по сравнению с более высокой частью города, в пойме реки температура немного ниже. Самарские популяции Жигулевских гор обитают на менее доступных для посещения туристами каменистых склонах горы Верблюд (Вг), а также в средней части горы Попова (Пг), испытывающей значительную антропогенную нагрузку. На Пг расположена смотровая площадка и проходит экскурсионный маршрут. Кроме того, в этой горе располагаются Ширяевские штольни, в которых добывался известняк. Из-за интенсивных горных разработок, проводимых в 30-х годах прошлого века, связанных с массивными взрывами внутри ее, а также обширными по всему склону горы отвалами пустой породы, гора подверглась сильному изменению. В результате этого ранее обитавшая на ней популяция могла деградировать, а затем вновь сформироваться, либо в ходе вселения особей из близ лежащих гор, либо из оставшихся немногочисленных особей.

Из исследованных популяций раковины улитки *Ch. tridens* (С) самые крупные (12.0±0.11), что можно объяснить более высокой температурой в городской среде, несмотря на обитание этого поселения в пойме реки, и повышенной влажностью (табл.). По остальным параметрам габитуса они похожи на улиток из г. Верблюд (рис. 3). Самые мелкие улитки *Ch. tridens* отмечены нами в популяции из с. Ухтинка. К ним близки по большинству параметров са-

марские моллюски из г. Попова. При этом в популяции окрестностей с. Ухтинка отмечена самая высокая изменчивость показателей ВР (CV=8.62), ШР (CV=7.70), ВУ (CV=8.32).

Таблица
Table

Изменчивость конхиологических параметров *Ch. tridens*
Variability conchological parameters *Ch. tridens*

Микропопуляции*		У	С	Вг	Пг
1		2	3	4	5
ВР	Lim	7.8–0.50	10.6–13.0	10.1–12.7	9.1–11.4
	M±SE	9.1±0.14	12.0±0.11	11.3±0.10	9.6±0.09
	CV	8.62	5.03	4.78	5.22
ШР	Lim	3.8–4.60	4.8–5.3	4.6–5.5	4.2–4.6
	M±SE	4.0±0.06	5.0±0.02	5.0±0.03	4.7±0.02
	CV	7.70	2.36	3.74	2.24
ВУ	Lim	2.9–3.70	4.5–4.90	3.9–4.7	3.1–4.3
	M±SE	3.4±0.05	4.3±0.04	4.3±0.03	3.9±0.03
	CV	8.32	5.35	4.35	5.05
1		2	3	4	5
ШУ	Lim	2.6–3.10	3.5–3.90	3.5–4.1	2.4–3.7
	M±SE	2.8±0.04	3.6±0.03	3.7±0.03	3.5±0.03
	CV	6.51	3.95	3.81	4.28
ВР/ШР	Lim	1.8–2.56	2.1–2.63	2.0–2.5	2.0–2.7
	M±SE	2.3±0.03	2.4±0.02	2.3±0.02	2.1±0.02
	CV	6.64	5.18	4.57	4.32
Индекс 1 (И1)	Lim	1.2–2.82	1.7–2.26	1.6–2.4	1.5–2.2
	M±SE	1.9±0.04	1.9±0.03	2.2±0.03	1.8±0.03
	CV	11.29	8.44	7.58	9.33
Индекс 2 (И2)	Lim	0.00–0.67	0.7–1.33	1.0–2.0	0.1–1.6
	M±SE	0.1±0.04	0.7±0.03	1.1±0.05	1.1±0.06
	CV	37.26	19.65	23.22	31.7

Примечание: *Lim – колебания минимальных и максимальных значений, М – среднее арифметическое, SE – ошибка средней, CV – коэффициент вариации. Обозначения популяций: У – степной участок в окрестностях с. Ухтинка, С – в г. Сердобск, Вг – скальный участок на г. Верблюд, Пг – каменистая степь на г. Попова.

Значения индекса И1, характеризующего зазубленность устья, больше у хондрул из г. Верблюд (2.2±0.03) и самые низкие у моллюсков из г. Попова (1.8±0.03). У пензенских улиток этот параметр имеет промежуточное значение (У = 1.9±0.04 и С = 1.9±0.03). Большую закрытость устья улиток на горе Верблюд можно объяснить изменчивыми условиями обитания, вызванными постоянными ветрами и колебаниями температуры. П.В. Матекин (1950) показал, что функция устьевых зубов «... морфофункциональное приспособление, позволяющее виду существовать в местообитаниях, где резкие колебания температуры и относительной влажности вполне возможны».

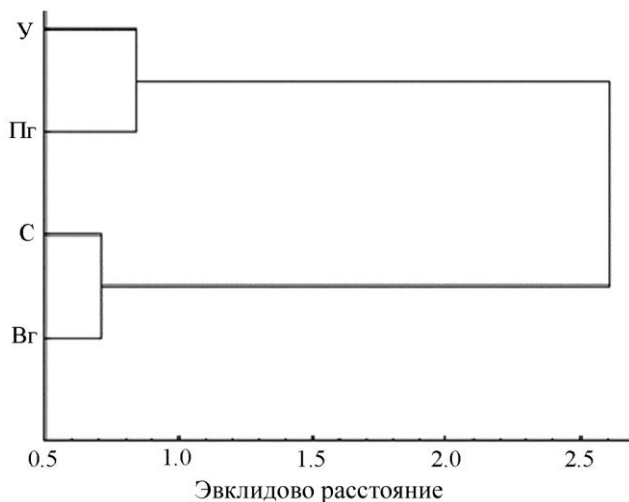


Рис. 3. Дендрограмма сходства популяций *Ch. tridens* по параметрам (ВР, ШР, ВУ, ШУ) раковины

Fig. 3. The dendrogram of similarity of populations *Ch. tridens* parameters (ВР, ШР, ВУ, ШУ) shell

Индекс И2 показывает изменчивость ангулярного, супрапалатального и колумеллярного зубов, развитие которых зависит от внешних факторов. Известно, что в условиях более сухого и теплого климата эти зубы хорошо выражены [Крамаренко, Сверлова, 2006]. Украинские малакологи предлагают использовать его для выделения форм и подвидов у *Ch. tridens* [Крамаренко, Сверлова, 2003, 2006]. В наших исследованиях значения индекса И2 в самарских популяциях оказались выше (1.1 ± 0.05 ; 1.1 ± 0.06), чем у пензенских (рис. 4). Самое низкое значение этого индекса у моллюсков из с. Ухтинка (0.1 ± 0.04), у них полностью отсутствует супрапалатальный и практически не представлен ангулярный зуб. Обусловлено это тем, что на северо-западе Приволжской возвышенности выше влажность и ниже средние температуры [Мильков, 1953]. Следовательно, наблюдаемые нами отличия популяций по степени развития устьевой арматуры, вероятно, обусловлены различными условиями обитания.

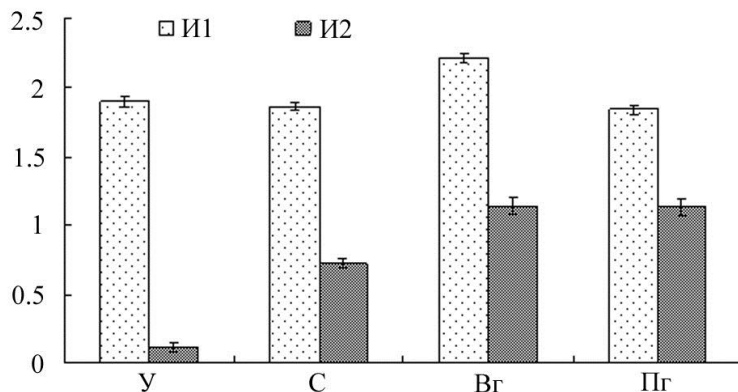


Рис. 4. Параметры средних значений индексов устья раковины *Ch. tridens*

Fig. 4. The parameters of the average values of indices of the mouth of the shell *Ch. tridens*

Результаты генетических исследований с помощью ISSR-маркеров представлены на рисунке 5. Проанализированы спектры фрагментов, включающие 8 локусов (ISSR-3, ISSR-5, ISSR-6), у семи особей из каждой популяции. Уровень гетерозиготности улиток по всем трем маркерам оказался наибольшим у *Ch. tridens* с г. Верблюд. Однако эти отличия не всегда достоверны. По праймеру ISSR-3 гетерозиготность популяции *Ch. tridens* на г. Верблюд достоверно отличается от популяции из рядом расположенной г. Попова (Пг) и от пензенской городской популяции (С), а по праймеру ISSR-6 – от популяции Пг. Различия средних значений гетерозиготности по трем праймерам между пензенскими популяциями с. Ухтинка (0.19 ± 0.03) и г. Сердобск (0.16 ± 0.04) не достоверны. В тоже время в Жигулях популяции горы Верблюд (0.26 ± 0.04) и горы Попова (0.08 ± 0.03) достоверно отличаются, как между собой, так и от пензенских популяций.

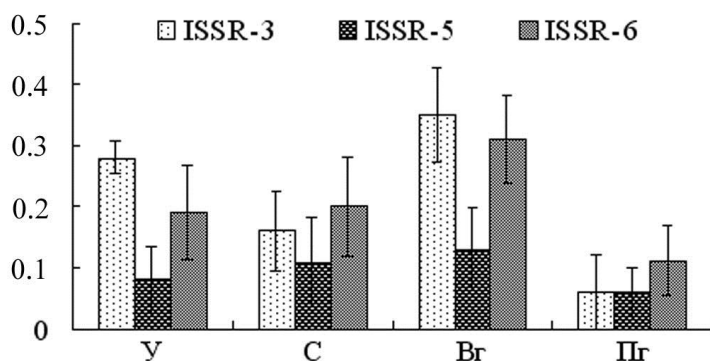


Рис. 5. Показатели индекса гетерозиготности (Pic) из разных популяций *Ch. tridens*

Fig. 5. The index of heterozygosity (Pic) from different populations *Ch. tridens*

Пониженная гетерозиготность популяции из г. Попова, вероятно, вызвана генетическим дрейфом из-за резкого снижения численности. Согласно исследованиям Э.А. Снегина [2011а], на уровень аллельного и фенотипического разнообразия популяций *Ch. tridens* влияют не только современные геоморфологические процессы, но и исторические аспекты. Например, в период расселения данного вида по Среднерусской возвышенности происходило дробление населения на изолированные группы. При этом усиливалась их мономорфность вследствие «эффекта бутылочного горлышка» и «эффекта основателя». Можно предположить, что на формирование генофонда популяции *Ch. tridens* из г. Попова повлияли масштабные горные разработки, проводимые здесь в 30-х годах прошлого века, когда большая часть особей (в основном более крупных) была уничтожена, а вместе с ними из генофонда была утрачена значи-

тельная часть аллелей. Оставшиеся в живых немногочисленные мелкие особи, после прекращения разработок, сформировали новую, но более мономорфную популяцию.

Результат кластерного анализа, проведенного на основе генетических расстояний [Nei, 1987], показал, что наиболее мономорфная популяция из г. Попова дистанцируется от других популяций. Кроме того, по совокупности всех ДНК-локусов популяция *Ch. tridens* из г. Верблюды оказалась ближе к пензенским популяциям, чем к расположенной рядом группе, обитающей на г. Попова (рис. 6).

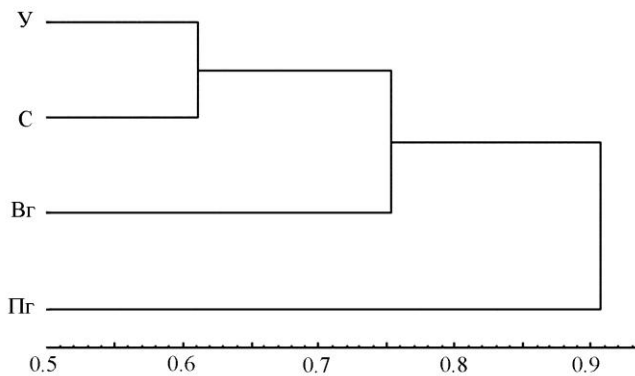


Рис. 6. Дендрограмма генетических расстояний по Неи (Nei, 1972) (UPGMA)
Fig. 6. The dendrogram of genetic distances of Nei (Nei, 1972) (UPGMA)

Заключение

Таким образом, в результате проведенного исследования установлены различия конхиологических показателей и генофондов двух горных и двух равнинных популяций *Ch. tridens*, обитающих в условиях, различающихся как микроклиматическими особенностями (ксеротермностью, непостоянством температуры и влажности биотопов), так и уровнем антропогенной нагрузки их местообитания. Установлено, что генофонд горных популяций более вариабельный, чем равнинных групп. Показана высокая значимость устьевых параметров в изменчивости от микроклиматических условий, а габитуальных характеристик и аллельных частот также и от антропогенного влияния.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 12-04-97073-р-Поволжье-а) и Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет» в сфере научной деятельности на 2014–2016 годы (проект 1315).

Список литературы References

1. Ермаков А.М., Снегин Э.А. 2002. Особенности фенотипической изменчивости *Chondrula tridens* в условиях лесостепного ландшафта. В кн.: Биология – наука XXI века. Сборник тезисов 6-ой Пущинской школы-конференции молодых ученых (Пущино, 20–24 мая 2002 г.). Т. 2. Тула, Изд-во Тульского гос. пед. ун-та им. Толстого: 56–57.
2. Ermakov A.M., Snegin E.A. 2002. Features of Phenotypic Variability of *Chondrula tridens* in Conditions of Forest-steppe Landscape. In: *Biologiya – nauka XXI veka: 6-ya Pushinskaya shkola konferenciya molodyh uchenykh* [Biology is the Science of the 21 Century. Book of Abstracts of the 6th Pushchino School-Conference of Young Scientists (Pushchino, 20–24 May 2002)]. Vol. 2. Tula, Izd-vo Tul'skogo gos. ped. un-ta im. Tolstogo: 56–57. (in Russian)
3. Крамаренко С.С., Сверлова Н.В. 2003. До вивчення внутрiшньовидової мiнливостi *Chondrula tridens* (Gastropoda, Pulmonata, Buliminidae) на заход України та з'ясування таксономiчного статусу окремих форм. Науковi записки Державного природознавчого музею, 18: 93–110.
4. Kramarenko S.S., Sverlova N.V. 2003. To the Study of Intraspecific Variation of *Chondrula tridens* (Gastropoda, Pulmonata, Buliminidae) in the West Ukraine and Clarify the Taxonomic Status of the Individual Forms. *Naukovi zapiski Derzhavnogo prirodnavchogo muzeyu* [Scientific Notes of State Natural History Museum], 18: 93–110. (in Russian)
5. Крамаренко С.С., Сверлова Н.В. 2006. Мiжпопуляцiйна мiнливiсть конхологiчних ознак наземного моллюска *Chondrula tridens* (Buliminidae) Пiвнiчно-Захiдного Причорномор'я. Науковi записки Державного природознавчого музею, 22: 105–118.
6. Kramarenko S.S., Sverlova N.V. 2006. Interpopulational Variability of Conchological Characteristics of Terrestrial Mollusk *Chondrula tridens* (Buliminidae) in the North-Western Black Sea Region. *Naukovi zapiski Derzhavnogo prirodnavchogo muzeyu* [Scientific Notes of State Natural History Museum], 22: 105–118. (in Russian)

4. Матекин П.В. 1950. Фауна наземных моллюсков Нижнего Поволжья и ее значение для представления об истории современных лесов района. Зоологический журнал, 29 (3): 193–205.
Matekin P.V. 1950. Fauna of Terrestrial Mollusks of the Lower Volga Region and its Meaning for the Ideas about the History of Modern Forest District. Zoologicheskii zhurnal [Russian Journal of Zoology], 29 (3): 193–205. (in Russian)
5. Мильков Ф.Н. 1953. Среднее Поволжье. Физико-географическое описание. М., Изд-во АН СССР, 262.
Mil'kov F.N. 1953. Srednee Povolzh'e. Fiziko-geograficheskoe opisanie [The Middle Volga Region. Physical-geographical Description]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 262. (in Russian)
6. Николаев В.А. 1973. Наземные моллюски Среднерусской возвышенности. Дисс. канд. биол. наук. Орел, 240 с.
Nikolaev V.A. 1973. Nazemnye mollyuski Srednerusskoi vozvyshennosti [Terrestrial Mollusks of the Central Russian Upland]. Dis. ... cand. biol. sciences. Orel, 240. (in Russian)
7. Сачкова Ю.В. 2006. Фауна и экология наземных моллюсков (Gastropoda, Pulmonata) лесостепного Поволжья (на примере Самарской области). Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Тольятти, 26.
Sachkova Yu.V. 2006. Fauna i ekologiya nazemnyh mollyuskov (Gastropoda, Pulmonata) lesostepnogo Povolzh'ya (na primere Samarskoi oblasti) [Fauna and Ecology of Terrestrial Mollusks (Gastropoda, Pulmonata) in the Forest-steppe Region (on the example of Samara region)]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Togliatti, 26. (in Russian)
8. Снегин Э.А. 2011а. Генетическая структура популяций модельных видов наземных моллюсков в условиях урбанизированного ландшафта на примере *Chondrula tridens* Müll. (Gastropoda, Pulmonata). Экологическая генетика, 9 (2): 54–64.
Snegin E.A. 2011a. Genetical Structure of Populations of Modeling Species of Terrestrial Mollusks in Conditions of the Urbanized Landscapes on the example of *Chondrula tridens* Müll (Gastropoda, Pulmonata). Ekologicheskaya genetika [Ecological genetics], 9 (2): 54–64. (in Russian)
9. Снегин Э.А. 2011б. К вопросу о роли принципа основателя в формировании генофондов адвентивных колоний на примере *Chondrula tridens* (Gastropoda, Pulmonata). Зоологический журнал, 90 (6): 643–648.
Snegin E.A. 2011b. On the Role of the Founder Principle in the Formation of Gene Pools of Adventive Colonies from the Example of *Chondrula tridens* (Gastropoda, Pulmonata). Zoologicheskii zhurnal [Russian Journal of Zoology], 90 (6): 643–648. (in Russian)
10. Снегин Э.А. 2013. Анализ генетической изменчивости популяций наземного моллюска *Chondrula tridens* Müll. (Gastropoda, Pulmonata) с использованием *RAPD* и *ISSR* маркеров. Экологическая генетика, 11 (3): 37–47.
Snegin E.A. 2013. Analysis of the Genetic Variability of Populations of Land Snail *Chondrula tridens* Müll. (Gastropoda, Pulmonata) *RAPD* and *ISSR* markers. Ekologicheskaya genetika [Ecological Genetics], 11 (3): 37–47. (in Russian)
11. Снегин Э.А., Присный А.В. 2008. Новые сведения о наземных моллюсках Среднерусской возвышенности. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки, 6 (3): 101–105.
Snegin E.A., Prisnyi A.V. 2008. New Data on the Terrestrial Mollusks of the Central Russian Upland. Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 6 (3): 101–105. (in Russian)
12. Снегин Э.А., Гребенников М.Е. 2011. Анализ изменчивости модельных видов наземных моллюсков в популяциях Урала и юга Среднерусской возвышенности. Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки, 15 (9) (104): 67–75.
Snegin E.A., Grebennikov M.E. 2011. Analysis of the Variability of Model Species of Terrestrial Mollusks in the Populations of Ural and South of Mid-Russia Upland. Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 15 (9): 67–75. (in Russian)
13. Стойко Т.Г., Комарова Е.В. 2011. Распространение наземной улитки *Chondrula tridens* Müller, 1774 в Пензенской области. В кн.: Проблемы изучения и восстановления ландшафтов лесостепной зоны. Материалы Всероссийской научной конференции (Тульская область, с. Монастырщина, 14–18 июня 2011 г.). Вып. 2. Тула, Государственный военно-исторический и природный музей заповедник «Куликово поле»: 181–185.
Stoiko T.G., Komarova E.V. 2011. The Distribution of Land Snails *Chondrula tridens* Müller, 1774 in the Penza Region. In: Problemy izuchenija i vosstanovlenija landshaftov lesostepnoj zony. Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii (Tul'skaja oblast', s. Monastyrshhina, 14–18 ijunja 2011 g.). Vyp. 2 [Problems in the Study and Landscape Restoration in Forest-steppe Zone. Proceedings of the Scientific Conference (Tula Region, p. Monastyrshchina, 14–18 June 2011). Vol. 2]. Tula, Gosudarstvennyj voenno-istoricheskij i prirodnyj muzej zapovednik «Kulikovo pole»: 181–185.. Tula, Nauka: 181–187. (in Russian)
14. Botstein D., White R.L., Scolnick M.H., Davis R.W. 1980. Construction of the genetic linkage map using restriction fragment length polymorphism. Amer. J. Hum. Genet., 32: 314–331.
15. Nei M. 1987. Molecular evolutionary genetics. New York, Columbia Univ. press, 512.
16. Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. 1989. Molecular cloning: A laboratory manual. New York, Cold Spring Harbor Lab. Press, 1626.



УДК 574.472; 598.2 (477)

СТРУКТУРА СООБЩЕСТВ ПТИЦ ЗЕЛеноЙ ЗОНЫ ГОРОДА ХАРЬКОВА (УКРАИНА)

A STRUCTURE OF BIRD COMMUNITIES AT FORESTS PARK ZONE OF KHARKOV (UKRAINE)

Т.А. Атемасова

T.A. Atevasova

*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Украина, 61022, г. Харьков, пл. Свободы, 4
V.N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine*

E-mail: atemasov@mail.ru

Ключевые слова: сообщества птиц; структура; лесопарковая зона.
Key words: bird communities; structure; Forest Parks.

Аннотация. Изучались современное видовое разнообразие и структура сообществ гнездящихся птиц лесопарковой зоны г. Харькова. Исследования такого рода в данном природном регионе проводились ранее в пойменных дубравах Изюмского района Харьковской области, коренных дубравах Национального парка Гомольшанские леса (Змиевской район Харьковской области) и эксплуатируемых дубравах Дергачевского района (окр. г. Харькова). Двумя методами в населении птиц городских лесов было зарегистрировано 24 и 31 вид гнездящихся птиц соответственно. Общая плотность была 1078.14–1984.00 пар/км². Видовой состав группы доминантов в гнездовом населении птиц для всех нагорных дубрав постоянен: в группу входят 4 вида (большая синица, мухоловка-белошейка, певчий дрозд и зяблик). Соотношение групп доминирования в гнездовом населении Лесопарка также является характерным для сообществ птиц нагорных дубрав: доминанты : субдоминанты : второстепенные виды (0.59–0.64:0.33–0.35:0.03–0.06). Показатели плотности и относительного обилия, полученные двумя различными методами, у пеночек могут отличаться настолько, что это влияет на их статус (субдоминанта либо второстепенного вида). Количество видов в группе субдоминантов при картографическом учете вполнину меньше. Обращают на себя внимание высокие показатели плотности и относительного обилия певчего дрозда в лесопарковой зоне.

Resume. A modern species diversity and community structure of nesting birds in forest-park zone of Kharkov city are studied. Similar studies in this natural region were carried out earlier in the flood plain oak forests (Izium district, Kharkiv region), at the upland oak forests of the National Park Gomolshanskie forests (Zmiev district, Kharkiv region) and in fragmented oak forests at Dergachevsky region (Kharkiv region).

We are interested in studying the structure of the breeding population of the city park area as habitat, which is intermediate between the urban environment and forests, located far from the major regional centers. Kharkov Forest Park – is a young natural oak forest, which occupies more than 2000 hectares. The avifauna of the study area is, on the one hand, typical for this type of oak upland, on the other – is affected by the significant recreational load and partly contains elements of a purely urban population of birds, which can not but affect its structure and quantitative indicators.

The bird population of urban forests was studied by two methods: the linear routing census without limitation width of accounting followed by the band split in recalculation by D. Heyn modification Yu.S. Ravkin. Accounting route passes through a forested area and is 5 km away. The 31 bird species are registered. The overall density in the total sample was 1984.00 pairs / km². In 2013–2014, in the same area as the method of bird census used the multiple mapping. In the upland part of forested area was laid pilot area the size of 52.5 hectares. Total accounted for 24 species of birds. The overall density of breeding birds in the total sample was 1078.14 pairs/km².

Differences in species composition can be explained, in our opinion, by a great length of linear route accounting (5 km), covering both the edge and on various site conditions quarters Forest Park. While the ground, placed at a distance from the edge of the forest, covered only the most typical forest avifauna.

The species composition of dominant groups in the breeding population of the birds for all upland oak is constant, the group consists of 4 species (Great tit, Chaffinch, Song thrush, Collared flycatcher). A ratio of dominance groups in the breeding population of Forest Park is also a characteristic of the bird communities of upland oak forests: the dominant : subdominant : minor species (0.59–0.64:0.33–0.35:0.03–0.06).

Subdominants share is roughly the same, although the number of species in the cartographic registered in this group is less. We attribute this to the relatively large coverage area with linear route censuses. In addition, some species have a various status by the data of the different censuses. So, according to linear route censuses, Wood-wren becomes the leader among subdominants and Willow-wren their own members. When cartographically registered these species are indicators of relative abundance is much lower. Wood-wren is among the minor species, and Willow-wren occupies the last position among subdominants.

In the breeding bird population oak forested areas make up a significant portion of hollow-nesting bird species (34–38% by different census methods), and species of tree layer; the proportion of ground and shrub is small.

This is due to a larger coverage area linear route censuses, which takes place, including through the edge habitats that provide a large number of shrub species and species associated with the edge of the forest and species entering the forest of the city's neighborhoods.

Collared Flycatcher, according to linear route censuses, had a very high rate of relative abundance (20.13%), significantly different from the oak forests National Park "Gomolshanski Lesa" (11.31%). However, when taking into census by multiple cartographic this data was twice lower – 10.7%.

Densities and relative abundance obtained by two different methods, from warblers may differ so much that it affects their status (or subdominant minor species). The number of species in the group with subdominants cartographic registered less than half. It is noteworthy that there is an unusually high density and a relative abundance of Song Thrush, so is finding this species among the dominant community of nesting birds of Forest Park – 12.00% and 14.66% according to the linear routing and multiple cartographic censuses. In natural oak forest of National Park "Gomolshanski Lesa" relative abundance of this species was 2.87%.

Введение

Характерными элементами урбанизированных ландшафтов являются фрагменты сплошных древесно-кустовых насаждений – городские скверы, парки, лесопарки. Они существенно повышают разнообразие экологических условий и создают благоприятные возможности для нахождения (гнездования) тех видов птиц, жизнедеятельность которых практически не возможна без древесно-кустарниковой растительности.

Ботанические сады, парки, скверы любого города являются промежуточными элементами между природными биотопами и типично городской средой. Они сохраняют и привлекают представителей региональной фауны, способствуют процессу адаптации и расселению птиц в городе. Поэтому изучению зеленых зон городов должно уделяться достаточное внимание.

Систематические исследования гнездового населения птиц пригородных зеленых зон в Украине проводились преимущественно в западной ее части. Изменения в орнитофауне Львова изучали М.А. Сеник и М.М. Хорняк на протяжении 1998–2002 гг. Ими был применен метод линейных трансект. Исследованиями были охвачены парки, селитебная часть и окраины города [Сеник, Хорняк, 2003]. Гнездовую орнитофауну кладбищ и парков Тирасполя изучали А. Тищенко и О. Алексева [Тищенко, Алексева, 2003; Тищенко, 2005]. Структуру и особенность формирования орнитокомплекса парковых зон Черновцов изучал И.В. Скильский [Скильский, 1998; Скильский, 2007]. Изучались все сезонные аспекты орнитофауны в гнездовой, миграционный и период зимовок. На территории парковых зон Черновцов, в которой преимущественно преобладают бук и дуб, авторами было выявлено 53 вида птиц общей плотностью 1260.2 ос/км². Этот же автор занимался вопросом динамики пространственно-временной структуры населения птиц Черновцов [Скильский, 2007]. Гнездовую орнитофауну города Каменка (Приднестровье) изучал А.А. Тищенко [Тищенко, 2005]. В городском парке в 2003 году им было зарегистрировано 35 видов гнездящихся птиц. Доминировали грач и скворец.

Состав и численность птиц пригородных лесов изучали А.Н. Кусенков и Н.В. Карлионова [2000] на примере зеленой зоны г. Гомеля (Белоруссия). Для выполнения работы применялся маршрутный метод учета. В течение 20 лет (1980–2000 гг) было учтено 167 видов птиц из 15 отрядов. Исследования показали, что из 167 учтенных видов птиц 147 являются гнездящимися мигрантами, 21 – гнездящимися оседлыми, 18 – пролетными и 2 – залетными. Ядро авифауны пригородного леса составили птицы европейского типа фауны (104 вида), вторым по многообразию видом являлся транспалеарктический тип фауны (47 вида). Наиболее широко на территории пригородного леса города Гомеля представлены виды лесного и древесно-кустарникового комплексов – 89 видов.

А.В. Козулиным и др. [1979] проводились исследования на территории Центрального ботанического сада АН БССР (69 га), заложенного в 1934 г. в г. Минск.

Изучению орнитофауны городов на востоке Украины, и, в частности, г. Харькова, уделялось мало внимания. В публикациях освещается в основном биология отдельных видов или экологических групп. Так, вопросом о путях заселения г. Харькова сорокой занималась О.А. Брезгунова в 2002–2008 гг. За этот период автором было установлено существование 15 ночевочных скоплений сороки, каждое из которых включало центральную и ряд периферических ночевок [Брезгунова, 2010].

Существенный вклад в изучение эколого-фаунистических особенностей птиц г. Харькова внес И.А. Кривицкий. В 1965–2008 гг. в Лесопарковой зоне города и на территории Змиевского района Харьковской области. Автором было найдено и описано более 180 гнезд дубоноса (*Coccyzus coccyzus*), зяблика (*Fringilla coelebs*), коноплянки (*Acanthis cannabina*). Проведены визуальные наблюдения за чижами, снегирями, чечеткой [Кривицкий, Чаплыгина, 2010]. А.Б. Чаплыгина и И.А. Кривицкий рассматривали обитание дрозда-рябинника в условиях трансформированных ландшафтов Харьковской области. Исследования проводились, в том числе и на территории лесопарковой зоны [Чаплыгина, Кривицкий, 1996].



Исследования структуры сообществ гнездящихся птиц дубрав – коренного типа лесной растительности в данном природном регионе проводились ранее в пойменных лесах Изюмского района Харьковской области [Атемасов, 2004], в нагорных дубравах Национального парка Гомольшанские леса (Змиевской район Харьковской области) и фрагментах нагорных дубрав Дергачевского района (окр. г. Харькова) [Атемасов и др., 2011].

Для нас представляет интерес изучение структуры гнездового населения лесопарковой зоны города, как биотопа, являющегося промежуточным между городской средой обитания и лесами, находящимися вдали от крупного областного центра. Харьковский Лесопарк – молодая естественная кленово-липовая дубрава, занимающая более 2000 гектаров в зеленой зоне г. Харькова. Орнитофауна исследуемой территории является, с одной стороны, характерной для данного типа дубрав Среднерусской возвышенности, с другой – испытывает на себе влияние значительной рекреационной нагрузки и отчасти содержит элементы сугубо городского населения птиц, что не может не сказываться на ее составе и количественных показателях.

Целью настоящего исследования было изучение современного видового состава и структуры гнездового населения птиц лесопарковой зоны г. Харькова. Отдельный интерес представляло сравнение данных, полученных различными методами – относительного и абсолютного учета птиц.

Объекты и методы исследования

В качестве методов применялись: маршрутный учет без ограничения ширины учетной полосы с последующим раздельным пересчетом Д. Хэйна в модификации Ю.С. Равкина [Равкин, Доброхотов, 1963]. Учетный маршрут проходил по лесопарковой зоне и составлял 5 км. Проведено 8 учетов – с конца марта по начало второй декады мая. Зарегистрирован 31 вид. Общая плотность в суммарной пробе составила 1984.00 пар/км².

В 2013–2014 гг. нами на той же территории в качестве метода учета использован метод многократного картирования [Tomialojc, 1980]. В плакорной части лесопарковой зоны была заложена пробная площадка размером 52.5 га. Учет проводился дважды: в апреле и мае. Всего учтено 24 вида птиц. Общая плотность гнездящихся птиц в суммарной пробе составила 1078.14 пар/км².

Данные о численности и распределении дятлов – большого пестрого, малого пестрого, среднего пестрого и седого получены методом голосовых демонстраций. Демонстрировали весеннюю вокализацию (дробь) и крики тревоги седого дятла, а также брачные крики и крики тревоги среднего пестрого дятла. Также регистрировались все проявления активности других видов дятлов – большого и малого пестрого. При необходимости уточнения характера пребывания птицы, записи проигрывались дополнительно [Авотиньш, 1988].

При обработке данные о плотности гнездования отдельных видов пересчитывались в показатели относительного обилия (P_i), демонстрирующие долю каждого вида в сообществе. В дальнейшем этот показатель использовался для сравнения данных, полученных различными методами.

Для описания гнездового населения орнитокомплексов использовали шкалу, предложенную А.П. Кузякиным [Кузякин, 1962].

Систематика птиц приводится согласно Перечню птиц фауны мира, представленному на сайте Международного орнитологического комитета [IOC World Bird List v 4.2].

Результаты и их обсуждение

В настоящее сообщение включены результаты учетов, проведенных маршрутным методом 26.03.12, 17.04.12 и 15.05.12. В суммарную пробу включены максимальные значения плотности, полученные за эти три учета. В таблице 1 приводятся данные плотности и относительно обилия видов, полученных также картографическим методом в 2014 г. Показатели плотности для дятловых определялись отдельно, по данным специальных учетов, и затем включались в суммарную пробу.

Состав орнитофауны по данным, полученным маршрутным и картографическим методами, отличается: зарегистрировано 31 и 24 вида соответственно. В площадку, на которой проводился учет картографическим методом, не попали краевые и кустарниковые виды (лесной конек и серая славка); виды, тяготеющие к краю лесного массива и городским кварталам (сорока и скворец), а также виды, редко встречающиеся в глубине лесного массива (серая ворона и кукушка). Что касается вертишейки, то он вообще редко встречается в относительно молодой дубраве Лесопарка.

Таблица 1
Table 1

Количественные характеристики населения гнездящихся птиц лесопарковой зоны г. Харькова, полученные различными методами
Quantitative characteristics of the population of nesting birds of Kharkov' forest-park zone, received by different methods

Вид	Плотность гнездования (пар/ км ²)		Относительное обилие		Экологическая группа
	Маршрутный метод	Картографический метод	Маршрутный метод	Картографический метод	
<i>Parus major</i>	306.67	215.24	0.1546	0.1996	Дуплогнездник
<i>Chloris chloris</i>	13.33	3.81	0.0067	0.0035	Кронник
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	26.67	43.81	0.0134	0.0406	Кронник
<i>Cyanistes caeruleus</i>	80.00	74.29	0.0403	0.0689	Дуплогнездник
<i>Sitta europaea</i>	38.00	20.95	0.0192	0.0194	Дуплогнездник
<i>Dendrocopos minor</i>	43.33	2.86	0.0218	0.0027	Дуплогнездник
<i>Dendrocopos major</i>	34.00	3.57	0.0222	0.0033	Дуплогнездник
<i>Pica pica</i>	26.67	0.00	0.0134	0.0000	Кронник
<i>Certhia familiaris</i>	32.00	30.48	0.0161	0.0283	Ствольник
<i>Corvus corone</i>	13.33	0.00	0.0067	0.0000	Кронник
<i>Fringilla coelebs</i>	242.00	200.00	0.1683	0.1855	Древесный ярус
<i>Turdus philomelos</i>	238.00	158.10	0.1200	0.1466	Древесный ярус
<i>Turdus merula</i>	36.00	43.81	0.0212	0.0406	Древесный ярус
<i>Dendrocopos medius</i>	16.00	1.47	0.0081	0.0014	Дуплогнездник
<i>Emberiza citrinella</i>	16.00	7.62	0.0121	0.0071	Наземный
<i>Garrulus glandarius</i>	22.00	1.90	0.0111	0.0018	Древесный ярус
<i>Erithacus rubecula</i>	68.00	40.00	0.0302	0.0371	Приземный
<i>Phylloscopus collybita</i>	28.00	24.76	0.0141	0.0230	Наземный
<i>Sylvia melanocephala</i>	62.00	66.67	0.0302	0.0618	Кустарниковый
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	132.00	7.62	0.0585	0.0071	Наземный
<i>Phylloscopus trochilus</i>	8.00	13.33	0.0040	0.0124	Наземный
<i>Picus canus</i>	12.00	1.67	0.0040	0.0015	Дуплогнездник
<i>Ficedula albicollis</i>	382.00	108.57	0.1482	0.1007	Дуплогнездник
<i>Ficedula parva</i>	8.00	3.81	0.0040	0.0035	Древесный ярус
<i>Anthus trivialis</i>	16.00	0.00	0.0081	0.0000	Наземный
<i>Luscinia luscinia</i>	46.00	1.90	0.0222	0.0018	Наземный
<i>Sylvia communis</i>	8.00	0.00	0.0040	0.0000	Кустарниковый
<i>Sturnus vulgaris</i>	8.00	0.00	0.0040	0.0000	Дуплогнездник
<i>Cuculus canoris</i>	2.00	0.00	0.0010	0.0000	древесный ярус
<i>Oriolus oriolus</i>	6.00	1.90	0.0071	0.0018	древесный ярус
<i>Jynx torquilla</i>	10.00	0.00	0.0050	0.0000	Дуплогнездник
Всего	1984.00	1078.14			

Различия в видовом составе объясняются, на наш взгляд, большей протяженностью маршрутного учета (5 км), охватывающего как краевые, так и различные по лесорастительным условиям кварталы Лесопарка. Тогда как площадка, размещенная на удалении от края лесного массива, охватывала лишь наиболее типичную лесную орнитофауну. Редко встречающиеся виды (вертишейка, ворон) в нее могли не попасть.

Структура доминирования

Состав доминантов по данным учетов различными методами оставался неизменным. Доминировали в гнездовом населении 4 вида: большая синица, певчий дрозд, зяблик и мухоловка-белошейка. Суммарная доля доминантов в населении по данным маршрутного и картографического учетов различается незначительно. Однако, по показателям относительно обилия отдельных видов-доминантов, при картографическом учете мухоловка-белошейка оказывается не настолько многочисленной, как при маршрутном, хотя и попадает в состав доминантов.

Доли субдоминантов примерно одинаковы, хотя количество видов при картографическом учете в этой группе меньше. Мы связываем это с относительно большим охватом территории при маршрутном учете.

Второстепенные виды составляют 6.09% в населении (13 видов) при маршрутном учете и 3.54% в населении (11 видов) при учете картографическим методом. Состав второстепенных видов приблизительно одинаков. Однако, некоторые виды пеночек при картографическом и



маршрутном учете оказываются в различном статусе. По данным маршрутного учета, трещотка становится лидером среди субдоминантов, а весничка входит в их состав. При картографическом учете весничка и трещотка имеют показатели относительного обилия гораздо ниже (табл. 2): трещотка оказывается среди второстепенных видов, а весничка занимает последнюю позицию среди субдоминантов. Нахождение веснички в кварталах Лесопарка в апреле, в течение двух недель регистрируется как маршрутным, так и картографическим методом. Однако, факт гнездования этого вида в Харьковской области ставится под сомнение до сих пор. Видимо, птицы поют в период пролета (зарегистрированы 17–24 апреля, в мае – отсутствуют).

Таблица 2

Table 2

Структура доминирования в населении птиц Лесопарка по данным учетов маршрутным и картографическим методами
The structure of domination in the population of birds at the forest park zone according to surveys and route mapping methods

Вид	Маршрутный учет		Вид	Картографический учет	
	Доля участия каждого вида (P _i)	Суммарно		Доля участия каждого вида (P _i)	Суммарно
Доминанты					
<i>Parus major</i>	0.1546	0.5911	<i>Parus major</i>	0.1996	0.6324
<i>Fringilla coelebs</i>	0.1683		<i>Fringilla coelebs</i>	0.1855	
<i>Turdus philomelos</i>	0.1200		<i>Turdus philomelos</i>	0.1466	
<i>Ficedula albicollis</i>	0.1482		<i>Ficedula albicollis</i>	0.1007	
Субдоминанты					
<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	0.0585	0.3460	<i>Cyanistes caeruleus</i>	0.0689	0.3321
<i>Cyanistes caeruleus</i>	0.0403		<i>Sylvia melanocephala</i>	0.0618	
<i>Erithacus rubecula</i>	0.0302		<i>Turdus merula</i>	0.0406	
<i>Sylvia melanocephala</i>	0.0302		<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	0.0406	
<i>Dendrocopos major</i>	0.0222		<i>Erithacus rubecula</i>	0.0371	
<i>Luscinia luscinia</i>	0.0222		<i>Certhia familiaris</i>	0.0283	
<i>Dendrocopos minor</i>	0.0218		<i>Phylloscopus collybita</i>	0.0230	
<i>Turdus merula</i>	0.0212		<i>Sitta europaea</i>	0.0194	
<i>Sitta europaea</i>	0.0192		<i>Phylloscopus trochilus</i>	0.0124	
<i>Certhia familiaris</i>	0.0161				
<i>Phylloscopus collybita</i>	0.0141				
<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	0.0134				
<i>Pica pica</i>	0.0134				
<i>Emberiza citrinella</i>	0.0121				
<i>Garrulus glandarius</i>	0.0111				
Второстепенные					
<i>Dendrocopos medius</i>	0.0081	0.0627	<i>Phylloscopus sibilatrix</i>	0.0071	0.0355
<i>Anthus trivialis</i>	0.0081		<i>Emberiza citrinella</i>	0.0071	
<i>Oriolus oriolus</i>	0.0071		<i>Chloris chloris</i>	0.0035	
<i>Chloris chloris</i>	0.0067		<i>Ficedula parva</i>	0.0035	
<i>Corvus corone</i>	0.0067		<i>Dendrocopos major</i>	0.0033	
<i>Jynx torquilla</i>	0.0050		<i>Dendrocopos minor</i>	0.0027	
<i>Phylloscopus trochilus</i>	0.0040		<i>Luscinia luscinia</i>	0.0018	
<i>Picus canus</i>	0.0040		<i>Garrulus glandarius</i>	0.0018	
<i>Ficedula parva</i>	0.0040		<i>Oriolus oriolus</i>	0.0018	
<i>Sylvia communis</i>	0.0040		<i>Picus canus</i>	0.0015	
<i>Sturnus vulgaris</i>	0.0040		<i>Dendrocopos medius</i>	0.0014	
<i>Cuculus canoris</i>	0.0010				

Пеночка-трещотка, по данным маршрутного учета, занимает первое место среди субдоминантных видов. Это происходит потому, что учетный маршрут приходится на период пика пролета этого вида, и мы регистрируем избыточное количество поющих самцов. Та же картина распределения характерна и для мухоловки-белошейки. Подобные «избыточные» учеты дают нам неточную картину сообщества. Картографический метод позволяет избежать подобных искажений. По целому ряду видов показатели их доли в населении различаются незначительно (зарянка, поползень, малая мухоловка) (см. табл. 2).

Доли представителей различных экологических групп птиц в орнитофауне Лесопарка по данным маршрутного учета приблизительно одинаковы (см. табл. 1). Немного выше доля дуплогнездников (34%). Подобное распределение объясняется относительно большим разнообразием видов. По данным картографического учета, половина всех представителей исследуемого сообщества гнездится в древесном ярусе; велика доля дуплогнездников (38%); существенно снижается доля кустарниковых и наземных видов – за счет снижения общего разнообразия. Индекс разнообразия Шеннона-Уивера (H') для населения птиц Лесопарка составляет по данным маршрутного учета 2.71. По данным картографического учета – 3,85. Для аналогичных типов дубрав национального природного парка «Гомольшанские леса» (Харьковская область, Змиевской район) этот показатель составляет 2.56 [Атемасов и др., 2011].

Обращает на себя внимание нетипично высокий показатель относительного обилия певчего дрозда и нахождение этого вида среди доминантов в сообществе гнездящихся птиц Лесопарка – 12.00% и 14.66% по данным маршрутного и картографического учета соответственно. В естественных дубравах НПП Гомольшанские леса относительное обилие этого вида составляло 2.87% [Атемасов и др., 2011].

Остальные три вида – доминанта являются типичными для таких дубрав с показателями, близкими по значению к полученным в дубравах НПП Гомольшанские леса [Атемасов и др., 2011]. Мухоловка-белошейка, по данным маршрутного учета, имела очень высокий показатель относительного обилия (20.13%), существенно отличающийся от дубрав Гомольшанских лесов (11.31%). Однако, при картографическом учете этот показатель стал вдвое ниже – 10.07%.

Выводы

Таким образом, в относительно молодой кленово-липовой дубраве зеленой зоны г. Харькова, находящейся в сложных рекреационных условиях, имеет место сообщество гнездящихся птиц, хотя и немного уступающее по видовому разнообразию соответствующих природных эталонов, однако достаточно сбалансированное, имеющее своеобразные черты, требующие дальнейшего изучения и объяснения

На территории плакорной части дубравы Лесопарка г. Харькова на пробной площадке методом многократного картирования было зарегистрировано 24 вида птиц. Общая плотность гнездового населения птиц составила 1078.41 пар/км². Аналогичные данные, полученные методом маршрутного учета без ограничения ширины учетной полосы с последующим отдельным пересчетом включают большее количество видов (31) с общей суммарной плотностью 1984.00 пар/км². Это происходит за счет большего охвата территории маршрутом учета, который проходит, в том числе и через краевые станции, дающие большое количество кустарниковых видов, а также видов, приуроченных к краю леса и видов, заходящих в лесной массив из городских кварталов.

Доминанты в населении гнездящихся птиц дубравы Лесопарка характерны для сообществ дубрав Среднерусской возвышенности: большая синица, зяблик, мухоловка-белошейка. Их суммарная доля по данным, полученным разными методами, составила 59.02–63.25% общего гнездового населения, что сравнимо с долей доминантов в населении птиц естественных дубрав. Кроме того, в составе видов-доминантов населения птиц Лесопарка появляется певчий дрозд, что нетипично для естественных дубрав Северо-востока Украины.

Соотношение групп доминирования в гнездовом населении Лесопарка является характерным для сообществ птиц дубрав: доминанты : субдоминанты : второстепенные виды (0.59–0.64:0.33–0.35:0.03–0.06).

В гнездовом населении птиц дубрав лесопарковой зоны значительную часть составляют виды-дуплогнездники и виды древесного яруса; доли кустарниковых и наземногнездящихся невелики.

Сравнение результатов, полученных разными методами учета показало, что для отдельных видов имеет место как избыточный учет, так и недоучет. Повторность, применяемая в картографическом методе, позволяет получить более точные количественные данные.

Благодарности

Автор выражает свою признательность студентам биологического факультета Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина (г. Харьков, Украина) Е.А. Лаптевой, И.Н. Стариченко и А.В. Соколовой за участие в сборе полевого материала.



Список литературы References

1. Авотиньш А. Я. 1988. Методика учета совообразных с проигрыванием записи или имитации их голосов. В кн.: Экология хищных птиц. Тезисы Всесоюзного совещания рабочей группы по соколообразным. Киев: 3–4.
Avotin'sch A.Ya. 1988. The Owls Census Method Using a Record or Voice Imitation. *In: Ekologia chischnykh ptic. Tesisy Vsesouznogo soveschania rabochej gruppy po sokoloobraznym* [Birds of prey ecology. The Theses of Conference of Falconiformes Network]. Kiev: 3–4. (in Russian)
2. Атемасов А.А. 2004. Организация сообществ гнездящихся птиц пойменных лесов среднего течения Северского Донца. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Москва, 20.
Atemasov A.A. 2004. Organizacia soobshchestv gnezdyaschichsya ptic pojmennykh lesov srednego techenia Severskogo Dontsa [Organization of Breeding Bird Communities of Riparian Forests of the Middle Reaches of the Seversky Donets]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Moscow, 20. (in Russian)
3. Атемасов А. А., Атемасова Т. А., Девятко Т. Н., Лысенко Н.Г., Гончаров Г.Л. 2011. Структура населения гнездящихся птиц нагорных дубрав юга Среднерусской возвышенности. В кн.: Экология птиц: виды, сообщества, взаимосвязи. Труды научной конференции, посвященной 150-летию со дня рождения Н.Н.Сомова. (Харьков, 1–4 декабря 2011 г.). Вып. 1, кн. 1. Харьков: 345–358.
Atemasov A.A., Atemasova T.A., Devyatko T.N., Lysenko N.G., Goncharov G.L. 2011. A Structure of Nesting Bird Population at the Upland Oak-forests of South of Middle-Russian Upland. *In: Jekologija ptic: vidy, soobshhestva, vzaimosvjazi. Trudy nauchnoj konferencii, posvjashhennoj 150-letiju so dnja rozhdenija N.N.Somova.* (Har'kov, 1–4 dekabrja 2011 g.). Вып. 1, кн. 1. [Bird Ecology: Species, Communities, Interrelations. Proceeding the Meeting Contemporary the 150th Anniversary of the Birth of Nikolay Somov (Kharkov, 1–4 December 2011). Issue 1, Part 1]. Kharkov: 345–358. (in Russian)
4. Брезгунова О.А. 2010. К вопросу о путях заселения г. Харькова сорокой (*Pica pica*). В кн.: Птицы бассейна Северского Донца. Материалы 15 научной конференции (Донецк, 16–18 октября 2009 г.). Донецк: 142–149.
Brezgunova O.A. 2010. On the Question of the Ways of Settlement of Kharkiv Magpie (*Pica pica*). *In: Pticy bassejna Severskogo Donca. Materialy 15 nauchnoj konferentsii (Doneck, 16–18 oktjabrja 2009 g.)* [Birds Seversky Donets Basin. Materials 15 Scientific Conference (Donetsk, 16–18 October 2009)]. Donetsk: 142–149. (in Russian)
5. Козулин А. В., Шкляр Л. П., Яминский Б. В. 1979. Структура летнего населения птиц Центрального ботанического сада АН БССР. В кн.: 7-ая Всесоюзная зоогеографическая конференция (Москва, 7–9 января 1980 г.). Тезисы докладов. М.: 204–205.
Kozulin A.V., Schklyarov L.P., Yaminsky B.V. 1979. Structure of Summer Bird Population of the Central Botanical Garden of Academy of Sciences of the Byelorussian SSR. *In: 7-aja Vsesojuznaja zoogeograficheskaja konferencija* (Moskva, 7–9 janvarja 1980 g.). Tezisy dokladov [7th All-Union zoogeographic Conference (Moscow, 7–9 January 1980). Abstracts]. Moscow: 204–205. (in Russian)
6. Кривицкий И.А., Чаплыгина А.Б. 2010. Эколого-фаунистический обзор изменений и современное состояние представителей вьюрковых птиц в Харьковской области. В кн.: Птицы бассейна Северского Донца. Материалы 15 научной конференции (Донецк, 16–18 октября 2009 г.). Донецк: 25–35.
Kryvitsky I.A., Tchapllygina A.B. 2010. Ecological and Faunistic Review of Changes and the Current State Representatives Finches Birds in the Kharkiv Region. *In: Pticy bassejna Severskogo Donca. Materialy 15 nauchnoj konferentsii (Doneck, 16–18 oktjabrja 2009 g.)* [Birds of the Seversky Donets Basin. Materials of 15 Scientific Conference (Donetsk, 16–18 October 2009)]. Donetsk: 25–35. (in Russian)
7. Кузякин А.П. 1962. Зоогеография СССР. Ученые записки Московского областного педагогического института им. Н.К. Крупской, 109 (1): 3–182.
Kuzyakin A.P. 1962. Zoogeography of USSR. Uchenye zapiski Moskovskogo oblastnogo pedagogicheskogo institute imeni N.K. Krupskoj, 109 (1): 3–182. (in Russian)
8. Кусенков А. Н., Карлионова Н.В. 2000. Состав авифауны пригородного леса города Гомеля. В кн.: Чтения памяти В.В. Станчинского. Вып. 3. Смоленск: Изд-во Смоленского государственного педагогического ун-та: 108–109.
Kusenkov A.N., Karlionova N.V. 2000. The Composition of the Avifauna of Suburban Forest in Gomel. *In: Chtenija pamjati V.V. Stanchinskogo. Вып. 3.* [Reading Memory of V.V. Stanchinsky. Vol. 3]. Smolensk, Izd-vo Smolenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo un-ta: 108–109. (in Russian)
9. Равкин Ю. С., Доброхотов Б. П. 1963. К методике учета птиц лесных ландшафтов во внегнездовое время. В кн.: Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М.: 130–136.
Ravkin U.S., Dobrokhotov B.P. 1963. For the Method of the Census of Birds in the Forest Landscape in Non-breeding Time. *In: Organizacija i metody ucheta ptic i vrednyh gryzunov* [The Organization and Methods of Accounting Birds and Harmful Rodents]. Moscow: 130–136. (in Russian)
10. Сенік М.А., Хорняк М.М. 2003. Сучасні зміни в орнітофауні Львова. Беркут, 12 (1–2): 9–13.
Senik M.A., Chornyak M.M. 2003. Modern Changes in Lviv Avifauna. *Bercut*, 12 (1–2): 9–13. (in Ukrainian, with English summary)
11. Скільський І.В. 1998. Структура та особливості формування орнітокомплексу паркових насаджень м. Чернівці. Беркут, 7 (1–2): 3–11.
Skil'sky I.V. 1998. A Structure and Peculiarities of Ornitocomplexes Forming in Parks at Chernivtsi City. *Bercut*, 7 (1–2): 3–11. (In Ukrainian, with English summary)

12. Скільський І.В. 2007. Динаміка просторово-часової структури населення птахів Чернівців. Беркут, 16 (1): 158–167.
Skil'sky I.V. 2007. A Dynamic of Space-time Structure of Bird Population at Chernivtsi City. Bercut, 16 (1): 158–167. (in Ukrainian, with English summary)
13. Тищенко А.А. 2005. Гнездовая орнитофауна г. Каменка (Приднестровье). Беркут, 14 (2): 163–172.
Tischenkov A.A. 2005. A Nesting Avifauna of Kamenka City (Pridnestrov'e). Bercut, 14 (2): 163–172. (in Russian, with English summary)
14. Тищенко А.А., Алексеева О.С. 2003. Гнездовая орнитофауна кладбищ и парков Тирасполя. Беркут, 12 (1–2): 21–31.
Tischenkov A.A., Alekseeva O.S. 2003. A Nesting Avifauna of Cemeteries and Parks in Tiraspol'. Bercut, 12 (1–2): 21–31. (in Russian, with English summary)
15. Чаплыгина А.В., Кривицкий И.А. 1996. Рябинник в условиях трансформированных ландшафтов Харьковской области. Беркут, 5 (2): 158–162.
Tchaplygina A.V., Krivitsky I.A. 1996. Fieldfare in a Transformed Landscape of Kharkiv Region. Bercut, 5 (2): 158–162. (in Russian, with English summary)
16. IOC World Bird List v 4.2 by Frank Gill & David Donsker (Eds) Updated 15-Apr-2014 is Available at: <http://www.worldbirdnames.org>
Tomialojc L. 1980. Bird census work and nature conservation. Ed. Oelke H. Göttingen: 92–106.



УДК 591.54:591.521:598.813

**СРОКИ ВЕСЕННЕГО ПРИЛЕТА ПТИЦ В ВОРОНЕЖСКОМ ЗАПОВЕДНИКЕ
НА ФОНЕ ДЛИТЕЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ**
**SPRING ARRIVAL DATES OF BIRDS IN THE VORONEZH RESERVE AGAINST
THE BACKGROUND OF LONG-TERM CLIMATE CHANGE**

П.Д. Венгеров
P.D. Vengerov

Воронежский государственный педагогический университет, Россия, 394043, г. Воронеж, ул. Ленина, 86
Voronezh State Pedagogical University, 86 Lenin St, Voronezh, 394043, Russia

E-mail: pvengerov@yandex.ru

Ключевые слова: изменения климата, сроки весеннего прилета птиц.
Key words: climate change, spring arrival dates of birds.

Аннотация. Изучали влияние изменений климата на сроки прилета у 25 видов птиц в Воронежском заповеднике (географические координаты 50°21'–52°02' северной широты и 39°21'–39°47' восточной долготы) за период с 1936 по 2013 гг. Существует достоверный тренд роста температуры воздуха в марте и апреле. Прилет ближних и многих дальних мигрантов тесно связан с состоянием погоды. Коэффициент корреляции между средней температурой марта и датой прилета для разных видов в среднем составляет -0.7 ± 0.03 ; для апреля он снижается до -0.4 ± 0.03 . Достоверные отрицательные линейные тренды дат прилета обнаружены у девяти видов: *Buteo buteo*, *Apus apus*, *Motacilla alba*, *Oriolus oriolus*, *Corvus frugilegus*, *Sylvia atricapilla*, *Phylloscopus collybita*, *Ficedula parva*, *Turdus merula*. У них средние даты весеннего прилета сместились на величину от двух до 20 дней. У остальных видов тренды также в основном отрицательные, но статистически недостоверные. Изменения весенней температуры и дат прилета происходят на фоне сильных межгодовых колебаний. Общим направлением в динамике дат весеннего прилета является их смещение на более ранние сроки.

Resume. The effect of climate change on arrival dates of 25 species of birds was studied in the Voronezh Reserve (geographical coordinates: 50°21'–52°02' north latitude and 39°21'–39°47' east longitude) for the period from 1936 to 2013. The presence of linear trends was determined by the regression analysis. Spring arrival of most species of birds occur in the second half of March and April. There is a significant growth trend in air temperature in March and April. The average temperature of March in 1932–1960 was $-4.5 \pm 0.4^\circ\text{C}$, in 1991–2013 – -1.6 ± 0.6 ; the average temperature of April, respectively, 6.0 ± 0.4 and 7.4 ± 0.5 . The timing of arrival of short-distance and many long-distance migrants is closely related to the weather conditions. In warm springs birds arrive 15–37 days earlier than in cold springs. The earliest dates of arrival often occur during the peaks of warm and dry phases of climate cycles: *Sturnus vulgaris* – March 1, 1966; *Fringilla coelebs* – March 9, 1966 and 2008; *Motacilla alba* – March 16, 2013; *Turdus philomelos* – March 17, 2008; *Hirundo rustica* – April 7, 1968; *Cuculus canorus* – April 11, 1975; *Ficedula parva* – April 21, 2010; *Apus apus* – April 29, 2008. The correlation coefficient between the mean temperature of March and the date of arrival of different species on the average is -0.7 ± 0.03 ; for April, it drops to -0.4 ± 0.03 . Significant negative linear trends of arrival dates are found in nine species: *Buteo buteo*, *Apus apus*, *Motacilla alba*, *Oriolus oriolus*, *Corvus frugilegus*, *Sylvia atricapilla*, *Phylloscopus collybita*, *Ficedula parva*, *Turdus merula*. Their average spring arrival dates are shifted by the amount of 2 (*Oriolus oriolus*) to 20 (*Buteo buteo*) days. The trends of other species are also mostly negative but statistically insignificant. The greatest influence on the timing of spring arrival has the approximation of wintering sites, which is the case with *Buteo buteo*. Changes in temperature and spring arrival dates occur against the background of strong interannual fluctuations. The general direction of the dynamics of the spring arrival dates is their change to earlier dates.

Введение

Одним из важных компонентов экосистем, реагирующих на изменения климата, являются птицы. Это обусловлено их подвижными территориальными связями и сложным приспособительным поведением. Интерес к изучению птиц в данном аспекте существует давно, но он существенно усилился в конце прошлого и начале нынешнего веков, когда тенденции в сторону потепления климата в Северном полушарии приобрели выраженный характер. В ответ на потепление у ряда видов птиц границы ареалов сдвинулись к северу, изменились сроки весенней и реже осенней миграции, сроки размножения и места зимовок.

Особенно заметными стали изменения в сроках весеннего прилета и пролета птиц, однако они оказались неоднозначными у разных видов, в том числе близких систематически и по экологическим свойствам, что свидетельствует о сложности происходящих процессов [Соколов и др., 1999б; Венгеров и др., 2001; Sokolov, Kosarev, 2003; Ананин, 2006 и др.]. Степень изменений погодно-климатических параметров неодинакова в зависимости от широты и долготы

местности, что послужило одной из основных причин пространственных различий в реакции птиц на изменения климата [Минин, Гутников, 2000; Гордиенко, Соколов, 2006; Vom, Schutt, 2006; и др.]. Эти явления требуют дальнейшего изучения, поскольку сроки весеннего прилета и размножения птиц во многом отражают сезонное развитие экосистем в целом [Фесенко и др., 1996; Венгер, 2011].

В данной работе сделан анализ сроков весеннего прилета птиц в Воронежском заповеднике за период с 1936 по 2013 г. В качестве факторов, влияющих на сроки миграции, рассматриваются погодно-климатические параметры весенних месяцев и циклические колебания климата разного масштаба.

Материал и методика

Выявление долговременных тенденций в фенологических явлениях птиц возможно только при длительных наблюдениях в одном и том же месте с использованием единой методики. Этим требованиям в значительной мере отвечают исследования, проводимые в заповедниках по программе Летопись природы. В Воронежском заповеднике (географические координаты находятся в пределах $50^{\circ}21' - 52^{\circ}02'$ северной широты и $39^{\circ}21' - 39^{\circ}47'$ восточной долготы) наблюдения за весенним прилетом птиц ведутся с 1936 г. В разное время в них принимали участие множество сотрудников научного отдела и охраны территории, участие автора – с 1985 г. С 1932 г. в заповеднике функционирует метеостанция, где регистрируют основные погодно-климатические параметры.

Многолетняя динамика сроков весеннего прилета проанализирована у 25 видов птиц, из них у 10 видов, зимующих преимущественно в Европе и на Ближнем Востоке (ближние мигранты), 12 видов, зимующих в Африке, и у двух видов, зимующих в Индии и Юго-Восточной Азии (дальние мигранты). В зависимости от вида, длительность рядов наблюдений составляет 29 до 77 лет, в среднем, 57 лет. В качестве регистрируемого параметра прилета использовали дату первой весенней встречи или первой брачной песни (крика). Календарные даты переведены в непрерывный ряд в соответствии с методикой фенологических исследований.

Из абиотических факторов, способных повлиять на сроки весенней миграции птиц, в расчеты включали сумму осадков, среднюю среднесуточную, среднюю минимальную и среднюю максимальную температуры воздуха в марте, апреле и первой декаде мая.

Статистическая обработка материала произведена стандартными параметрическими методами. Распределения дат прилета соответствуют нормальному (по критерию Хи-квадрат) или близки к нему. Связь между сроками прилета и погодно-климатическими параметрами оценивали с помощью коэффициента корреляции Пирсона. Наличие линейных трендов в динамике исследуемых параметров определяли с помощью регрессионного анализа. Достоверность коэффициента регрессии и различий между средними значениями дат прилета в различные промежутки времени установлена с помощью t-критерия Стьюдента. Для расчетов использовали компьютерную программу Microsoft Office Excel 2003 и пакет прикладных статистических программ STADIA.

Результаты и их обсуждение

Из изученных 25 видов птиц у 10 видов средняя дата прилета приходится на март или первую пятидневку апреля, это рано прилетающие птицы, все они являются ближними мигрантами. У 11 видов средняя дата прилета укладывается в период 6–30 апреля, это птицы со средними сроками прилета, и четыре вида прилетают в первой половине мая, они относятся к поздно прилетающим птицам. Виды двух последних групп являются преимущественно дальними мигрантами.

У рано прилетающих видов минимальные и максимальные даты прилета в многолетнем ряду наблюдений сильно различаются: от 26 дней у белой трясогузки (*Motacilla alba*) до 37 дней у краквы (*Anas platyrhynchos*) и грача (*Corvus frugilegus*), при среднем значении 32.6 ± 1.1 (табл. 1). Это означает, что в разные годы даты прилета изменяются, от начала или середины марта до начала или середины апреля. Столь большой диапазон обусловлен сильно изменчивыми погодными условиями марта. За период 1932–2013 г. этот месяц самым холодным был в 1942 г., когда средняя среднесуточная температура воздуха соответствовала январской (-10°C), а самый теплый – в 1990 г. ($+3.3^{\circ}\text{C}$). В раннюю и теплую весну птицы прилетают намного раньше, чем в годы с поздней и холодной весной. Так, в 1990 г. полевой жаворонок (*Alauda arvensis*) прилетел 3 марта, а в 1942 г. – 26 марта; обыкновенный скворец (*Sturnus vulgaris*) соответственно 9 марта и 5 апреля; зяблик (*Fringilla coelebs*) – 13 марта и 7 апреля. Коэффициент корреляции между датой прилета и средней среднесуточной температурой марта у видов данной группы (табл.1) изменяется от -0.5 ($p < 0.05$) у белой трясогузки до



-0.8 ($p < 0.01$) у полевого жаворонка (среднее значение – -0.7 ± 0.03). Примерно такая же связь наблюдается со средними минимальными и максимальными температурами. Корреляция между датами прилета и суммой осадков отсутствует.

Таблица 1
Table 1

Статистическая характеристика сроков весеннего прилета птиц
Statistical analysis of the timing of spring arrival of birds

Виды птиц	Min–Max	X	Sx	R
Рано прилетающие виды				
<i>Anas platyrhynchos</i>	8.III–14.IV	25.III \pm 0.9	7.8	-0.7 **
<i>Vanellus vanellus</i>	9.III–11.IV	25.III \pm 1.3	8.3	-0.7 **
<i>Scolopax rusticola</i>	14.III–15.IV	2.IV \pm 1.0	7.0	-0.7 **
<i>Alauda arvensis</i>	3.III–6.IV	19.III \pm 0.8	7.4	-0.8 **
<i>Motacilla alba</i>	16.III–11.IV	28.III \pm 0.6	5.3	-0.5 *
<i>Sturnus vulgaris</i>	1.III–5.IV	20.III \pm 0.9	7.5	-0.5 **
<i>Corvus frugilegus</i>	21.II–29.III	11.III \pm 0.9	8.0	-0.7 **
<i>Turdus merula</i>	14.III–17.IV	1.IV \pm 1.1	7.8	-0.7 **
<i>Turdus philomelos</i>	17.III–15.IV	1.IV \pm 0.8	6.2	-0.7 **
<i>Fringilla coelebs</i>	9.III–7.IV	24.III \pm 0.8	7.1	-0.6 **
Виды, прилетающие в средние сроки				
<i>Milvus migrans</i>	28.III–27.IV	8.IV \pm 0.9	6.5	-0.4 **
<i>Buteo buteo</i>	16.III–20.IV	7.IV \pm 1.4	8.7	-0.4 *
<i>Cuculus canorus</i>	11.IV–2.V	23.IV \pm 0.4	3.8	-0.4 **
<i>Upupa epops</i>	1.IV–24.IV	15.IV \pm 0.7	5.6	-0.6 **
<i>Jynx torquilla</i>	4.IV–29.IV	18.IV \pm 0.9	5.6	-0.4 *
<i>Hirundo rustica</i>	7.IV–29.IV	18.IV \pm 0.6	5.0	-0.3 *
<i>Sylvia atricapilla</i>	21.IV–13.V	30.IV \pm 1.0	6.0	-0.4 *
<i>Phylloscopus trochilus</i>	11.IV–4.V	21.IV \pm 1.1	5.9	-0.4 *
<i>Phylloscopus collybita</i>	29.III–23.IV	11.IV \pm 0.8	5.7	-0.7 **
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	12.IV–1.V	20.IV \pm 0.7	4.4	-0.5 **
<i>Luscinia luscinia</i>	19.IV–4.V	27.IV \pm 0.4	3.7	-0.5 **
Поздно прилетающие виды				
<i>Apus apus</i>	29.IV–31.V	13.V \pm 0.7	5.7	-0.3 *
<i>Oriolus oriolus</i>	29.IV–15.V	5.V \pm 0.4	3.0	0.04
<i>Ficedula parva</i>	21.IV–13.V	2.V \pm 1.2	5.9	-0.6 **
<i>Carpodacus erythrinus</i>	7.V–24.V	12.V \pm 0.7	3.7	-0.1

Примечание: Min–Max – минимальные и максимальные значения дат прилета; X – средняя арифметическая дата прилета; Sx – стандартное отклонение; R – коэффициент корреляции между датой прилета и средней среднесуточной температурой месяца прилета; *, ** – достоверность коэффициента корреляции, соответственно $p < 0.05$ и $p < 0.01$.

Обнаруженные явления в значительной степени распространяются и на виды птиц со средними сроками прилета, хотя они в целом не столь выражены. Здесь диапазон между наиболее ранними и поздними датами прилета составляет в среднем 23.8 ± 1.7 дня, при максимальном значении (36 дней) у канюка (*Buteo buteo*) и минимальном (15 дней) у обыкновенного соловья (*Luscinia luscinia*). Температурные условия апреля также изменчивы по годам и это довольно сильно сказывается на сроках прилета птиц. Самая низкая средняя температура апреля (1.9°C) за исследуемый период наблюдалась в 1996 г., а самая высокая (12.4°C) – в 1975 г. Первый брачный крик кукушки (*Cuculus canorus*) в 1975 г. услышали 11 апреля, а в 1996 г. – 24 апреля; вертишейки (*Jynx torquilla*) соответственно 7 и 20 апреля; первую песню обыкновенного соловья – 19 и 30 апреля. У всех видов присутствует достоверная отрицательная связь между датой прилета и средней среднесуточной температурой воздуха в апреле. Коэффициент корреляции изменяется от -0.3 ($p < 0.05$) у деревенской ласточки (*Hirundo rustica*) до -0.7 ($p < 0.01$) у пеночки-теньковки (*Phylloscopus collybita*), при среднем значении -0.4 ± 0.03 . Как видно, он на две ступени ниже, чем у рано прилетающих видов.

У птиц, появляющихся в первой половине мая, разница между крайними датами прилета по годам также большая, в среднем, 21.8 ± 1.8 дня, при минимальном значении (17 дней) у обыкновенной чечевички (*Carpodacus erythrinus*) и максимальном (32 дня) у черного стрижа (*Apus apus*). Однако корреляция со средней температурой воздуха в апреле (для малой мухоловки (*Ficedula parva*)) или в первой декаде мая (для оставшихся трех видов) не так однозначна. Довольно высокая достоверная ($p < 0.01$) отрицательная связь имеется у малой мухоловки

(−0.6), в два раза слабее, но также статистически значимая ($p < 0.05$) – у черного стрижа, а у обыкновенной чечевицы и обыкновенной иволги (*Oriolus oriolus*) она отсутствует. Очевидно, даты прилета двух последних видов мало зависят от температурных условий в местах гнездования.

Весенний прилет большинства видов птиц в районе Воронежского заповедника происходит во второй половине марта и в апреле. Естественно, что наибольшее влияние на даты прилета оказывают погодные условия именно этих месяцев. Они с течением времени не остаются постоянными. Анализ температуры воздуха за весь период метеонаблюдений в заповеднике свидетельствует о значимом ее повышении (табл. 2). Различия между средними значениями за период 1932–1960 гг. и 1991–2013 гг. статистически достоверны по всем параметрам температуры в марте ($p < 0.01$) и по средней среднесуточной и средней максимальной температуре в апреле ($p < 0.05$). Рост температур подтверждается статистически значимыми линейными трендами и эти тенденции в начале нынешнего века усиливаются [Венгеров и др., 2001; Сапельникова и др., 2012].

Таблица 2
Table 2

Динамика средних значений параметров температуры воздуха (°C) в Воронежском заповеднике в марте и апреле по периодам с 1932 по 2013 гг.
Dynamics of the average values of air temperature (°C) in the Voronezh Reserve in March and April for the period 1932 to 2013

Параметры температуры	1932–1960 гг.	1961–1990 гг.	1991–2013 гг.
Март, °C			
Среднемесячная	−4.5±0.4	−2.8±0.6	−1.6±0.6
Минимальная	−8.9±0.6	−7.0±0.7	−6.0±0.7
Максимальная	0.3±0.4	1.5±0.5	2.4±0.6
Апрель, °C			
Среднемесячная	6.0±0.4	7.0±0.5	7.4±0.5
Минимальная	1.7±0.5	1.4±0.5	1.9±0.4
Максимальная	11.6±0.5	12.9±0.6	13.3±0.5

Несмотря на это, а также на связь дат прилета большинства птиц с весенней температурой воздуха, достоверные линейные тренды динамики сроков прилета демонстрируют только девять из изученных 25 видов птиц (рис. 1–9). Во всех статистически значимых случаях тренды отрицательные, т. е. произошло смещение дат прилета на более ранние сроки. Из рано прилетающих видов (ближних мигрантов) это свойственно грачу, белой трясогузке и черному дрозду (*Turdus merula*), а из видов со средними и поздними сроками прилета – канюку, черноголовой славке (*Sylvia atricapilla*), пеночке-теньковке, черному стрижу, обыкновенной иволге и малой мухоловке. У остальных птиц тренды практически отсутствуют или они отрицательные, но статистически недостоверные. К ним относятся вальдшнеп (*Scolopax rusticola*), певчий дрозд (*Turdus philomelos*) и зяблик. Только у пеночки-веснички (*Phylloscopus trochilus*) наблюдается положительный тренд, но он также статистически не значим.

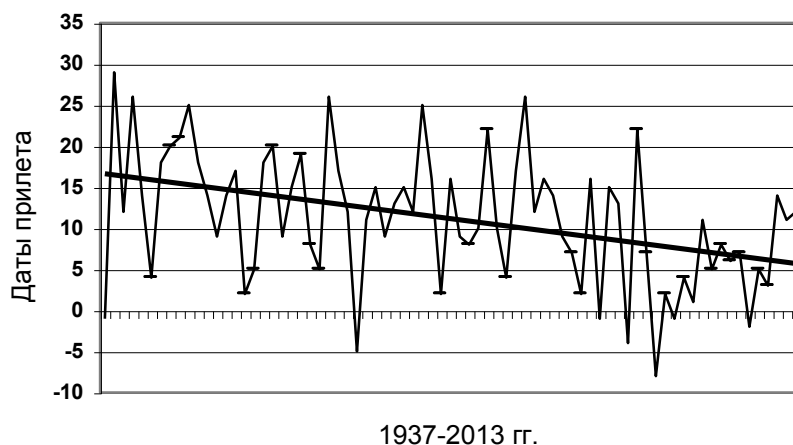


Рис. 1. Межгодовые колебания и тренд сроков весенней миграции у грача. $Y = -0.15x + 16.8$. $R^2 = 0.16$. Достоверность коэффициента линейной регрессии: $p < 0.01$
Fig. 1. Interannual variability and trends in the timing of spring migration of Rook. $Y = -0.15x + 16.8$. $R^2 = 0.16$. The accuracy of the linear regression coefficient: $p < 0.01$

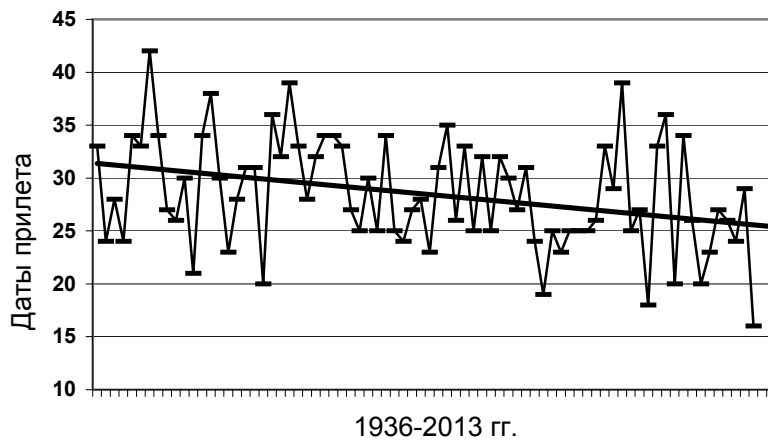


Рис. 2. Межгодовые колебания и тренд сроков весенней миграции у белой трясогузки. $Y = -0.08x + 31.5$. $R^2 = 0.1$. Достоверность коэффициента линейной регрессии: $p < 0.05$
 Fig. 2. Interannual variability and trends in the timing of spring migration of White Wagtail. $Y = -0.08x + 31.5$. $R^2 = 0.1$. The accuracy of the linear regression coefficient: $p < 0.05$

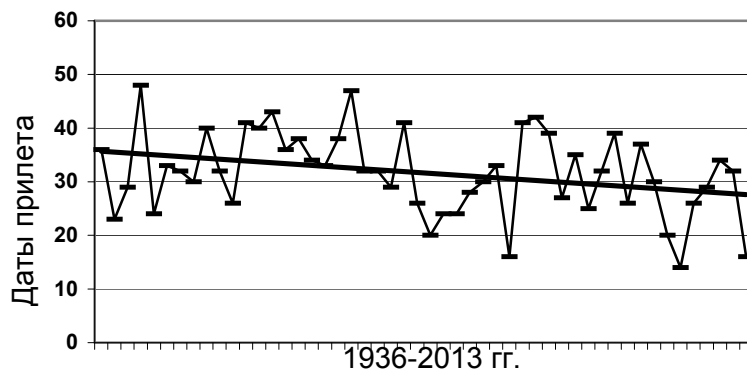


Рис. 3. Межгодовые колебания и тренд сроков весенней миграции у черного дрозда. $Y = -0.17x + 35.9$. $R^2 = 0.1$. Достоверность коэффициента линейной регрессии: $p < 0.05$
 Fig. 3. Interannual variability and trends in the timing of spring migration of Blackbird. $Y = -0.17x + 35.9$. $R^2 = 0.1$. The accuracy of the linear regression coefficient: $p < 0.05$

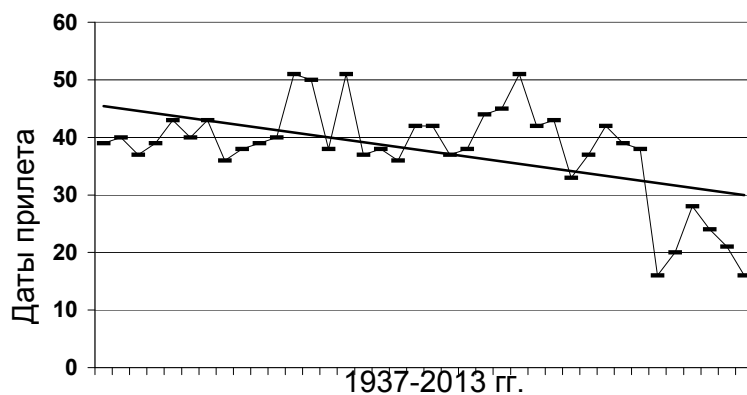


Рис. 4. Межгодовые колебания и тренд сроков весенней миграции у канюка. $Y = -0.4x + 45.8$. $R^2 = 0.28$. Достоверность коэффициента линейной регрессии: $p < 0.001$
 Fig. 4. Interannual variability and trends in the timing of spring migration of Buzzard. $Y = -0.4x + 45.8$. $R^2 = 0.28$. The accuracy of the linear regression coefficient: $p < 0.001$

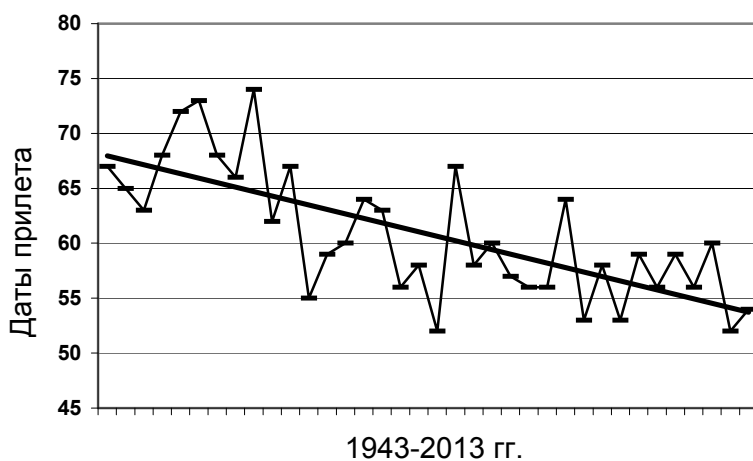


Рис. 5. Межгодовые колебания и тренд сроков весенней миграции у черноголовой славки. $Y = -0.41x + 68.3$. $R^2 = 0.51$. Достоверность коэффициента линейной регрессии: $p < 0.001$

Fig. 5. Interannual variability and trends in the timing of spring migration of Blackcap. $Y = -0.41x + 68.3$. $R^2 = 0.51$. The accuracy of the linear regression coefficient: $p < 0.001$

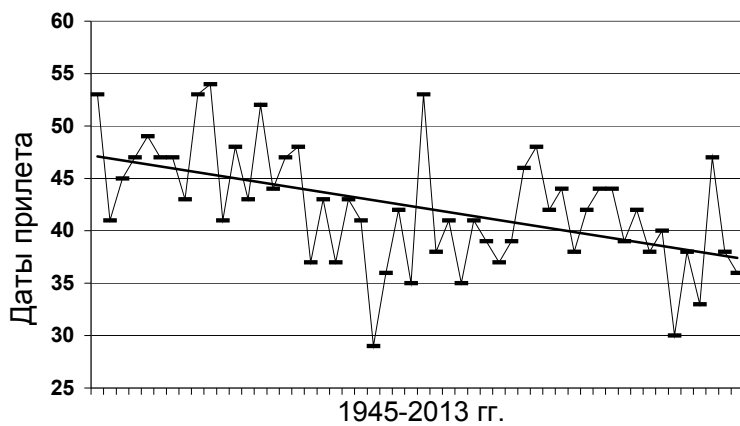


Рис. 6. Межгодовые колебания и тренд сроков весенней миграции у пеночки-теньковки. $Y = -0.19x + 47.3$. $R^2 = 0.25$. Достоверность коэффициента линейной регрессии: $p < 0.001$

Fig. 6. Interannual variability and trends in the timing of spring migration of Chiffchaff. $Y = -0.19x + 47.3$. $R^2 = 0.25$. The accuracy of the linear regression coefficient: $p < 0.001$

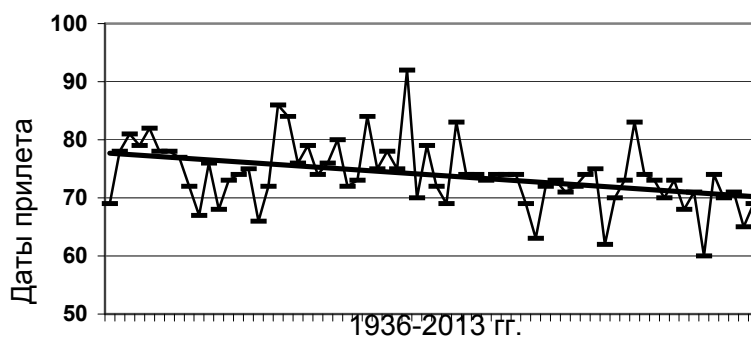


Рис. 7. Межгодовые колебания и тренд сроков весенней миграции у черного стрижа. $Y = -0.12x + 77.8$. $R^2 = 0.15$. Значимость коэффициента линейной регрессии: $p < 0.01$

Fig. 7. Interannual variability and trends in the timing of spring migration of Swift. $Y = -0.12x + 77.8$. $R^2 = 0.15$. The accuracy of the linear regression coefficient: $p < 0.01$

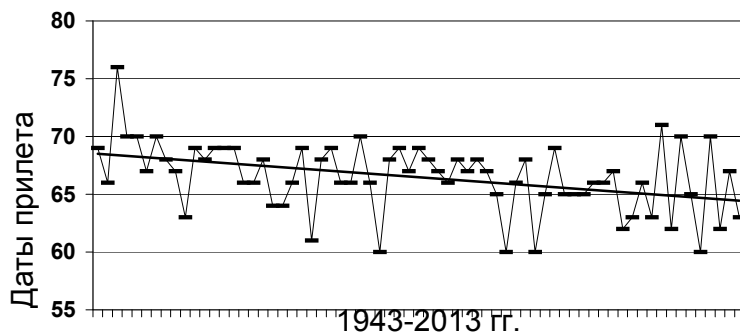


Рис. 8. Межгодовые колебания и тренд сроков весенней миграции у обыкновенной иволги. $Y = -0.06x + 68.6$. $R^2 = 0.16$. Достоверность коэффициента линейной регрессии: $p < 0.01$

Fig. 8. Interannual variability and trends in the timing of spring migration of Golden Oriole. $Y = -0.06x + 68.6$. $R^2 = 0.16$. The accuracy of the linear regression coefficient: $p < 0.01$

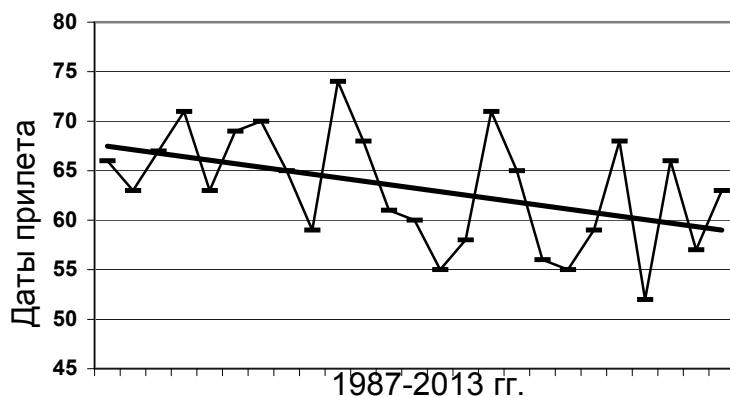


Рис. 9. Межгодовые колебания и тренд сроков весенней миграции у малой мухоловки. $Y = -0.35x + 67.8$. $R^2 = 0.2$. Достоверность коэффициента линейной регрессии: $p < 0.05$

Fig. 9. Interannual variability and trends in the timing of spring migration of Red-breasted Flycatcher. $Y = -0.35x + 67.8$. $R^2 = 0.2$. The accuracy of the linear regression coefficient: $p < 0.05$



У большинства видов с наличием отрицательного тренда имеющиеся ряды наблюдений позволяют сравнить средние даты прилета между определенными длительными периодами. В качестве таковых мы выделили 1936–1972 (1-й период) и 1973–2013 гг. (2-й период). Они примерно соответствуют второму и третьему внутривековому климатическому циклу Евразии (рис. 10). У различных видов разница между средними датами прилета по выделенным периодам (табл. 3) составляет от двух (обыкновенная иволга) до шести дней (пеночка-теньковка и черный дрозд), во всех случаях она статистически достоверна ($p < 0.05 - 0.001$). У малой мухоловки оказалось возможным вычислить разницу между 1987–1999 и 2000–2013 гг., она составила шесть дней ($p < 0.05$); у черноголовой славки – между 1943–1970 и 1989–2013 гг., разница достигла 10 дней ($p < 0.001$).

Таблица 3
Table 3

Средние значения дат весеннего прилета по периодам
The average values of the spring arrival dates for different periods

Виды птиц	Средняя дата прилета		X ₁ -X ₂
	1-й период (X ₁)	2-й период (X ₂)	
<i>Apus apus</i>	15.V±0.9 (1936–1972) (n=29)	11.V±0.9 (1973–2013) (n=37)	4 **
<i>Motacilla alba</i>	30.III±0.8 (1936–1972) (n=37)	27.III±0.8 (1973–2013) (n=39)	3 *
<i>Oriolus oriolus</i>	7.V±0.5 (1936–1972) (n=29)	5.V±0.5 (1973–2013) (n=38)	2 *
<i>Corvus frugilegus</i>	14.III±1.3 (1936–1972) (n=34)	9.III±1.2 (1973–2013) (n=41)	5 *
<i>Sylvia atricapilla</i>	7.V±1.2 (1943–1970) (n=11)	27.IV±0.8 (1989–2013) (n=25)	10 ***
<i>Phylloscopus collybita</i>	15.IV±1.1 (1936–1972) (n=19)	9.IV±0.9 (1973–2013) (n=33)	6 ***
<i>Ficedula parva</i>	5.V±1.3 (1987–1999) (n=13)	29.IV±1.7 (2000–2013) (n=12)	6 *
<i>Turdus merula</i>	4.IV±1.5 (1936–1972) (n=21)	29.III±1.4 (1973–2013) (n=29)	6 **
<i>Buteo buteo</i>	10.IV±0.8 (1937–2006) (n=32)	21.III±1.9 (2007–2013) (n=6)	20 ***

Примечание: X₁-X₂ – разница средних значений между двумя периодами в днях; n – число лет регистрации; *, **, *** – достоверность различий между средними, соответственно $p < 0.05$; $p < 0.01$; $p < 0.001$.

Отдельного рассмотрения заслуживает ситуация с изменениями дат прилета у канюка. С 1937 по 2006 г. он появлялся весной в среднем 10 апреля, тренд в динамике дат прилета отсутствовал. С 2007 г. весенний прилет этого вида в заповеднике стали регистрировать в последней декаде марта или даже в середине этого месяца. В результате средняя дата прилета сместилась на 20 дней и приходится сейчас на 21 марта.

По сравнению с результатами предыдущего анализа сроков весеннего прилета птиц в Воронежском заповеднике, в который попали 14 видов [Венгеров и др., 2001], отрицательные тренды усилились у грача, белой трясогузки, обыкновенной иволги и черного стрижа, но ослабли, вплоть до утраты статистической значимости, у деревенской ласточки, обыкновенного соловья и обыкновенной кукушки. Последнее свидетельствует о цикличности и обратимом характере выявленных изменений, что связано, в первую очередь, с их малой величиной. Сильного смещения дат прилета у большинства видов пока не произошло.

Известно, что на сроки весенней миграции птиц в конкретном году оказывает влияние состояние погоды в местах зимовок, на пролетном пути и в местах гнездования [Артемов, 2002; Sokolov, Kosarev, 2003; Ahola et al., 2004; Гордиенко, Соколов, 2006; Huppert, Winkel, 2006; Saino, Ambrosini, 2008]. Для ближних и отчасти дальних мигрантов названные три фактора часто взаимосвязаны, поскольку определенный характер погоды той или иной весной устанавливается на большом пространстве Северного полушария. Он зависит от индекса Северо-Атлантического Колебания (САК) и отражает разницу атмосферного давления в районе Азорских островов и Исландии. При положительных значениях индекса наблюдается зональный перенос теплых воздушных масс с Атлантического океана зимой и в начале весны, который приводит к росту температуры воздуха и уровня осадков в Северной Европе. При отрицательных значениях индекса ситуация изменяется на противоположную. Для ряда видов птиц, относящихся как к ближним, так и дальним мигрантам, установлена достоверная отрицательная связь между индексом САК в феврале-марте и сроками весенней миграции в Балтийском регионе [Sokolov, Kosarev, 2003; Stervander et al., 2005; Соколов, 2006]. Для дальних мигрантов, зимующих в Африке, на сроки старта и скорость перелета может влиять уровень осадков в засушливых местах зимовок и пролета, обуславливающий обилие пищи и соответственно накопление жира птицами [Соколов, 2006].

Перечисленными причинами в основном объясняется межгодовая динамика сроков прилета птиц в Воронежском заповеднике. У большинства ближних мигрантов прилет обычно

начинается с приходом теплого циклона с Атлантики в марте, прерывается с возвратом холодов, потом вновь возобновляется. Теплый апрель также во многом обязан переносу теплых воздушных масс с юго-запада и запада, что способствует раннему прилету птиц. В первой половине мая, времени прилета дальних мигрантов, часто устанавливается стабильная теплая погода, и большинство видов из года в год появляются примерно в одни и те же сроки. Однако и здесь связь с внешними условиями не исчезает, особенно у специализированных в трофическом отношении птиц. Черные стрижи рано прилетают только при очень теплой погоде, когда высоко в воздухе много летающих мелких насекомых.

Обращает внимание, что многие виды птиц в районе исследования, как среди ближних, так и дальних мигрантов, еще не прореагировали на повышение температуры воздуха в марте и апреле. Сходная картина наблюдается и в ряде других регионов. В Подмоскowie не удалось выявить видимых изменений в сроках весеннего прилета птиц за последние 100 лет, что объясняется цикличностью климатических изменений и еще недостаточным уровнем роста температур [Гаврилов и др., 2006]. В целом в Европейской части России фенологические явления у птиц не проявляют четкую связь с потеплением климата [Минин, Гутников, 2000]. Не произошло существенного изменения в сроках прилета большинства изученных видов птиц на Урале в Ильменском заповеднике, поскольку здесь нет роста весенних температур воздуха [Гордиенко, Соколов, 2006].

Неоднозначная реакция птиц по обсуждаемому фенологическому явлению установлена в Сибири. В Северо-Восточном Прибайкалье достоверный отрицательный тренд весеннего прилета обнаружен у 51.8% изученных птиц, у других птиц он отсутствует, а у 27.8% тренд положительный [Ананин, 2006].

В странах Западной Европы, особенно ее северной части, в последние десятилетия произошли более сильные изменения в сроках весеннего прилета птиц. Например, в Швеции почти у всех из изученных в этом отношении 64 видов отмечены выраженные тенденции к более ранним срокам прилета. При этом у ближних мигрантов даты прилета сместились в среднем на 15 дней, а у дальних мигрантов – в среднем на 8 дней [Bom, Schutt, 2006].

Для более ясного понимания наблюдаемой динамики сроков весеннего прилета птиц необходимо учитывать как глобальные, так и региональные тенденции в изменении погодноклиматических параметров, происходящие на разных промежутках времени. С точки зрения теории о внутривековой и многовековой изменчивости климата и общей увлажненности материков Северного полушария, разработанной Э.А. Брикнером, А.И. Воейковым, А.В. Шнитниковым, а затем дополненную В.Г. Кривенко [Кривенко, 1991, 2004], в середине XIX века закончилась очередная прохладно-влажная и началась тепло-сухая климатическая эпоха 2000-летнего цикла, продолжающаяся и в настоящее время (см. рис. 10). В пределах этой эпохи развиваются вековые и внутривековые (Брикнеровские) климатические циклы как чередование прохладно-влажных и тепло-сухих периодов. Современная прохладно-влажная фаза климата внутривекового цикла, начавшаяся в 1978–1979 гг., закончилась в 2001–2005 гг. Ее сменила тепло-сухая фаза уже векового цикла, максимум которой, по прогнозу, придется на 2011–2015 гг., а окончание наступит в 2025–2028 гг.

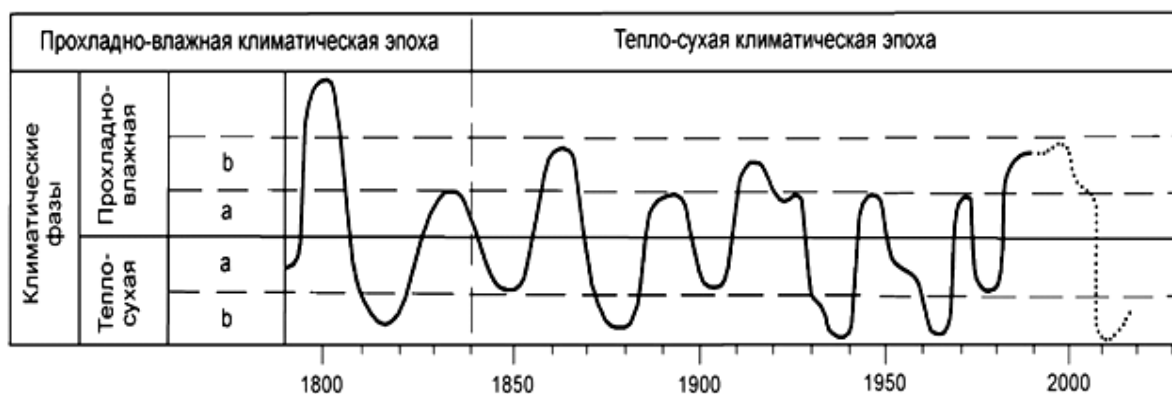


Рис. 10. Климатические циклы Евразии и прогноз их дальнейшего развития [Кривенко, 1991, 2004]

Fig. 10. Climatic cycles of Eurasia and forecast of their future development [Krivenko, 1991, 2004]

Исходя из существующих циклических колебаний климата, его долговременных и текущих тенденций, становится в общем понятной картина динамики сроков весеннего прилета



и других фенологических явлений у птиц. Развитие тепло-сухой климатической эпохи обуславливает постепенное смещение дат весеннего прилета на более ранние сроки, которое может наиболее наглядно проявляться при совпадении направленности циклов разного масштаба. Так, в Балтийском регионе на протяжении 1959–1996 гг. у птиц, мигрирующих в апреле, выделяются два десятилетия (60-е и 80-е гг.) с преобладанием ранних дат весеннего прилета и два десятилетия (70-е и 90-е гг.) с более поздним прилетом [Соколов и др., 1999а]. Как видно на рис. 10, 60-е годы соответствуют сильно выраженной тепло-сухой фазе второго внутривекового климатического цикла, а 90-е – пику прохладно-влажной фазы третьего климатического цикла. 70-е и 80-е годы характеризуются сильной межгодовой изменчивостью погодно-климатических параметров.

В Воронежском заповеднике средние даты прилета ближних мигрантов на пике прохладно-влажной фазы (1941–1950 гг.) заняли пределы с 17 марта по 6 апреля, а на пике тепло-сухой фазы (1960–1968 гг.) – с 12 по 30 марта; на следующем пике прохладно-влажной фазы (1985–2005 гг.) – с 7 марта по 1 апреля, а тепло-сухой фазы (2007–2013 гг.) – с 7 по 29 марта. Наиболее ранние (рекордные) даты прилета птиц чаще приходятся на пики тепло-сухих фаз: у обыкновенного скворца – 1 марта 1966 г.; зяблика – 9 марта 1966 и 2008 гг.; белой трясогузки – 16 марта 2013 г.; певчего дрозда – 17 марта 2008 г.; деревенской ласточки – 7 апреля 1968 г.; обыкновенной кукушки – 11 апреля 1975 г. (пик тепло-сухой фазы третьего внутривекового цикла); малой мухоловки – 21 апреля 2010 г.; черного стрижа 29 апреля 2008 г. и др. Однако очень ранний прилет ряда видов птиц может происходить и во время пиков прохладно-влажных фаз климатических циклов, поскольку они сопровождаются усилением циклонической деятельности, которая обуславливает приход весны в умеренные широты. Так минимальная дата прилета у грача отмечена 21 февраля 1998 г.; полевого жаворонка – 3 марта 1990 и 1995 гг.; зяблика – 9 марта 1995 г. и др. Здесь конкретные даты прилета зависят от сочетания целого ряда факторов: календарного времени прохождения циклона, его мощности и продолжительности, температуры воздуха и иных характеристик.

Заметный отпечаток на сроки прилета накладывают специфические экологические свойства отдельных видов, которые не всегда поддаются учету. Имеет значение и численность вида, которая, как известно, может подвергаться сильным колебаниям во времени. Ранее обыкновенный скворец был многочислен в населенных пунктах и в естественных местообитаниях. До начала 90-х гг. XX века почти все развешенные скворечники, как правило, занимались этим видом. Например, в 1981 г. на Центральной усадьбе Воронежского заповедника в скворечниках размножались 48 пар скворцов. Начиная с 1990 г., численность гнездящихся здесь птиц резко пошла на убыль. В 1991 г. был занят всего один скворечник, а в 1992 г. – ни одного, и такая ситуация сохраняется и в настоящее время. Она свойственна подавляющему большинству населенных пунктов в Воронежской области.

Снижение численности популяции обыкновенного скворца в отношении сроков весеннего прилета может приводить минимум к трем последствиям. Первое – это трудность регистрации прилета вида по причине его малочисленности в населенных пунктах. Второй аспект может быть связан со снижением генетической изменчивости в малочисленной популяции, в том числе по признаку сроков миграции. Рано мигрирующих по своим наследственным свойствам птиц попросту не стало. Наконец, ранний прилет при высокой численности давал преимущества в конкуренции за места гнездования, в чем необходимость отпала. В результате, начиная с 1990-х гг., даты прилета обыкновенного скворца начали смещаться на более поздние сроки, и наметившийся ранее их отрицательный тренд полностью выровнялся.

Наибольшее влияние на сроки весеннего прилета оказывает приближение мест зимовок, что и произошло у канюка. В конце прошлого и начале нынешнего веков в европейской России и на Украине начали регистрировать более ранний прилет канюков весной и зимовку части птиц в местах гнездования [Белик, 2004; Морозов и др., 2006; Шаповал, 2013]. Очевидно, это явление наблюдается и в районе Воронежского заповедника. Ранний прилет канюков весной здесь также связан со смещением мест зимовок к северу. В 2011 г. наиболее поздняя осенняя регистрация данного вида в окрестностях заповедника относится к 26 октября. Зимующие особи впервые отмечены в окрестностях заповедника в феврале 2013 г. Возможно, канюки зимовали здесь и в некоторые предыдущие годы, но остались незамеченными.

Заключение

В Воронежском заповеднике существует достоверный тренд роста температуры воздуха в марте и апреле, в течение которых происходит прилет большинства видов птиц. Рост температур наблюдается на фоне их сильных межгодовых колебаний, обусловленных климатическими циклами разного масштаба. Прилет ближних и многих дальних мигрантов достаточно



тесно связан с характером погоды в местах гнездования и, по литературным данным, на пролетном пути и в местах зимовок.

Межгодовые вариации весенних температур обуславливают соответствующую изменчивость сроков прилета птиц и разнонаправленность трендов на относительно коротких промежутках времени. Это является одной из основных причин отсутствия отрицательных трендов дат прилета у многих видов птиц. Вместе с тем у ряда видов такие тренды хорошо выражены и имеют тенденцию к усилению. Общим направлением в изменениях дат весенней миграции является их смещение на более ранние сроки. Судя по прогнозам в направленности циклических колебаний климата, эта тенденция сохранится еще длительное время.

Список литературы References

1. Ананин А.А. 2006. Влияние погодно-климатических изменений на сроки прилета и гнездовую плотность массовых видов птиц Баргузинского заповедника (Северо-Восточное Прибайкалье). В кн.: Современные проблемы орнитологии Сибири и Центральной Азии. Улан-Удэ: 6–8.

Ananin A.A. 2006. The influence of climate change on the dates of arrival and nesting density of most numerous species of birds in Barguzinsky Reserve (North-Eastern Baikal). In: *Sovremennye problemy ornitologii Sibiri i Tsentral'noy Azii* [Modern problems of ornithology of Siberia and Central Asia]. Ulan-Ude: 6–8. (in Russian)

2. Артемьев А.В. 2002. Влияние погоды на биологию гнездования мухоловки-пеструшки, *Ficedula hypoleuca* (Passeriformes, Muscicapidae), в Карелии. Зоологический журнал, 81 (7): 841–849.

Artem'ev A.V. 2002. Effects of weather on nesting biology of the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* (Passeriformes, Muscicapidae) in Karelia. *Zoologicheskii zhurnal* [Russian Journal of Zoology], 81 (7): 841–849. (in Russian, with English summary)

3. Белик В.П. 2004. К вопросу о таксономическом статусе обыкновенного канюка, гнездящегося в Украине. Беркут, 13 (2): 303–306.

Belik V.P. 2004. On the question of the taxonomic status of Buzzard breeding in Ukraine. *Berkut*, 13 (2): 303–306. (in Russian)

4. Венгеров П.Д. 2011. Влияние изменений климата на сроки прилета и размножения певчего дрозда (*Turdus philomelos*) и зяблика (*Fringilla coelebs*) в Воронежском заповеднике. Успехи современной биологии, 131 (4): 416–424.

Vengerov P.D. 2011. Terms of Arrival and Breeding of Mavis (*Turdus philomelos*) and the Finches (*Fringilla coelebs*) in Voronezh Reserve. *Uspekhi sovremennoy biologii*, 131 (4): 416–424. (in Russian, with English summary)

5. Венгеров П.Д., Сапельникова И.И., Базильская И.В., Масалькин А.И. 2001. Климатические изменения и вызываемые ими прямые и косвенные эффекты в Воронежском заповеднике. В кн.: Влияние изменений климата на экосистемы. М., Русский университет: 39–47.

Vengerov P.D., Sapelnikova I.I., Bazil'skaya I.V., Masalykin A.I. 2001. The climate change and its direct and indirect effects in the Voronezh Reserve. In: *Vliyanie izmeneniy klimata na ekosistemy* [Impact of climate change on ecosystems]. Moscow, Russkiy universitet: 39–47. (in Russian)

6. Гаврилов В.В., Горещкая М.Я., Веселовская Е.О. 2006. Сроки первого появления некоторых воробьиных птиц в западном Подмосковье в 2000–2005 гг. по данным отловов. В кн.: Орнитология. Вып. 33. М., МГУ: 195–199.

Gavrilov V.V., Goretskaia M.Ya., Veselovskaia E.O. 2006. First catching dates of some passerine birds in western Moscow Region, Russia, in 2000–2005. In: *Ornitologiya. Vyp. 33* [Ornithologia. Vol. 33]. Moscow, Moskovskiy gosudarstvennyy universitet: 195–199. (in Russian)

7. Гордиенко Н.С., Соколов Л.В. 2006. Долговременные изменения сроков прилета птиц в Ильменский заповедник. Известия Челябинского научного центра, (3): 82–86.

Gordienko N.S., Sokolov L.V. 2006. Long-term changes in the timing of arrival of birds in Ilmen Reserve. *Izvestiya Chelyabinskogo nauchnogo tsentra*, (3): 82–86. (in Russian)

8. Кривенко В.Г. 1991. Водоплавающие птицы и их охрана. М., Агропромиздат, 271.

Krivenko V.G. 1991. *Vodoplavayushchie ptitsy i ikh okhrana* [Waterfowl and their protection]. Moscow, Agropromizdat, 271. (in Russian)

9. Кривенко В.Г. 2004. Концепция природной циклики и некоторые задачи хозяйственных стратегий России. Электронный ресурс. URL: www.biodat.ru/doc/lib/klimat.htm (01 февраля 2004).

Krivenko V.G. 2004. *Kontseptsiya prirodnoy tsikliki i nekotorye zadachi khozyaystvennykh strategiy Rossii* [The concept of natural cycles and some goals of the economic strategies of Russia]. Available at: www.biodat.ru/doc/lib/klimat.htm (accessed 01 February 2004). (in Russian)

10. Минин А.А., Гутников В.А. 2000. Феноиндикация современных вариаций климата в Европейской части России на примере некоторых лесообразователей и птиц. Лесоведение, (2): 68–71.

Minin A.A., Gutnikov V.A. 2000. Fenological indication of modern climate variations in the European part of Russia at the example of some forest-forming species and birds. *Lesovedenie*, (2): 68–71. (in Russian)

11. Морозов Н.С., Захаров Р.А., Шариков А.В. 2006. Зимние встречи канюка на юго-западе Подмосковья. В кн.: Орнитология. Вып. 33. М., МГУ: 212–216.



Morozov N.S., Zakharov R.A., Sharikov A.V. 2006. Winter records of the Common Buzzard (*Buteo buteo*) in the south-west of the Moscow Region. *In: Ornitologiya. Vyp. 33* [Ornithologia. Vol. 33]. Moscow, Moskovskiy gosudarstvennyy universitet: 212–216. (in Russian)

12. Сапельникова И.И., Базильская И.В., Грибкова А.С. 2012. Некоторые факты потепления весенних сезонов в Воронежском заповеднике. *В кн.: Труды Воронежского государственного заповедника. Вып. XXVI. Воронеж, Биомик-Актив: 7–16.*

Sapelnikova I.I., Bazil'skaya I.V., Gribkova A.S. 2012. Some facts of spring warming in the Voronezh Reserve. *In: Trudy Voronezhskogo gosudarstvennogo zapovednika. Vyp. XXVI* [Proceedings of the Voronezh State Reserve. Vol. XXVI]. Voronezh, Biomik-Aktiv: 7–16. (in Russian)

13. Соколов Л.В. 2006. Влияние глобального потепления климата на сроки миграции и гнездования воробьиных птиц в XX веке. *Зоологический журнал*, 85 (3): 317–341.

Sokolov L.V. 2006. The influence of global warming on timing of migration and breeding of passerine bird in the twentieth century. *Zoologicheskij zhurnal* [Russian Journal of Zoology], 85 (3): 317–341. (in Russian, with English summary)

14. Соколов Л.В., Марковец М.Ю., Шаповал А.П., Морозов Ю.Г. 1999а. Долговременный мониторинг сроков весенней миграции у воробьиных птиц на Куршской косе Балтийского моря. 1. Динамика сроков миграции. *Зоологический журнал*, 78 (6): 709–717.

Sokolov L.V., Markovets M.Yu., Shapoval A.P., Morozov Yu.G. 1999a. Long-term monitoring of spring migration time in passerines in the Courish Spit (the Baltic Sea). 1. Dynamics of migration terms. *Zoologicheskij zhurnal* [Russian Journal of Zoology], 78 (6): 709–717. (in Russian, with English summary)

15. Соколов Л.В., Марковец М.Ю., Шаповал А.П., Морозов Ю.Г. 1999б. Долговременный мониторинг сроков весенней миграции у воробьиных птиц на Куршской косе Балтийского моря. 2. Влияние температурного фактора на сроки миграции. *Зоологический журнал*, 78 (9): 1102–1109.

Sokolov L.V., Markovets M.Yu., Shapoval A.P., Morozov Yu.G. 1999b. Long-term monitoring of spring migration time in passerines in the Courish Spit (the Baltic Sea). 2. Influence of temperature on migration terms. *Zoologicheskij zhurnal* [Russian Journal of Zoology], 78 (9): 1102–1109. (in Russian, with English summary)

16. Фесенко Г.В., Михалевич О.А., Кныш Н.П. 1996. Соответствуют ли сроки весеннего прилета птиц сезонному развитию экосистем? *Вестник зоологии*, (4–5): 36–45.

Fesenko G.V., Michalevic O.A., Knish N.P. 1996. Do the dates of spring arrival of birds correspond with the seasonal development of ecosystems? *Vestnik zoologii*, (4–5): 36–45. (in Russian, with English summary)

17. Шаповал А.П. 2013. Зимние встречи хищных птиц в западной части Полтавской области. *Русский орнитологический журнал*, 22 (866): 922–925.

Shapoval A.P. 2013. Winter encounters with birds of prey in the western part of the Poltava region. *Russkiy ornitologicheskij zhurnal*, 22 (866): 922–925. (in Russian)

18. Ahola M., Laaksonen T., Sippola K., Eeva T., Rainio K., Lehikoinen E. 2004. Variation in climate warming along the migration route uncouples arrival and breeding dates. *Global Change Biology*, 10 (9): 1610–1617.

19. Bom E., Schutt L. 2006. En langtidsstudie (1938–2004) av flyttgaglarnas ankomst till mellersta Varm-land. *Ornis svecica*, 16 (3): 95–111.

20. Huppert O., Winkel W. 2006. Climate change and timing of spring migration in the long-distance migrant *Ficedula hypoleuca* in central Europe: The role of spatially different temperature changes along migration routes. *Journal of Ornithology*, 147 (2): 344–353.

21. Saino N., Ambrosini R. 2008. Climatic connectivity between Africa and Europe may serve as a basis for phenotypic adjustment of migration schedules of trans-Saharan migratory birds. *Global Change Biology*, 14 (2): 250–263.

22. Sokolov L.V., Kosarev V.V. 2003. Relationship between timing of arrival of passerines to the Courish Spit and North Atlantic Oscillation index (NAOI) and precipitation in Africa. *В кн.: Труды Зоологического института РАН. Т. 299. СПб., Зоологический институт РАН: 141–154.*

Sokolov L.V., Kosarev V.V. 2003. Relationship between timing of arrival of passerines to the Courish Spit and North Atlantic Oscillation index (NAOI) and precipitation in Africa. *In: Trudy Zoologicheskogo instituta RAN. T. 299* [Proceedings of the Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences. Vol. 299]. Saint-Petersburg, Zoological Institute of Academy of Sciences of the Russia: 141–154.

23. Stenvander M., Lindstrom A., Jonzen N., Andersson A. 2005. Timing of spring migration in birds: Long-term trends, North Atlantic Oscillation and the significance of different migration routes. *Journal of Avian Biology*, 36 (3): 210–221.

УДК [598.252.1:591.522](470.325)

**ДИНАМИКА РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ЧИСЛЕННОСТИ БЕЛГОРОДСКОЙ
ПОПУЛЯЦИИ КРЯКВЫ (*ANAS PLATYRHYNCHOS* L.) И ЧИРКОВ
(*ANAS CRECCA* L., *ANAS GUERGUEDULA* L.)**

**THE DYNAMICS OF DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF THE BELGOROD
POPULATION OF MALLARDS (*ANAS PLATYRHYNCHOS* L.) AND TEAL
(*ANAS CRECCA* L., *ANAS GUERGUEDULA* L.)**

**В.В. Червонный
V.V. Chervonny**

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

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

E-mail: chervonny@bsu.edu.ru

Ключевые слова: орнитофауна, кряква и чирки, типы динамики численности, пространственная структура популяций.

Key words: avifauna, mallard and teal, types of population dynamics, spatial structure of populations

Аннотация. В статье проанализирована динамика численности и пространственная структура белгородских популяций кряквы и чирков на основе материалов учетов водоплавающих птиц которые, начиная с 2004 г., проводились Белгородоохотуправлением. На основе этих данных, выявлены пространственно-временные особенности динамики населения рассматриваемых видов и показана относительная самостоятельность микропопуляций кряквы и чирков, обитаемых в бассейне Днепра и Дона.

Resume. Special studies of populations of mallards and teals in the territory of Belgorod Region was conducted. Therefore, the aim of this study was to examine the current state of the populations of these species. To do this, we used the results of waterfowl surveys that were carried out by Belgorod controlled hunting using standard techniques.

The number of species studied at the end of the period under review, in comparison with the its beginning, in the basin of the Dnieper and Don decreased. At the first site mallard was 4 times less, and teal – 3 times; the second, on the contrary, the number of the first species decreased by 3 times, and the second – 4 times.

Change in the number of the species micropopulations reflected in the size of the area settlements ducks with different types of population dynamics in their groups. The degree of difference settlement area ducks with stable type of population dynamics in the Dnieper micropopulation mallard in the years studied was 5-fold, and Don – 3 times. In similar settlements teal living in the area, in the same period, the parameter showed almost no difference and was 2.0-2.5-fold. Settlement ducks with stable type of population dynamics in both river basins occupied, on average, about half the size of the area micropopulations species studied.

The share of settlements of ducks hopping type of population dynamics was within 18.6-29.5% of their ranges, and the degree of differences in the size of these settlements during the 10-year period was 2.0-7.6 times more.

A comprehensive analysis of various indicators characterizing the dynamics of the number of groups considered the species studied showed that these parameters mallards and teals micropopulations living in different river basins differ substantially both in space and in time.

This gives us reason to assume that the studied mallards and teals micropopulation have relative autonomy and are part of a large intraspecific units – the Dnieper and Don populations living outside the Belgorod region.

Введение

Водоплавающие птицы являются основным объектом охоты среди представителей охотничьей орнитофауны, обитающих на территории Белгородской области.

Наибольший «пресс» охоты испытывают кряква и чирки, масштабы которой с каждым годом увеличиваются. Подтверждением сказанному, служит тот факт, что за последние 10 лет число охотников на территории Белгородской области достигло 35 тыс. человек, из числа которых в первые дни открытия охоты на водоплавающую дичь выходят на охоту 12-13 тыс. человек [Москвитин, 2004]. Поэтому численность уток всех видов за это время сократилась с 60.5 тыс. до 35.6 тыс., а соответственно и добыча их уменьшилась с 12.8 тыс. до 9.0 тыс.

В публикациях, посвященных орнитофауне Белгородской области, дается общая характеристика численности и распространения водоплавающих птиц на территории всей области [Будниченко, 1980; Корнилова, 2005, Москвитин, 2004а; Червонный, 2013]. Однако, специальных исследований популяций кряквы и чирков на территории Белгородской области не проводилось. Количественная характеристика популяций охотничьих видов птиц является



важной составляющей при оценке запасов и пространственного размещения. Эта информация может быть использована при планировании норм отстрела.

В нашей работе проведен многосторонний пространственно-временной анализ статистических данных динамики численности популяций кряквы и чирков, которая является основным и общим свойством популяции [Четвериков, 1966].

Объекты и методы исследования

Каждое биологическое явление в популяции, а в особенности динамика численности, может быть правильно оценено только в свете статистических данных, без которых нельзя исследовать жизнь популяции [Северцов, 1941]. В особенности это касается охотничьих видов водоплавающих птиц, испытывающих очень большой «пресс» охоты. Среди этой экологической группы, кряквы и чирки в добыче охотников преобладают, поэтому эти виды послужили объектом наших исследований. Для этого использованы данные спецслужб охотнадзора, полученные в результате проведения учетов водоплавающих птиц по общепринятой методике [Приклонский, Панченко, 1973]. Кроме того, использованы опросные сведения, а так же собственные наблюдения.

В наших исследованиях, наряду с обычными методами изучения динамики численности, мы использовали и нетрадиционные методы изучения колебаний численности особей, составляющих белгородские популяции кряквы и чирков. Для этого мы ввели К-кратности, который показывает, во сколько крат численность вида в следующем году отличается от предыдущего, и нанесли на карту средние многолетние данные этого показателя для каждого административного района Белгородской области.

Как показали исследования С.С. Четверикова [1966], колебания численности особей, которые он назвал волнами жизни, или популяционными волнами, имеют важное эволюционное значение, как самостоятельный фактор эволюции, изменяющий генотипический состав популяции.

Используя коэффициент кратности (К-кратности), мы имели возможность определить масштабы волн жизни во время подъема и спада численности популяций изучаемых видов на протяжении последних десяти лет (2004–2013 гг.).

В зависимости от характера популяционных волн, мы установили следующие типы волн жизни, или типы динамики численности в поселениях кряквы и чирков (в пределах административных районов Белгородской области).

Первый тип волн жизни характеризуется стабильной численностью, где разница между волной жизни во время её подъёма и спада незначительна. К-кратности всех типов динамики численности приведены в «результатах исследований» – для кряквы таблице 1, а для чирков – в таблице 2. Второй тип волн жизни характеризуется относительно стабильной численностью. В поселениях уток этого типа К-кратности немного больше, по сравнению с первым типом. В поселениях третьего, или среднего типа динамики численности, разница между волнами жизни во время их подъема или спада увеличивается. Четвертый тип волн жизни характеризуется максимальным значением К-кратности. В поселениях рассматриваемых видов с таким типом динамики численности происходят наиболее масштабные изменения волн жизни, то есть, образно говоря, на этой территории наблюдается популяционный «шторм». У разных видов уток и в разных популяциях одного вида наблюдаются не все перечисленные типы динамики численности.

Помимо анализа высоты волн жизни для поселений уток каждого типа динамики численности была рассчитана площадь этих поселений, на которой наблюдался данный тип волн жизни. Поэтому мы получили возможность сравнивать долю поселений со сходным типом динамики численности в пределах ареалов рассматриваемых микропопуляций изучаемых видов птиц на протяжении всего рассматриваемого периода.

Результаты исследований

Кряквы (*Anas platyrhynchos* L.) – основной объект охоты среди водоплавающих птиц, обитающих на территории Белгородской области.

В начале изучаемого периода численность донской микропопуляции кряквы была максимальной и на протяжении первых трех лет находилась в пределах 15.7–17.7 тыс. особей. То же самое можно сказать и о днепровской микропопуляции этого вида. Однако, здесь обитало меньше крякв, так как площадь водно-болотных угодий в бассейне Днепра почти в два раза меньше чем в бассейне Дона (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Типы динамики численности кряквы в Белгородской области
Types of population dynamics mallards in the Belgorod region

Сравниваемые годы	Днепровский бассейн						Донской бассейн					
	I тип (стабильный) K= 1.0±1.2		II тип (относительно стабильный) K=±1.3 ±1.5		III тип (средний) K=±1.6 ±2.3		I тип (стабильный) K=±1.0 ±1.2		III тип (средний) K=±1.6±2.2		IV тип (скачкообразный) K=±3.2±4.5	
	K ^{x)}	S ^{xx)} (%)	K	S (%)	K	S (%)	K	S (%)	K	S (%)	K	S (%)
I период												
2004/2005	±1.2	21.1	±1.4	35.7	-1.9	43.2	+1.2	45.6	±1.9	54.4	-	-
2005/2006	±1.1	100	-	-	-	-	1.0	61.4	±1.7	26.8	±3.2	11.8
2006/2007	1.0	51.8	±1.3	48.2	-	-	±1.2	42.6	±1.8	23.2	±4.5	34.2
II период												
2007/2008	±1.2	82.0	-	-	2.0	18.0	+1.1	54.0	±1.0	46.0	-	-
2008/2009	1.0	41.0	-1.5	34.4	-2.2	24.6	±1.2	70.5	±2.1	29.5	-	-
2009/2010	±1.1	64.5	-1.5	27.0	±2.3	8.5	±1.2	62.8	±2.2	37.2	-	-
III период												
2010/2011	±1.2	73.0	+1.5	27.0	-	-	±1.1	49.8	±2.0	50.2	-	-
2011/2012	±1.1	64.5	-1.5	22.0	-1.6	13.5	±1.1	64.0	±1.6	20.7	±3.6	15.3
2012/2013	-1.1	33.0	±1.5	67.0	-	-	±1.2	23.0	±1.6	20.4	±4.2	56.6

^{x)} K – среднемноголетний коэффициент кратности

^{xx)} S – площадь поселений данного типа динамики численности

Начиная с 2007 г. численность рассматриваемого вида в обоих бассейнах рек, в основном, направленно снижалась. В конце изучаемого периода в бассейне Дона она оказалась почти в три раза меньшей, чем в начале его, а в бассейне Днепра эта разница была примерно четырехкратной (рис. 1).

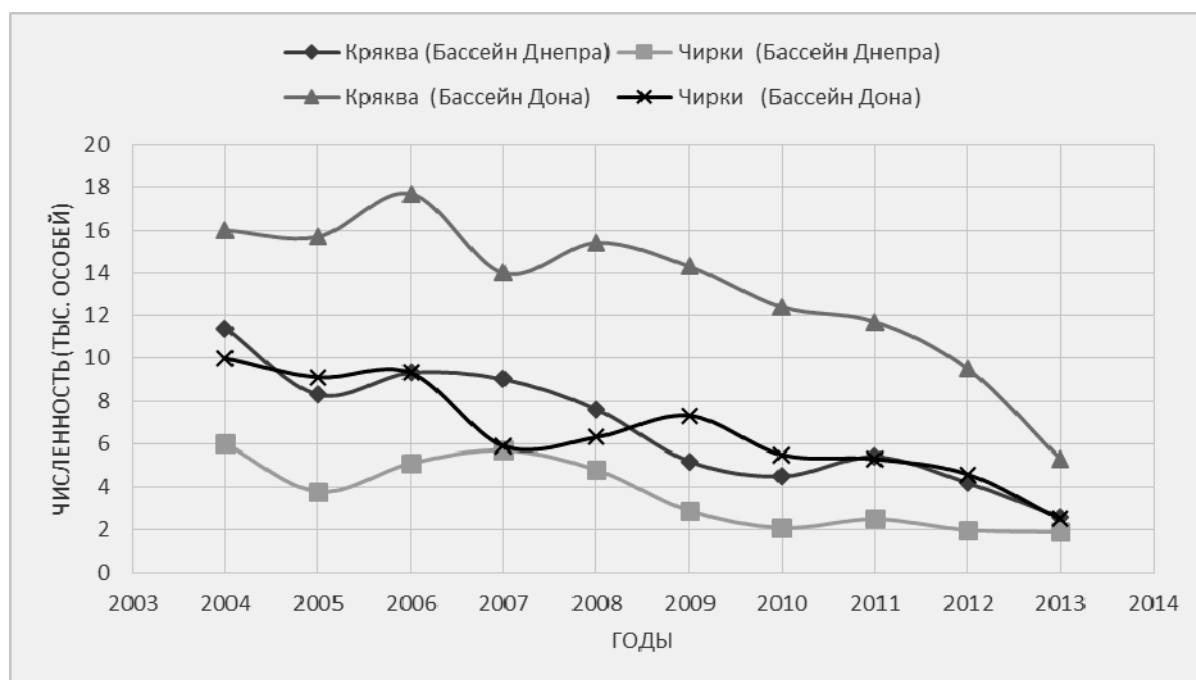


Рис. 1. Динамика численности кряквы и чирков в Белгородской области
Fig. 1. Dynamics of the number of mallards and teals in the Belgorod region

Как видно из рисунка 2, средняя многолетняя плотность населения кряквы в разных частях Белгородской области существенно отличается. Поселения кряквы с низкой плотностью населения (36.0 особей /100 га) в бассейне Днепра занимают почти половину группировки

кряквы, населяющей эту территорию, а в бассейне Дона плотность таких поселений составляет примерно треть площадей водно-болотных угодий.

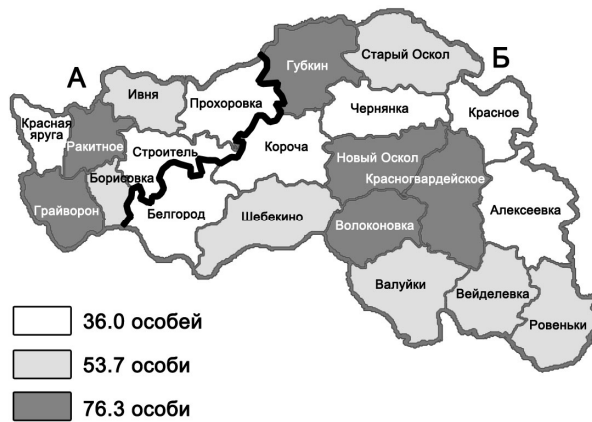


Рис. 2. Средняя многолетняя плотность населения кряквы на 100 га биотопа в бассейне Днепра (А) и Донском бассейне (Б)

Fig. 2. Average long-term population density mallards 100 hectares of habitat in the Dnieper basin (A) and Don basin (B)

Доля поселений кряквы со средней плотностью населения (53.7 особей/100 га) в бассейне Дона примерно в два раза больше чем в Днепровском бассейне.

Следует отметить, что в донской группировке поселения кряквы со средней плотностью, так же как и поселения с высокой плотностью (76.3 особи/100 га) расположены, в основном, на юго-востоке этой территории. В бассейне Днепра поселения кряквы последнего типа расположены на западе его территории, а поселения кряквы и чирков с низкой плотностью в основном находятся в центральной части Белгородской области (см. рис. 2).

Из изложенного видно, что пространственная структура микропопуляций кряквы обитаемой на территории рассматриваемых бассейнов рек существенно отличается. То же самое можно сказать и о характере динамики численности микропопуляций кряквы.

Площадь первого или стабильного типа динамики численности в начале изучаемого периода изменялась разнонаправлено, а размеры ее в эти годы отличались очень сильно. Так, например, поселений, где в 2005 г., по сравнению с 2004 г., наблюдалась стабильная численность вида, составила пятую часть площади ареала днепровской микропопуляции кряквы в этом году. Как видно из таблицы 1, размеры поселений кряквы с первым типом динамики численности в 2005 г., были наименьшими, а в 2006 г. они обитали на территории всего Днепровского бассейна. В 2007 г. доля поселений рассматриваемого типа динамики численности сократилась вдвое и они занимали только половину площади ареала днепровской микропопуляции кряквы (см. табл. 1).

В донской группировке кряквы в первом периоде поселения со стабильной численностью существенно не изменялись и занимали в среднем половину площади ее ареала.

Как видно из таблицы 1, разница между максимальным и минимальным значениями площади поселений со стабильной численностью в днепровской микропопуляции кряквы была пятикратной, а в донской – кратность различий была примерно в три раза меньше.

Во втором периоде в первые два года характер изменчивости размеров поселений I типа динамики численности в сравниваемых группировках кряквы сильно отличался. В бассейне Днепра поселения кряквы рассматриваемого типа в 2008 г. занимали почти всю площадь ареала этой группировки, а на следующий год доля таких поселений сократилась вдвое. В бассейне Дона, наоборот, в 2008 г. поселения кряквы со стабильной численностью были зарегистрированы только на половине площади ареала донской микропопуляции, а в следующем году доля их увеличилась до 70.5%.

В 2010 г. удельный «вес» поселений I типа в сравниваемых группировках кряквы был практически одинаков и занимал большую часть ареала изучаемых микропопуляций кряквы (см. табл. 1).

В третьем периоде в днепровской группировке кряквы происходит направленное сокращение площади поселений со стабильной численностью, размеры которых уменьшаются в 2.2 раза, а в бассейне Дона доля поселений кряквы I типа в 2013 г. сокращается до своего минимального значения. Таким образом, в сравниваемых группировках кряквы сходные процессы происходили в разные годы.

Как видно из таблицы 1, поселения II типа динамики численности были зарегистрированы только в днепровской микропопуляции кряквы, но и здесь они не встречались два года.

На их территории волны жизни по своим масштабам незначительно отличались от таковых, где наблюдалась стабильная численность, поэтому этот тип динамики численности можно назвать относительно стабильным. Поселения рассматриваемого типа динамики численности, в основном, занимали примерно треть площади ареала днепровской микропопуляции кряквы и только лишь в 2013 г. размеры их увеличились до 67.0%.

Поселения III типа динамики численности встречались в обеих микропопуляциях, но их роль в жизни этих группировок кряквы существенно отличается. Так, например, в днепровской микропопуляции кряквы, поселений III типа дважды не было зарегистрировано в начале изучаемого периода и дважды в его конце. В остальные годы доля поселений рассматриваемого типа динамики численности кряквы составляла в среднем 21.6%. В 2010 и 2012 гг. она была минимальной и такие поселения в эти годы занимали примерно десятую часть площади ареала днепровской микропопуляции кряквы.

В донской микропопуляции кряквы поселения III типа динамики численности встречались ежегодно и составляли, в среднем, примерно треть площади ее ареала. В первый период доля поселений кряквы рассматриваемого типа в основном направленно уменьшалась и сократилась в 2.3 раза. Примерно такая же ситуация наблюдалась во втором и третьем периоде (см. табл. 1).

Поселения IV типа динамики численности отличаются от всех предыдущих типов тем, что на их территории происходили наиболее масштабные изменения волн жизни. Они наблюдались только лишь в донской группировке кряквы: дважды в начале изучаемого периода и дважды в конце его, и составляли в среднем около четверти площади ареала донской микропопуляции кряквы. В остальные годы поселения рассматриваемого типа на этой территории не встречались.

Сравнительный анализ динамики численности кряквы в днепровской и донской микропопуляциях выявил в них значительные различия волн жизни. Прежде всего, это касается типов динамики численности и площади поселений этих типов, которую они занимали. Поселения с относительно стабильной численностью кряквы в изучаемый период встречались только в днепровской группировке, а самые масштабные изменения волн жизни наблюдались только в донской группировке кряквы. В то же время, доля поселений III, или среднего типа динамики численности, в донской микропопуляции кряквы была примерно в 1,5 раза больше, чем в днепровской микропопуляции (рис. 3).

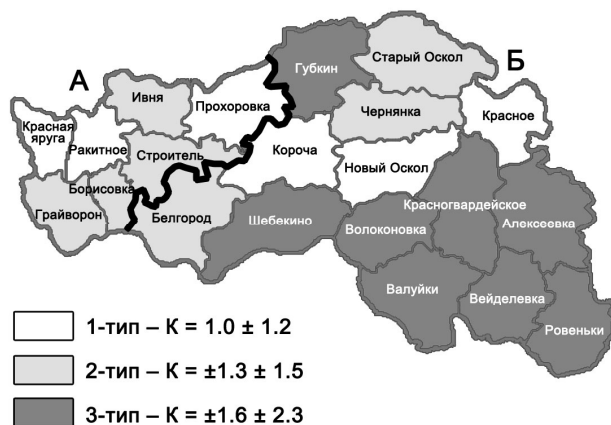


Рис. 3. Типы динамики численности кряквы в бассейне Днепра (А) и Донском бассейне (Б) в 2012–2013 гг.

Fig. 3. Types of population dynamics mallards in the Dnieper basin (A) and Don basin (B) in 2012–2013

Кроме того, максимальное и минимальное значение площади поселений кряквы с одинаковым типом динамики численности в изучаемых группировках наблюдалось в разные годы. Доля поселений кряквы со стабильной численностью в бассейне Днепра была наибольшей в 2006 г., а в бассейне Дона – в 2009 г. Минимальное значение этого показателя на первой территории наблюдалось в 2005 г., а на второй – в 2013 г. Примерно такая же ситуация наблюдалась в поселениях III типа динамики численности, где K-кратности в обеих группировках кряквы был одинаков (см. табл. 1).

Проведенный анализ рассматриваемых показателей позволил установить, что сравниваемые микропопуляции кряквы на протяжении изучаемого периода отличались масштабами волн жизни: их высотой и площадью поселений каждого типа волны.

Многосторонний анализ разных показателей, характеризующих динамику численности рассматриваемых группировок кряквы, показал, что эти показатели в её микропопуляциях су-

щественно отличаются как в пространстве, так и во времени. Исследования С.С. Четверикова [1966] показали, что динамика численности, как особый экологический фактор, оказывает влияние на изменение генетического состава популяции. Это дает нам основание предположить, что изучаемые микропопуляции кряквы имеют относительную самостоятельность и являются частью более крупных внутривидовых единиц – днепровской и донской популяций, обитающих за пределами Белгородской области.

Чирки в Белгородской области представлены двумя видами: чирком-свистунком (*Anas crecca* L.) и чирком-трескунком (*Anas guerguedula* L.). Во время учетов водоплавающих птиц эти виды не дифференцируют. Поэтому вся информация, приведенная ниже, характеризует состояние популяции чирков двух видов.

Как видно из рисунка 1, численность чирков в Белгородской области примерно в два раза меньше, чем численность белгородской популяции кряквы. В начале изучаемого периода (2004–2006 гг.) численность донской микропопуляции чирков была максимальной и находилась в пределах 9.1–10.1 тыс. особей, то есть была относительно стабильной. Другая ситуация в эти годы наблюдается в днепровской микропопуляции чирков. Здесь только лишь в 2004 г. чирков обитало больше всего (6,0 тыс. особей), а на следующий год численность их сокращается в 1.6 раза. В бассейне Дона в 2005 г. так же происходит сокращение численности чирков, но масштабы этого процесса значительно меньше, чем в бассейне Днепра. Примерно такая же ситуация наблюдалась и в 2006 г.

Таким образом, в первые три года изучаемого периода характер изменчивости численности чирков в изучаемых бассейнах рек совпадал. В последующие годы на этой же территории происходит разнонаправленное изменение рассматриваемого показателя. В днепровской группировке численность чирков начала направленно сокращаться с 2008 г., а в донской – такая ситуация наблюдается с 2010 г.

В результате этих процессов численность чирков в первой микропопуляции в конце изучаемого периода, по сравнению с его началом, сократилось в 3 раза, а во второй – в 4 раза.

Среднемноголетняя плотность населения чирков в сравниваемых микропопуляциях, так же как и динамика их численности, отличается. В бассейне Днепра она равна 34.9 особям, а в бассейне Дона – 43.3 особям. Однако, площадь поселений чирков с одинаковым уровнем плотности в рассматриваемых группировках, существенно отличается. Доля поселений чирков с низкой плотностью (21.6 особи/100 га) в бассейне Днепра составляет 18.1%, а в бассейне Дона таких поселений в 3.5 раза больше, где они занимают большую часть микроареала донской микропопуляции. Причем, поселения чирков рассматриваемого типа находятся в основном на северо-западе бассейна Дона, а в бассейне Днепра – на востоке его, то есть они примыкают к смежным поселениям чирков аналогичного типа, обитающим в бассейне Дона (рис. 4).

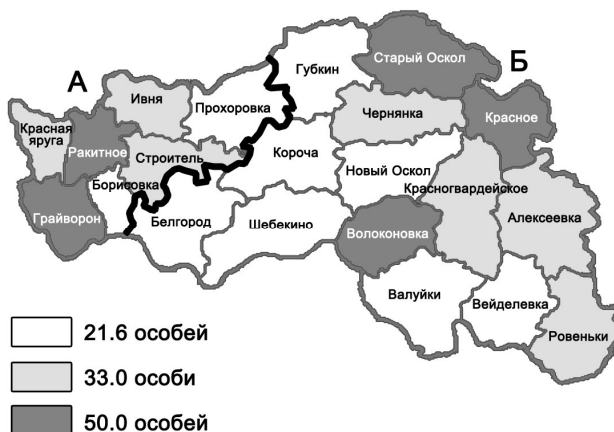


Рис. 4. Средняя многолетняя плотность населения чирков на 100 га биотопа в бассейне Днепра (А) и Донском бассейне (Б)

Fig. 4. Average long-term population density teal 100 hectares of habitat in the Dnieper basin (A) and Don basin (B)

Противоположная ситуация наблюдается с распределением поселений чирков со средней плотностью (33.0 особи/100 га). В днепровской микропопуляции они занимают половину площади её ареала, а в донской доля их в два раза меньше.

Поселения чирков с высокой плотностью (50.0 особей/100 га), в бассейне Днепра занимают примерно треть биотопа, а в бассейне Дона доля их в 2.5 раза меньше.

Из изложенного видно, что пространственная структура микроареалов группировок чирков, обитающих в разных бассейнах рек, существенно отличается.

Проведенный анализ динамики численности микропопуляций чирков выявил лишь общие закономерности этого процесса в бассейнах рек Днепра и Дона. Однако, характер из-

менчивости этого популяционного параметра в разных частях изучаемых территорий отличается. Поэтому для более детального изучения этого процесса, в зависимости от масштабов изменения численности чирков, мы выделили три типа динамики численности (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Типы динамики численности чирков в Белгородской области
Types of population dynamics teal in the Belgorod region

Годы	Днепровский бассейн						Донской бассейн					
	I тип (стабильный) K=1.0±1.3		II тип (относительно стабильный) K=±1.5 ±1.9		IV тип (скачкообразный) K=±2.0±4.7		I тип (стабильный) K=1.0 ±1.3		II тип (относительно стабильный) K=±1.6±1.7		IV тип (скачкообразный) K=±2.2±4.4	
	K ^{x)}	S ^{xx)} (%)	K	S (%)	K	S (%)	K	S (%)	K	S (%)	K	S (%)
I период												
2004 / 2005	±1.3	42.6	±1.9	41.8	4.7	15.6	±1.2	60.5	±1.7	24.2	2.9	15.3
2005 / 2006	±1.2	75.9	+1.5	8.5	+3.1	15.6	±1.0	73.3	+1.7	10.0	±3.3	16.7
2006 / 2007	±1.1	87.2	-1.8	12.8	-	-	±1.2	30.9	1.7	31.7	4.4	37.4
II период												
2007 / 2008	+1.1	58.2	±1.7	23.8	2.0	18.0	±1.3	52.4	±1.6	10.2	±3.2	37.4
2008 / 2009	±1.3	45.5	-1.7	24.6	-2.7	29.2	±1.3	59.1	±1.6	40.9	-	-
2009 / 2010	±1.3	58.9	±1.7	26.5	-2.4	14.6	-1.2	78.4	±1.7	15.2	-3.3	6.4
III период												
2010 / 2011	±1.2	61.7	±1.6	38.3	-	-	±1.2	44.4	±1.6	37.5	±2.2	18.4
2011 / 2012	±1.3	56.7	-1.8	43.3	-	-	±1.2	52.2	±1.7	20.7	-2.6	27.1
2012 / 2013	±1.2	53.0	±1.8	7.0	-	-	-1.3	43.7	±1.7	10.1	±4.0	46.2

x) K – среднееголетний коэффициент кратности

xx) S – площадь поселений данного типа динамики численности

Как видно из таблицы 2, поселения чирков со стабильной численностью в обоих бассейнах рек занимали большую часть ареала микропопуляций этих видов. Причем среднееголетняя доля таких поселений на сравниваемых территориях существенно не отличалась. За последние 10 лет она составляла в среднем 55–60% площади ареала микропопуляций чирков.

Однако в разные годы удельный «вес» поселений чирков I типа динамики численности в рассматриваемых группировках уток существенно отличался. В первый период доля поселений чирков рассматриваемого типа в бассейне Днепра направленно увеличивалась и в 2007 г. достигла своего максимального значения (87.2%), то есть в этом году почти весь ареал днепровской микропопуляции чирков занимали поселения со стабильной численностью.

В бассейне Дона, наоборот, в 2007 г. площадь поселений чирков со стабильной численностью оказывается наименьшей за весь период исследований и составляет треть площади ареала этой микропопуляции. После такого резкого сокращения, доли поселений I типа в донской группировке наблюдается расширение площади поселений чирков со стабильной численностью, в результате чего этот показатель в 2010 г. достигает своего максимального значения (см. табл. 2).

Как видно, процессы, происходящие в днепровской и донской микропопуляциях чирков существенно отличаются и не совпадают во времени.

В первый период площадь поселений чирков II типа динамики численности в днепровской и донской микропопуляциях изменялась разнонаправленно и очень масштабно. Наиболее существенные изменения площади поселений этого типа наблюдались в днепровской группировке чирков. На этой территории удельный «вес» поселений чирков II типа в 2005 и 2006 гг., по сравнению с 2004 г., сократился в пять раз и остался на этом уровне в 2007 г. Таким образом, в два последних года первого периода, поселения II типа динамики численности в днепровской микропопуляции чирков занимали примерно десятую часть её ареала (см. табл. 2).

В первый период в бассейне Дона изменения площади поселений чирков II типа в основном, совпадали с таковыми, происходящими в бассейне Днепра. В 2005 и 2006 гг., по сравнению с 2004 г., в донской микропопуляции удельный «вес» поселений чирков II типа динамики численности сократился в 2,5 раза и на их долю приходилась десятая часть площади ареала этой группировки, а в 2007 г. такие поселения занимали примерно треть ареала донской микропопуляции чирков.

В третий период в группировке чирков, обитаемых в бассейне Днепра, площадь поселений II типа направленно увеличивается, хотя масштабы этого процесса незначительны. В 2013 г. поселения чирков рассматриваемого типа динамики численности занимают почти половину площади ареала днепровской микропопуляции (см. табл. 2).

В донской микропопуляции чирков в эти же годы происходили диаметрально противоположные процессы. На этой территории наблюдается направленное сокращение площади поселений чирков II типа. В результате этого процесса доля поселений чирков рассматриваемого типа динамики численности сократилась почти в 4 раза и в конце изучаемого периода эти поселения занимали десятую часть площади ареала донской группировки чирков..

Сравнительный анализ поселений чирков I и II типов динамики численности, обитаемых в разных бассейнах рек показал, что процессы, происходящие в их популяциях существенно отличаются как во времени, так и пространстве. Примерно то же самое можно сказать о поселениях чирков IV типа динамики численности, который в популяциях кряквы не был зарегистрирован (рис. 5).

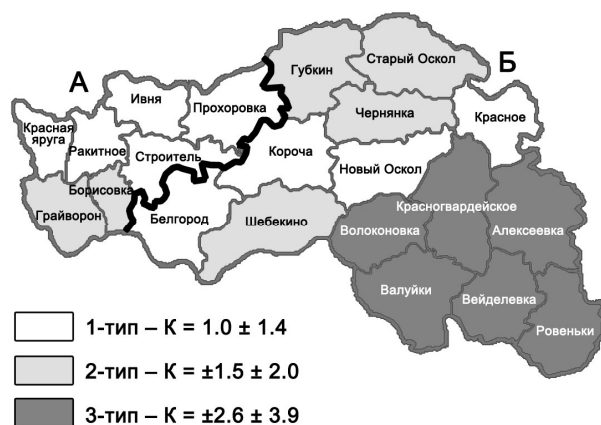


Рис. 5. Типы динамики численности чирков в бассейне Днепра (А) и Донском бассейне (Б) в 2012–2013 гг.
Fig. 5. Types of population dynamics teals in the Dnieper basin (A) and Don basin (B) in 2012–2013

Выводы

Анализ современного состояния населения кряквы и чирков показал, что на территории Белгородской области сформировались днепровская и донская микропопуляции этих видов. Численность их за последние 10 лет сократилась в 3 и 4 раза, соответственно.

Степень различий площади поселений уток с различным типом динамики численности в разные годы в сравниваемых бассейнах рек существенно отличалась и находилась в пределах 2–8 крат.

Многосторонний анализ разных показателей, характеризующих динамику численности рассматриваемых группировок изучаемых видов, показал, что эти параметры в микропопуляциях кряквы и чирков, обитающих в разных бассейнах рек, существенно отличаются как в пространстве, так и во времени.

Это дает нам основание предположить, что изучаемые микропопуляции кряквы и чирков имеют относительную самостоятельность и являются частью более крупных внутривидовых единиц – днепровской и донской популяций, обитающих за пределами Белгородской области.

Список литературы References

1. Будниченко А.С. 1980. Биотопическое распределение и плотность гнездящихся птиц Белгородской области. Сб. Охрана фауны позвоночных животных лесостепной и степной зон европейской части СССР. Курск, 83-107.
Budnichenko A.S. 1980. Habitat distribution and density of breeding birds Belgorod region. In: Oхрана fauny pozvonocnyh zivotnyh lesostepnoj i stepnoj zon Evropejskoj chasti SSSR. Nauchnye trudy Kurskogo pedagogicheskogo instituta. T. 202 [Protection of vertebrate fauna of the forest-steppe and steppe zones of the European part of the USSR. Scientific papers of the Kursk Pedagogical Institute. Vol. 202]. Kursk: 83–107. (in Russian)
2. Корнилова О.Ю. 2005. Дополнение к списку водоплавающих птиц заповедного участка «Лысые горы». Сб. Гусеобразные птицы Северной Евразии. Тезисы докладов третьего международного симпозиума (6-10 октября, 2005 г., Санкт-Петербург, Россия). – Картфабрика ВСЕ ГЕИ, 156-157.
Kornilova O.Ju. 2005. Addition to the list of waterfowl reserve area «Lysye gory». In: Guseobraznye pticy Severnoj Evrazii. Tезisy dokladov Tret'ego mezhdunarodnogo simpoziuma (g. Sankt-Peterburg, 6–10 oktjabrja

2005 г.) [Waterfowl of Northern Eurasia. Abstracts of the Third International Symposium (Saint-Petersburg, 6–10 October 2005)]. Saint-Petersburg, Kartfabrika VSEGEI: 156–157. (in Russian)

3. Михельсон Х., Леиньш Г., Меднис А. 1970. Факторы, определяющие продуктивность гнездовых угодий некоторых уток. Тр. IX Международного конгресса биологов-охотоведов. М., 208–211.

Mihel'son H., Lein'sh G., Mednis A. 1970. Factors determining the productivity of the breeding grounds of some ducks. *In: Trudy IX Mezhdunarodnogo kongressa biologov-ohotovedov* (g. Moskva, sentjabr' 1969 g.) [Proceedings of the IX International Congress of Game Biologists (Moscow, September 1969)]. Moscow: 208–211. (in Russian)

4. Москвитин С.А. 2004. Повышение защитных свойств среды обитания диких животных в Белгородской области. Вестник охотоведения. Т. 1, (3), 315–318.

Moskvitin S.A. 2004a. Preservation and reproduction of resources waterfowl nesting in the Belgorod region. *In: Aktual'nye problemy sohraneniya ustojchivosti zhivyh sistem. Materialy VIII Mezhdunarodnoj nauchnoj jekologicheskoy konferencii* (g. Belgorod, sentjabr' 2004 g.) [Actual problems of preserving the stability of living systems. Proceedings of the VIII International Scientific Environmental Conference (Belgorod, September 2004)]. Belgorod: 138–139. (in Russian)

5. Москвитин С.А. 2004а. Сохранение и воспроизводство ресурсов водоплавающей дичи, гнездящейся на территории Белгородской области. Материалы VIII Международной научной экологической конференции. Белгород, 138–139.

Moskvitin S.A. 2004b. Increase the protective properties of wildlife habitat in the Belgorod region. *Vestnik ohotovedeniya*, 1 (3): 315–318. (in Russian)

6. Приклонский С.Г., Панченко В.Г. 1973. Учет водоплавающих птиц. Методы учета охотничьих животных в лесной зоне. Рязань: Издательство «Московский рабочий», 236–252.

Prıklonskij S.G., Panchenko V.G. 1973. Waterbird Census. *In: Metody ucheta ohotnich'ih zhivotnyh v lesnoj zone* [Accounting methods of game animals in the forest area]. Ryazan, Moskovskij rabochij: 236–252. (in Russian)

7. Северцов С.А. 1941. Динамика населения и приспособительная эволюция животных. Изд-во АН СССР. М.; Л., 315.

Severcov S.A. Dinamika naselenija i prisposobitel'naja jevoljucija zhivotnyh [Population dynamics and adaptive evolution of animals]. Moscow-Leningrad, Izd-vo AN SSSR, 315. (in Russian)

8. Червонный В.В. 2013. Динамика распространения и численности белгородской ±популяции серого гуся и лебедя-шипуна. Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки». №7 (160). Вып. 24, 77–85.

Chervonnyj V.V. 2013. The dynamics of distribution and abundance of the Belgorod population of gray goose and mute swan. *Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki* [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 24 (7): 77–85. (in Russian)

9. Четвериков С.С. 1966. О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики. Журнал экспериментальной биологии. Вып. 1, 3–54

Chetverikov S.S. 1966. On some points of the evolutionary process from the point of view of modern genetics. *Zhurnal jeksperimental'noj biologii*, 1: 3–54. (in Russian)



УДК 574.34, 504.054, 51.76

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК НА ДИНАМИКУ ЧИСЛЕННОСТИ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ

MATHEMATICAL MODELLING OF THE EFFECTS OF CARBON NANOTUBES INFLUENCE UPON NUMBER DYNAMICS OF THE MOUSE-LIKE RODENTS

С.Л. Грибановский¹, И.А. Васюкова¹, А.А. Гусев¹, А.Г. Ткачев²
S.L. Gribanovsky¹, I.A. Vasyukova¹, A.A. Gusev¹, A.G. Tkachev²

¹ НОЦ «Нанотехнологии и наноматериалы» Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина, Россия, 392000, г. Тамбов, ул. Интернациональная, 33

² Тамбовский государственный технический университет, Россия, 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106

¹ Nanocenter Nanotechnology and Nanomaterials G.R. Derzhavin Tambov State University, Internationalnaya st. 33, Tambov, 392000, Russia

² Tambov State Technical University, Sovietskaya St. 106, Tambov, 392000, Russia

E-mail: nanosecurity@mail.ru

Ключевые слова: наноматериалы, многослойные углеродные нанотрубки, экотоксикология, мелкие мышевидные грызуны, динамика численности популяции, математическое моделирование.

Key words: nanomaterials, multi-walled carbon nanotubes, ecotoxicology, mouse-like rodents, population dynamics, mathematical modelling.

Аннотация. Проведен теоретический анализ динамики численности природных популяций мышевидных грызунов в условиях снижения индекса оплодотворяющей способности самцов под действием многослойных углеродных нанотрубок (МУНТ) в рамках различных математических моделей. Показана потенциальная опасность последствий попадания МУНТ в значительных концентрациях в среду обитания мелких мышевидных грызунов, заключающаяся в снижении скорости восстановления их популяций после неблагоприятных периодов развития, повышении порога нижней критической численности, определяющего жизнеспособность популяции, а в случае колебательного характера динамики – уменьшении пиковых значений численности и увеличении периода колебаний.

Resume. Carbon nanotubes (CNT) were discovered quite recently [Iijima, 1991], though they existed in the natural form in the environment. However, in recent decades beside the natural sources of CNTs, the amount of man-made CNTs released into the environment has been growing with great strides due to their wide employment in industry and medicine for their unique combination of physico-chemical properties. Therefore, the aim of the present research work was to evaluate the influence of CNTs on mouse-like rodents natural populations numbers using various mathematical models.

This work presents results of theoretical estimation of the dynamics of mouse-like rodents natural populations numbers in the context of decrease of male fertility index under the influence of multi-walled carbon nanotubes (MWCNT) within mathematical models permitting both continuous and discrete description. Potential hazards of entry of the aforementioned material in high concentrations into small mouse-like rodents habitats was shown. The environmental risk consists in reduction in the recovery rates of population numbers after unfavorable periods, increase in the threshold of lower critical population number which determines the population viability and, in case of cyclic dynamics character, it consists in peak population numbers decrease and increase in the period of oscillations.

The results give evidence that increase in MWCNTs concentration in the environment has considerable effect on the dynamics of mouse-like rodents natural population numbers and, as a result, on the biotic communities comprising these populations. While natural sources of CNTs are almost out of control, recent fast growth of artificial sources makes it necessary to develop a complex of control measures and standards restricting the possibility of nanotubes release into the environment.

Введение

Углеродные нанотрубки (УНТ), хотя и были открыты сравнительно недавно [Iijima, 1991], являются отнюдь не новым для природы материалом. В результате лесных и степных пожаров, палов, сжигания сельскохозяйственных отходов, использования углеводородного топлива на электростанциях и транспорте ежегодно в окружающую среду поступает до 150 млн. тонн микро- и нанодисперсных продуктов неполного сгорания соединений углерода, среди которых выделяются и УНТ. В связи с этим, воздействие данного наноматериала в той или иной степени испытывают на себе все живые организмы, в особенности пирогенные растения и мелкие грызуны, пищей которых они являются. В последнее десятилетие еще одним потенциальным источником попадания УНТ в окружающую среду стали объекты промышленного произ-

водства, темпы которого неуклонно возрастают вследствие их высокой востребованности в промышленности и медицине благодаря ряду уникальных физико-химических свойств.

Вместе с тем, единая оценка влияния и возможной опасности УНТ для окружающей среды в настоящее время отсутствует, имеющиеся исследования разрозненны и недостаточны, к тому же нельзя исключать вероятность отдаленных негативных последствий этих воздействий. Целью настоящей работы являлась оценка влияния УНТ на динамику численности природных популяций мышевидных грызунов с помощью различных математических моделей.

Результаты и их обсуждение

В предыдущих исследованиях нами были получены экспериментальные данные о влиянии многослойных УНТ (МУНТ) в определенных концентрациях на репродуктивные функции самцов лабораторной мыши [Gusev et al., 2011; Васюкова и др., 2014]. По этим данным рассчитан индекс оплодотворяющей способности самцов I согласно формуле [Любимов и др., 1998; Курляндский, Филов, 2002]:

$$I = \frac{\text{число забеременевших самок}}{\text{общее число подсаженных самок}} \cdot 100\%$$

Это важный показатель состояния, изменение которого может иметь значение для демэкологии мышевидных грызунов, отражающееся в перспективе негативного воздействия МУНТ на динамику численности и жизнеспособность их популяций. Согласно полученным данным, в группах, экспонированных МУНТ, величина I статистически (с вероятностью более 99%) отличалась от значений контрольной группы, соответствующих условиям отсутствия неблагоприятных факторов. Зависимость данного индекса от концентрации МУНТ представлена на рисунке 1.

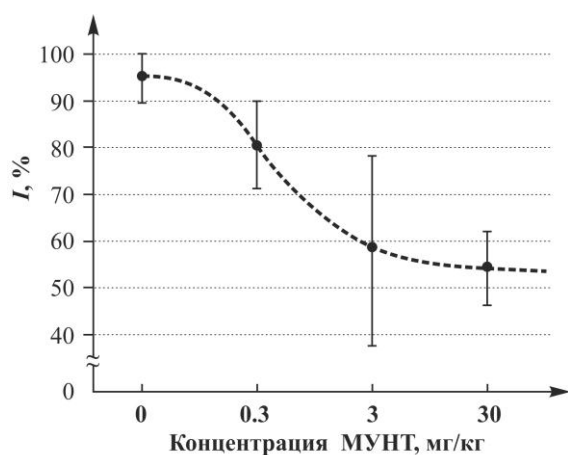


Рис. 1. Зависимость индекса оплодотворяющей способности самцов от дозы вводимых МУНТ
 Fig. 1. Male fertilizing capacity index dependence on MWCNT dosage

Рассчитанные значения индекса оплодотворяющей способности самцов составляли в контрольной группе – $I_0 = 95.2\%$, в группе МУНТ 0.3 мг/кг – $I = 79.8\%$; МУНТ 3 мг/кг – $I = 59.5\%$; МУНТ 30 мг/кг – $I = 54.8\%$. Как видно из рисунка, для исследованных значений концентрации МУНТ индекс оплодотворяющей способности монотонно уменьшается по мере ее возрастания. Скорость этого уменьшения снижается с увеличением концентрации, и различие индексов оплодотворяющей способности для концентраций МУНТ 3 мг/кг и 30 мг/кг не столь существенно, как для концентраций МУНТ 0.3 мг/кг и 3 мг/кг.

Полученные результаты позволяют считать справедливым предположение о том, что значение индекса оплодотворяющей способности самцов однозначно определяется концентрацией вводимых МУНТ и, следовательно, для оценки экологических последствий воздействия МУНТ необходимо исследовать зависимость популяционной динамики от I . В связи с этим, в настоящей работе мы сочли возможным проанализировать последствия снижения указанного индекса для динамики численности популяций мышевидных грызунов с помощью различных математических моделей.

Простейшей в динамике численности популяций является модель Мальтуса, актуальная в условиях, когда отсутствуют как внешние, так и внутренние факторы, сдерживающие рост численности популяции. В непрерывном представлении она описывается уравнением [Ризниченко, 2003]:

$$\frac{dx}{dt} = rx,$$

решением которого является экспонента $x(t) = x_0 \exp(rt)$. Константа собственной скорости роста $r = b - d$ представляет собой прирост биомассы (в долях от общей биомассы популяции) в единицу времени; здесь b обозначает рождаемость, а d – смертность внутри популяции. Снижение I приведет к тому, что доля покрытых самок от общего количества способных к размножению снизится в I/I_0 раз и, соответственно, к падению рождаемости с коэффициентом I/I_0 , т.е. $\tilde{b} = b \cdot I/I_0$. В этих условиях константа собственной скорости роста \tilde{r} будет подчиняться соотношению $\tilde{r} < r \cdot I/I_0$. Для мышевидных грызунов, у которых в благоприятный период рождаемость значительно превосходит смертность, справедлив предельный случай этого соотношения: $\tilde{r} \approx r \cdot I/I_0$. Качественная картина динамики популяции для разных значений индекса I представлена на рисунке 2.

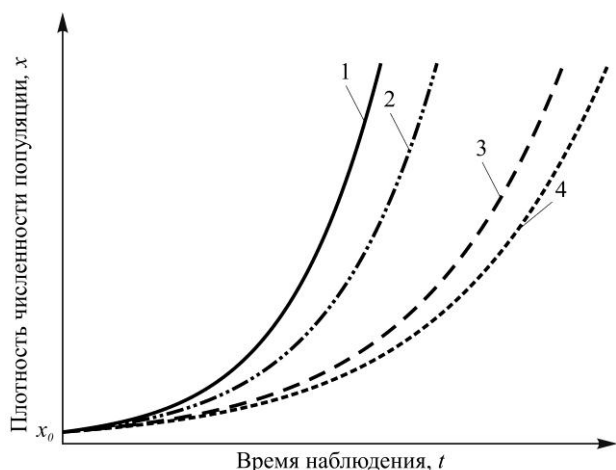


Рис. 2. Динамика численности популяции в модели Мальтуса при значениях индекса оплодотворяющей способности: 1 – $I = I_0$ (без воздействия МУНТ); 2 – $I/I_0 = 0.84$ (МУНТ 0.3 мг/кг); 3 – $I/I_0 = 0.625$ (МУНТ 3 мг/кг); 4 – $I/I_0 = 0.576$ (МУНТ 30 мг/кг)
Fig. 2. Population number dynamics according to Malthus model with fertilizing capacity index values of: 1 – $I = I_0$ (without MWCNT); 2 – $I/I_0 = 0.84$ (MWCNT 0.3 mg/kg); 3 – $I/I_0 = 0.625$ (MWCNT 3 mg/kg); 4 – $I/I_0 = 0.576$ (MWCNT 30 mg/kg)

Аналогичным образом изменится константа собственной скорости роста популяции и в обобщенном уравнении ограниченного роста – уравнении Ферхюльста:

$$\frac{dx}{dt} = rx \left(1 - \frac{x}{K} \right)$$

Снижение индекса оплодотворяющей способности до величины I приведет к увеличению времени выхода к пределу насыщения динамики численности K – емкости популяции (времени, выраженному, например, в достижении половинного значения емкости популяции $K/2$) – в $(I/I_0)^{-1}$ раз: $\tilde{\tau} = \tau \cdot (I/I_0)^{-1}$ (рис. 3) в процессе ее восстановления после значительных разовых неблагоприятных внешних воздействий.

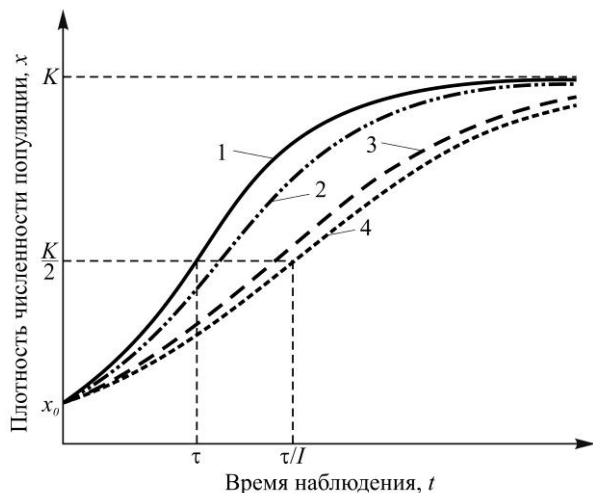


Рис. 3. Динамика численности популяции в модели Ферхюльста при значениях индекса оплодотворяющей способности: 1 – $I = I_0$ (без воздействия МУНТ); 2 – $I/I_0 = 0.84$ (МУНТ 0.3 мг/кг); 3 – $I/I_0 = 0.625$ (МУНТ 3 мг/кг); 4 – $I/I_0 = 0.576$ (МУНТ 30 мг/кг)
Fig. 3. Population number dynamics according to Verhulst model with fertilizing capacity index values of: 1 – $I = I_0$ (without MWCNT); 2 – $I/I_0 = 0.84$ (MWCNT 0.3 mg/kg); 3 – $I/I_0 = 0.625$ (MWCNT 3 mg/kg); 4 – $I/I_0 = 0.576$ (MWCNT 30 mg/kg)

Для видов, размножающихся половым способом, определяющее значение в динамике популяций имеет не только параметр K насыщения экологической ниши, но и критический уровень плотности численности L , также являющийся константой для заданного типа популяции. L – это пороговое значение плотности численности, при падении ниже которого популя-

ция обречена на вырождение. Наличие этой критической плотности отражено в модели А.Д. Базыкина [Базыкин, 1985], где при малых плотностях популяции рождаемость принимается пропорциональной числу контактов между особями, определяемому квадратом численности популяции. Предложенная им формула прироста популяции за счет рождаемости $bx^2 / (N + x)$ обеспечивает квадратичный закон прироста при малых численностях популяции и линейный (соответствующий экспоненциальному росту численности) при больших; N соответствует плотности, при которой среднее время между последовательными потенциальными контактами особей разного пола равно сроку беременности и выращивания потомства одной самкой. С учетом смертности уравнение динамики выглядит следующим образом:

$$\frac{dx}{dt} = \frac{bx^2}{N + x} - dx$$

или

$$\frac{dx}{dt} = \frac{rx(x - L)}{N + x} \tag{1}$$

где в явном виде присутствует нижняя критическая плотность, определяемая из исходных параметров соотношением $L = d \cdot N / r$. Вторая форма записи уравнения наглядно показывает математический смысл значения критической плотности: при $x < L$ правая часть уравнения отрицательна, т.е. производная плотности численности имеет отрицательный знак, и численность популяции убывает; при $x > L$, наоборот, численность популяции возрастает. $x = L$ представляет собой неустойчивое равновесное решение: теоретически в этом состоянии популяция может находиться неограниченно долго, но любое, даже слабое, отклонение приводит к уходу плотности популяции с этого значения.

На рисунке 4 представлены кривые, иллюстрирующие зависимость численности популяции в рамках данной модели в условиях нормального (а) и сниженного (б) индекса оплодотворяющей способности, являющиеся решениями уравнения $\frac{dx}{dt} = \frac{bx^2}{N + x} - dx - \delta x^2$, учитывающе-

го также наличие предела емкости популяции K . Кривая 1 соответствует начальной численности (которую следует рассматривать как результат ухода от равновесного значения K после разового неблагоприятного внешнего воздействия), при которой популяция достаточно быстро приходит к своему равновесному значению. Начальная численность для кривой 2 близка к критическому значению L , но немного превышает его. При этом популяция также со временем достигает равновесного значения K , но отход от близких к L значений происходит весьма медленно (поскольку скорость изменения численности, пропорциональная $x - L$ согласно (1), мала), и в течение значительного времени система находится в неопределенном состоянии, когда любое, даже незначительное, внешнее воздействие может сместить равновесие в ту или иную сторону. На кривой 3 начальное значение численности немного ниже критического, а на кривой 4 – существенно ниже; в первом случае вырождение популяции происходит медленно, во втором – весьма стремительно.

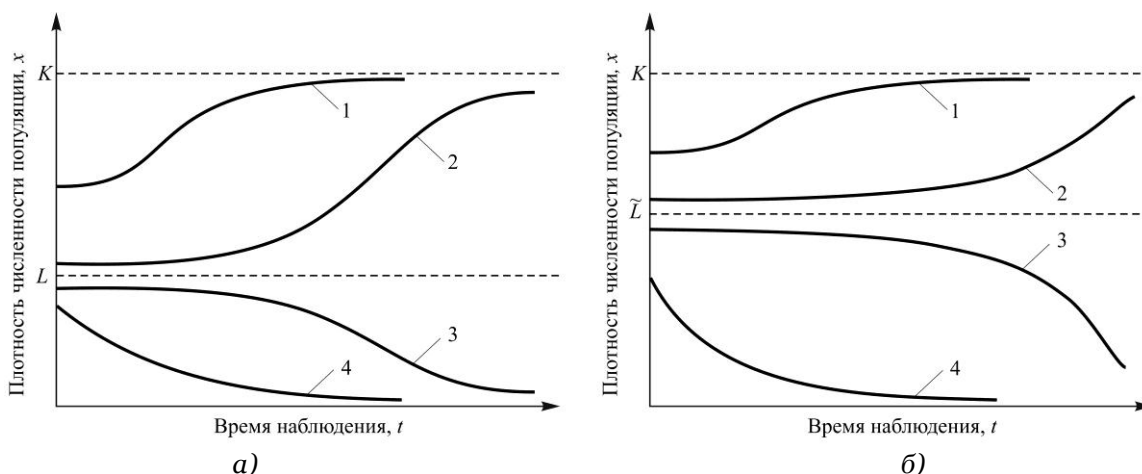


Рис. 4. Сравнительная картина динамики численности популяции в модели А.Д. Базыкина для случаев: а) $I = 1$; б) $I < 1$ при различных начальных значениях плотности численности: 1 – $x_0 \gg L$; 2 – $x_0 > L$; 3 – $x_0 < L$; 4 – $x_0 \ll L$

Fig. 4. Population number dynamics according to Bazykin A.D. model for а) $I = 1$ vs. б) $I < 1$ with initial population density values of: 1 – $x_0 \gg L$; 2 – $x_0 > L$; 3 – $x_0 < L$; 4 – $x_0 \ll L$



Прослеживаются негативные последствия снижения индекса оплодотворяющей способности. Во-первых, это подъем константы нижней критической плотности в $(I/I_0)^{-1}$ раз: $\tilde{L} = L \cdot (I/I_0)^{-1}$ (считая для мышевидных грызунов $r = b - d \approx b$). Это означает, что если после какого-либо воздействия плотность численности попадает в диапазон $(L; \tilde{L})$, то в условиях сниженного индекса оплодотворяющей способности она обречена на вырождение, в то время как при стандартном значении I_0 популяция выйдет на равновесное устойчивое значение плотности численности K . Во-вторых, снижение индекса оплодотворяющей способности приведет к тому, что при близких к L значениях плотности скорость роста популяции уменьшится с коэффициентом I/I_0 , соответственно, в $(I/I_0)^{-1}$ раз увеличится время ее пребывания в состоянии неопределенности.

Мышевидные грызуны относятся к типу популяций с непрерывающимися поколениями, в которых ярко выражены годовые циклы размножения [Ризниченко, 2003]. В связи с этим конкретные особенности, присущие популяциям мышевидных грызунов, более корректно могут быть описаны посредством дискретных разностных уравнений, устанавливающих зависимость численности популяции в последующем году от численности в предыдущем году. Одна из таких одномерных моделей в общем виде рассмотрена И.Е. Бененсоном [Бененсон, 1987; Садыков, Бененсон, 1992]. В ней динамика численности популяции мышевидных грызунов определяется динамикой численности способных к размножению самок, которая описывается разностным уравнением:

$$N_{k+1} = (R(N_k) \cdot \delta(N_k) + 1) \cdot \gamma(N_k) \cdot N_k = f(N_k) \cdot N_k, \quad (2)$$

где $R(N_k)$ – число детенышей женского пола, приходящихся на одну размножающуюся самку, $\delta(N_k)$ – выживаемость молодняка, $\gamma(N_k)$ – выживаемость взрослых особей за один временной шаг. Принято, что функции $R(N)$, $\delta(N)$, $\gamma(N)$, а следовательно, и $f(N)$ монотонно убывают с увеличением концентрации, причем $\gamma(N)$ близка к константе. Авторы показывают, что при этих предположениях численность популяции либо стремится к постоянной величине, либо колеблется. В случае колебаний отношение максимальной к минимальной численности не превосходит величины

$$A = \frac{(R_0 \delta_0 + 1) \gamma_0}{(R_\infty \delta_\infty + 1) \gamma_\infty},$$

где $R_0 = \lim_{N \rightarrow 0} R(N)$, $\delta_0 = \lim_{N \rightarrow 0} \delta(N)$, $\gamma_0 = \lim_{N \rightarrow 0} \gamma(N)$ – предельные значения функций $R(N)$, $\delta(N)$, $\gamma(N)$ при очень низкой плотности, $R_\infty = \lim_{N \rightarrow \infty} R(N)$, $\delta_\infty = \lim_{N \rightarrow \infty} \delta(N)$, $\gamma_\infty = \lim_{N \rightarrow \infty} \gamma(N)$ – предельные значения при очень высокой плотности.

Если принять $\gamma(N) = \text{const}$ и $R_\infty = 0$, $\delta_\infty = 0$, то $A = R_0 \delta_0 + 1$. Оценки параметров R_0 и δ_0 дают предельное значение $A = 3.5$, определяющее максимальные колебания численности.

Если же в результате воздействия внешних факторов, в частности, присутствия МУНТ в рации зверьков, величина I понижается, необходима дополнительная коррекция модели – уравнение (2) примет вид:

$$N_{k+1} = \left(\frac{I}{I_0} \cdot R(N_k) \cdot \delta(N_k) + 1 \right) \cdot \gamma(N_k) \cdot N_k$$

Соответственно, максимальная величина отношения максимальной и минимальной численности уменьшится согласно формуле $\tilde{A} = (I/I_0) \cdot (A - 1) + 1$, где A соответствует динамике популяции при $I = I_0$, а \tilde{A} – динамике популяции при меньшем I . Стоит отметить, что это уменьшение произойдет главным образом за счет снижения максимальной численности популяции. Результаты расчетов величины \tilde{A} при различных значениях индекса оплодотворяющей способности I в зависимости от концентрации МУНТ представлены в таблице.

Еще одним следствием снижения индекса оплодотворяющей способности станет уменьшение значения равновесной численности популяции N^* (рис. 5). Поскольку $R(N)$ и $\delta(N)$ монотонно убывают и начальные и значения этих функций уменьшаются, уменьшится и равновесное значение численности, причем равновесное значение численности будет тем меньше, чем ниже окажется значение индекса оплодотворяющей способности.

Таблица
Table

Зависимость отношения максимальной и минимальной численности при колебаниях популяции от значений индекса оплодотворяющей способности
Dependence of maximal-minimal number ratio in population oscillations on fertilizing capacity index value

Конц. МУНТ, мг/кг	$I, \%$	\tilde{A}
0	95.2	3.5
0.3	79.8	3.1
3	59.5	2.6
30	54.8	2.4

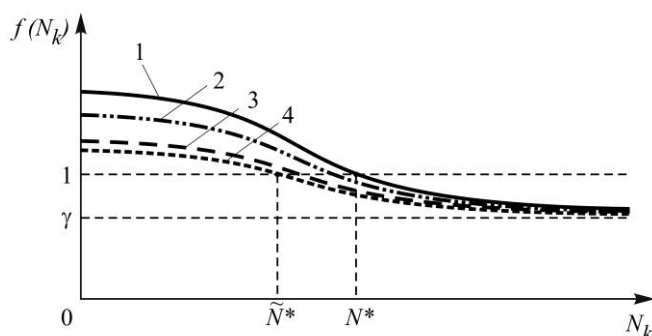


Рис. 5. Снижение равновесной численности популяции в модели, описываемой уравнением (2) при различных значениях индекса оплодотворяющей способности: 1 – $I = I_0$ (без воздействия МУНТ); 2 – $I/I_0 = 0.84$ (МУНТ 0.3 мг/кг); 3 – $I/I_0 = 0.625$ (МУНТ 3 мг/кг); 4 – $I/I_0 = 0.576$ (МУНТ 30 мг/кг)

Fig. 5. Decreasing of balanced population number according to the model described by equation (2) with fertilizing capacity index values of: 1 – $I = I_0$ (without MWCNT);

2 – $I/I_0 = 0.84$ (MWCNT 0.3 mg/kg); 3 – $I/I_0 = 0.625$ (MWCNT 3 mg/kg);
4 – $I/I_0 = 0.576$ (MWCNT 30 mg/kg)

Авторы также приводят оценку параметров, при которых колебательные решения уравнения (2) отсутствуют (3):

$$\left| \frac{df}{dN} \right| < \frac{2}{\gamma_0 (R_0 \delta_0 + 1) \cdot N^*} \quad (3)$$

Уменьшение доли непокрытых самок приведет к смещению этой границы. Уменьшится по абсолютной величине с коэффициентом I/I_0 производная (левая часть неравенства). Равновесное значение численности популяции N^* , как показано выше, снизится. Уменьшение значения $R_0 \delta_0$ приведет к уменьшению и второго сомножителя в знаменателе. Таким образом, левая часть (3) уменьшится, а правая увеличится, следствием чего станет существенное расширение области, в которой (3) справедливо, т.е. данный фактор приводит к увеличению вероятности отсутствия колебательных решений уравнения (2).

В работах [Боранбаев и др., 2012; Люлякин и др., 2013; Саранча, Тращев, 2014] рассмотрена модель динамики численности популяции леммингов (модель «РЛП» – «растительность-лемминги-песцы»), представляющая для нас большой интерес, поскольку отражает тенденции динамики численности, справедливые в целом для мышевидных грызунов. В ее рамках построена упрощенная модель, позволяющая получить количественные результаты, с высокой точностью совпадающие с реальными данными по динамике численности лемминга. В упрощенной модели динамика численности описывается разностным уравнением

$$N_{k+1} = \begin{cases} PN_k, & N < B \\ D, & N \geq B \end{cases}, \quad (4)$$

где N_k, N_{k+1} – значения плотности численности леммингов в двух последовательных итерациях (итерационный период взят равным одному году), P – коэффициент прироста биомассы леммингов в благоприятный год, B – критическое значение плотности численности леммингов, при котором в конце зимнего периода наступает нехватка корма, D – уровень оптимального биотопа, т.е. минимальная численность популяции, выживающая при практически любых экстремальных условиях. Наилучшее согласование с экспериментальными данными наблюдалось при следующих значениях параметров: $P = 2.2$; $B = 2$; $D = 0.75$. Модель хорошо согласуется с расчетами профессора Б. Гржимека [1988], согласно которым плотность популяции мышевидных грызунов повторяется с трехлетней периодичностью, при этом в один год развивается 3–4 поколения [Гржимек, 1988].

Разностное уравнение (4) является упрощением исходной имитационной модели [Саранча, Тращев, 2014], согласно которому P экспоненциально зависит от константы трофической функции g , определяющей переход биомассы растительности в биомассу леммингов: $P \sim \exp(g)$. При наличии УНТ в ареале леммингов, очевидно, $\tilde{g} = g \cdot I / I_0$, отсюда $\tilde{P} = P^{I/I_0}$. Подставляя в полученное соотношение значения I/I_0 , соответствующие различным концентрациям МУНТ: 0.84, 0.625 и 0.576, получаем следующие значения P : 1.95, 1.64 и 1.57 соответственно. Графики динамики численности популяции, соответствующие этим значениям, представлены на рисунке 6. Тенденции, наблюдаемые на этих графиках, сходны с представленными ранее: с уменьшением индекса оплодотворяющей способности уменьшается отношение максимальной и минимальной численности в ходе колебаний, причем это изменение происходит за счет существенного снижения максимальной численности. При минимальном из рассмотренных значений индекса I (рис. 6, 2) отмечено увеличение периода колебаний с 3 до 4 лет. При этом, максимальная численность немного увеличилась. Это связано с тем, что в течение первых трех лет цикла критическая плотность B , приводящая к массовой гибели в условиях весенней бескормицы, еще не была достигнута, и это поколение продолжило участие в процессе размножения в четвертый год. С дальнейшим снижением индекса I , очевидно, в условиях четырехлетнего цикла значение пиковой численности будет уменьшаться.

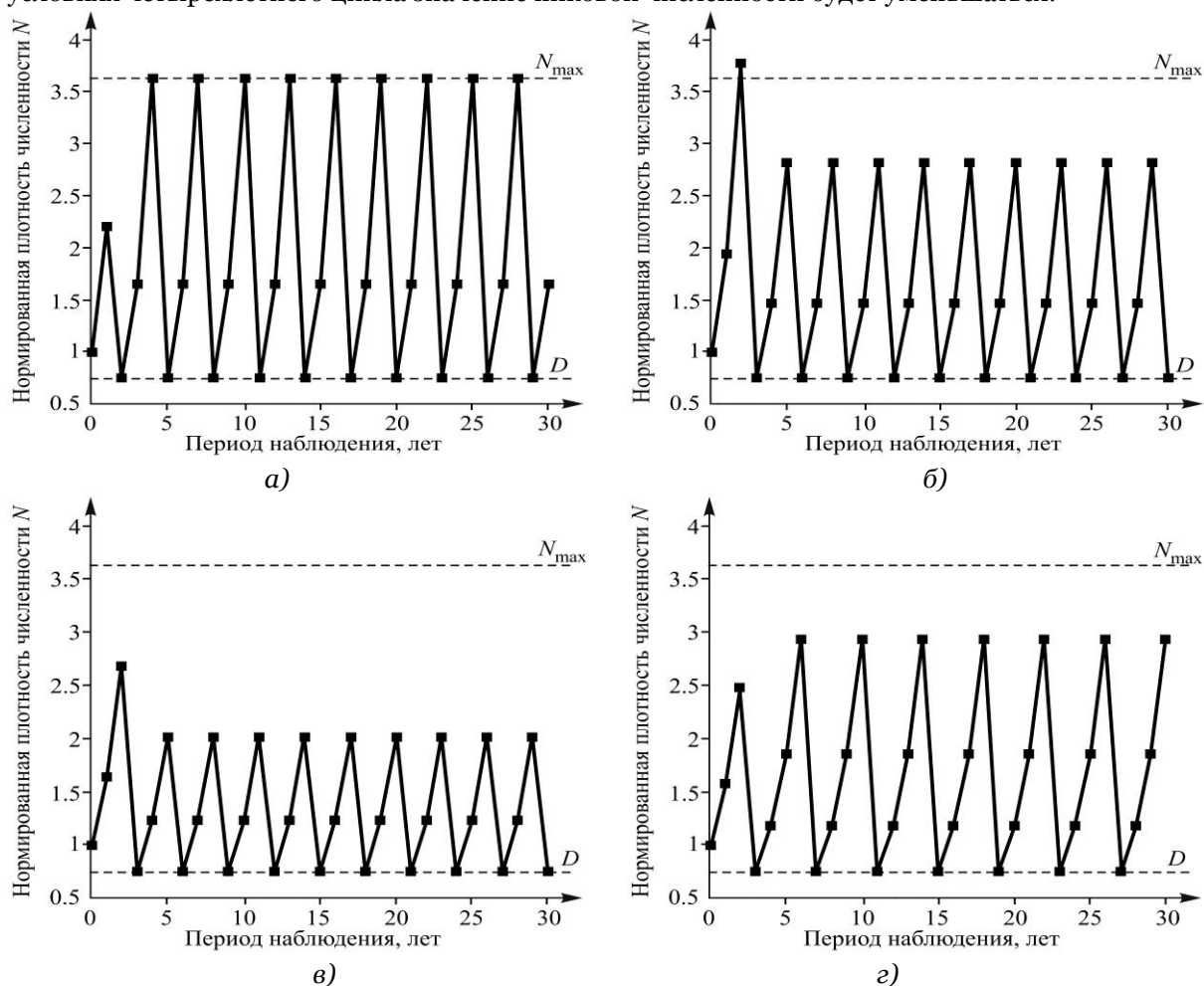


Рис. 6. Осцилляция численности популяции в рамках модели, описываемой уравнением (4) для различных значений индекса оплодотворяющей способности: а) $I = I_0$ (без воздействия МУНТ); б) $I/I_0 = 0.84$ (МУНТ 0.3 мг/кг); в) $I/I_0 = 0.625$ (МУНТ 3 мг/кг); г) $I/I_0 = 0.576$ (МУНТ 30 мг/кг). N_{\max} – уровень максимальной плотности численности популяции в отсутствие воздействия МУНТ

Fig. 6. Population number oscillations according to the model described by equation (4) with fertilizing capacity index values of: 1 – $I = I_0$ (without MWCNT); 2 – $I/I_0 = 0.84$ (MWCNT 0.3 mg/kg); 3 – $I/I_0 = 0.625$ (MWCNT 3 mg/kg); 4 – $I/I_0 = 0.576$ (MWCNT 30 mg/kg). N_{\max} is maximal population density value without MWCNT

Таким образом, в работе представлены данные аналитических исследований влияния снижения индекса оплодотворяющей способности, вызванного наличием МУНТ в среде обитания мышевидных грызунов, на популяционную динамику на базе математических моделей экологических процессов, допускающих как непрерывное, так и дискретное описание. Несмотря на различные подходы к математическому описанию динамики численности популяций, прогнозируемые эффекты влияния МУНТ, полученные во всех вышерассмотренных моделях, во многом идентичны, что может служить показателем их достоверности. На основании представленных результатов можно сделать следующие выводы.

1. Экспозиция МУНТ, вызывающая снижение индекса оплодотворяющей способности, приводит к изменениям динамики численности популяции по следующим показателям:

- снижение скорости роста численности популяции на 16–42% и, как следствие, увеличение на 16–42% периода депрессии популяции при концентрациях МУНТ 0.3–30 мг/кг соответственно;
- увеличение значения константы нижней критической численности популяции на 16–42% при концентрации МУНТ 0.3–30 мг/кг;
- снижение равновесного среднелетнего значения численности популяции в случае выраженного колебательного характера ее динамики;
- уменьшение амплитуды колебаний, выраженное в снижении отношения максимальной и минимальной численности, на 12–30% при концентрациях МУНТ 0.3–30 мг/кг, причем данное снижение осуществляется главным образом за счет уменьшения верхней пиковой численности;
- увеличение в некоторых случаях периода колебаний численности популяций, отмеченное, в частности, в модели «РЛП» с 3 до 4 лет при воздействии МУНТ в дозе 30 мг/кг.

2. Степень влияния МУНТ на популяционную динамику для трех рассмотренных концентраций возрастает с их увеличением. При этом с повышением концентрации рост величины изменений существенно замедляется. Так, относительный прирост основных показателей динамики численности при изменении концентрации МУНТ с 0.3 до 3 мг/кг составляет 25%, а при изменении концентрации с 3 до 30 мг/кг – 8%.

Стоит, однако, отметить, что динамика численности популяций в естественных биоценозах подвержена влиянию гораздо большего числа факторов, далеко не все из которых достаточно изучены и могут быть учтены в математических моделях. Речь, в частности, может идти о компенсаторных реакциях со стороны природных популяций. Поэтому результаты, предсказанные этими, как и любыми другими, абстрактными моделями, могут носить лишь вероятностный характер.

Таким образом, представленные выводы указывают на возможность экологически значимых последствий для динамики численности популяций мышевидных грызунов и, как следствие, для биоценозов, включающих эти популяции, с увеличением концентрации МУНТ в окружающей среде. Эти последствия во всех рассмотренных случаях носят негативный характер. Снижение скорости роста и восстановления популяции после неблагоприятных внешних воздействий, уменьшение пиковой и равновесной численности популяции может привести к увеличению периода депрессии популяции, а также к увеличению рисков потери или частичной утраты той роли, которую выполняет популяция в биоценозе [Ризниченко, 2003]. Для биоценоза в целом это может выражаться в снижении скорости восстановления ресурсов среды после различных разовых неблагоприятных воздействий, а также в снижении миграционной активности популяции и увеличению времени освоения и смены участков. Возможны также некоторые изменения пространственной структуры популяций, различных микроэволюционных процессов. Помимо этого, повышение константы нижней пороговой численности может существенно сказаться на устойчивости популяции к неблагоприятным внешним факторам, поскольку при прочих равных условиях падение численности популяции, не являющееся фатальным без воздействия МУНТ, способно, при наличии МУНТ в определенных концентрациях, привести к ее вырождению.

В связи с этим, скопление углеродных нанотрубок в значительных концентрациях может таить в себе угрозу для экосистем. И если природные источники УНТ слабо поддаются контролю, то для техногенных источников, роль которых в последнее время все больше возрастает, необходима разработка комплекса методов контроля и нормативов, ограничивающих вероятность попадания нанотрубок в окружающую среду.

Список литературы References

1. Базыкин А.Д. 1985. Математическая биофизика взаимодействующих популяций. М., Наука, 182.
Bazykin A.D. 1985. Matematicheskaja biofizika vzaimodejstvujushhijh populjacij [Mathematical Biophysics of interacting populations]. Moscow, Nauka, 182. (in Russian)



2. Бененсон И.Е. 1987. Плотностно-зависимая регуляция и колебания численности мелких млекопитающих. В кн.: Материалы моделирования популяционных экологических процессов. Владивосток, ДВО АН СССР: 6–31.

Benenson I.E. 1987. Density-dependence regulation and numbers fluctuations of small mammals. In: Materialy modelirovaniya populjacionnyh jekologicheskikh processov [Materials modeling population ecological processes]. Vladivostok, DVO AN SSSR: 6–31. (in Russian)

3. Боранбаев С.Н., Саранча Д.А., Таберхан Р., Тращев П.В. 2012. Применение комбинированного метода для создания математических моделей биогеоценозов различных регионов Казахстана (имитационная модель «растительность – лемминги – песцы». Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Специальный выпуск: 154–166.

Boranbaev S.N., Sarancha D.A., Taberhan R., Trashheev R.V. 2012. The use of the combined method for creating mathematical models biogeocenosis different regions of Kazakhstan (simulation model «vegetation – lemmings – arctic foxes»). Vestnik Evrazijskogo nacional'nogo universiteta imeni L.N. Gumileva [Bulletin of the Eurasian National University named after L.N. Gumilev], Special issue: 154–166. (in Russian)

4. Васюкова И.А., Гусев А.А., Халиуллин Т.О., Фатхутдинова Л.М., Убогов А.Ю. 2014. Многостенные углеродные нанотрубки и их влияние на показатели мужской репродуктивной системы. Нанотехнологии и охрана здоровья, 6 (1): 10–15.

Vasjukova I.A., Gusev A.A., Haliullin T.O., Fathutdinova L.M., Ubogov A.Ju. 2014. Multi-walled carbon nanotubes and their effect on the male reproductive system. Nanotehnologii i ohrana zdorov'ja [Nanotechnology and health], 6 (1): 10–15. (in Russian)

5. Гржимек Б. 1988. Экологические очерки о природе и человеке. М., Прогресс, 640.

Grzhimek B. 1988. Jekologicheskie ocherki o prirode i cheloveke [Environmental essays about nature and man]. Moscow, Progress, 640. (in Russian)

6. Курляндский Б.А., Филлов В.А. 2002. Общая токсикология. М., Медицина, 608.

Kurljandskij B.A., Filov V.A. 2002. Obshhaja toksikologija [General toxicology]. Moscow, Medicina, 608. (in Russian)

7. Любимов Б.И., Смольникова Н.М., Голованова И.В. Скосырева А.М., Чиркова Е.М. Рудаков А.Г., Верстакова О.Л. 1998. Методические рекомендации по доклиническому изучению репродуктивной токсичности фармакологических средств №98/304. М., 38.

Ljubimov B.I., Smol'nikova N.M., Golovanova I.V. Skosyreva A.M., Chirkova E.M. Rudakov A.G., Verstakova O.L. 1998. Guidelines for preclinical study of reproductive toxicity of pharmacological agents № 98/304. Moscow, 38. (in Russian)

8. Люлякин О.П., Саранча Д.А., Тращев П.В., Юрезанская Ю.С. 2013. Математическое моделирование экологических сообществ. Сообщения по прикладной математике. М., ВЦ РАН, 66.

Ljuljakin O.P., Sarancha D.A., Trashheev R.V., Jurezanskaja Ju.S. 2013. Matematicheskoe modelirovanie jekologicheskikh soobshhestv. Soobshhenija po prikladnoj matematike [Mathematical modeling of ecological communities. Reports on Applied Mathematics]. Moscow, VC RAN, 66. (in Russian)

9. Ризниченко Г.Ю. 2003. Математические модели в биофизике и экологии. Москва–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 184.

Riznichenko G.Ju. 2003. Matematicheskie modeli v biofizike i jekologii [Mathematical models in biophysics and ecology]. Moscow–Izhevsk: Institut komp'juternyh issledovanij, 184. (in Russian)

10. Садьков О.Ф., Бененсон И.Е. 1992. Динамика численности мелких млекопитающих: концепции, гипотезы, модели. М., Наука, 191.

Sadykov O.F., Benenson I.E. 1992. Dinamika chislenosti melkih mlekopitajushhih: koncepcii, gipotezy, modeli [The dynamics of small mammals: concepts, hypotheses, models]. Moscow, Nauka, 191. (in Russian)

11. Саранча Д.А., Тращев П.В. 2014. Некоторые подходы к моделированию эколого-биологических объектов. XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014: Труды. Электронный ресурс. URL: <http://vspu2014.ipu.ru/proceedings/prcdngs/6615.pdf> (17 июля 2014).

Sarancha D.A., Trashheev R.V. 2014. Nekotorye podhody k modelirovaniyu jekologo-biologicheskikh ob'ektov. XII Vserossijskoe soveshhanie po problemam upravlenija VSPU-2014: Trudy [XII All-Russian Conference on Control VSPU 2014: Proceedings]. Available at: <http://vspu2014.ipu.ru/proceedings/prcdngs/6615.pdf> (accessed 17 July 2014). (in Russian)

12. Gusev A.A., Snegin E.A., Polyakova I.A., Gorsheneva E.B., Tkachev A.G., Emeljanov A.V., Shutova S.V., Zayceva O.N., Shuklinov A.V., Fedorov A.V., Vasilieva T.V., Smirnova E.A., Lazareva E.M., Onishenko G.E. 2011. Reproductive toxicity of carbon nanostructured material – a promising carrier of drugs in laboratory mice. Journal of Physics. Conference Series, 291: 012052. Available at: http://iopscience.iop.org/1742-6596/291/1/012052/pdf/1742-6596_291_1_012052.pdf (accessed 28 February 2014).

Gusev A.A., Snegin E.A., Polyakova I.A., Gorsheneva E.B., Tkachev A.G., Emeljanov A.V., Shutova S.V., Zayceva O.N., Shuklinov A.V., Fedorov A.V., Vasilieva T.V., Smirnova E.A., Lazareva E.M., Onishenko G.E. 2011. Reproductive toxicity of carbon nanostructured material – a promising carrier of drugs in laboratory mice. Journal of Physics. Conference Series, 291: 012052. Available at: http://iopscience.iop.org/1742-6596/291/1/012052/pdf/1742-6596_291_1_012052.pdf (accessed 28 February 2014).

13. Iijima S. 1991. Helical microtubules of graphitic carbon. Nature, 354: 56–58.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 631.41

СОДЕРЖАНИЕ БЕНЗАПИРЕНА В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ CONTENT OF BENZOPYRENE IN SOIL LAYER OF A PETROLEUM REFINING PLANT

А.А. Околелова¹, А.С. Мерзлякова², В.П. Кожевникова³
A.A. Okolelova¹, A.S. Merzliakova², V.P. Kozhevnikova³

¹ Волгоградский государственный технический университет, Россия, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, 28

² ООО ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка, Россия, 400029, г. Волгоград, ул. 40 лет ВЛКСМ, 55

³ ООО «Технопроект НВТИСИЗ», Россия, 400120, г. Волгоград, ул. Елецкая, 108

¹ Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russia

² «LUKOIL-Volgogradneftepererabotka», LLC, 55 40 years VLKSM St, Volgograd, 400029, Russia

³ «Tekhnoprojekt NVTISIZ», LLC, 108 Eletskaia St, Volgograd, 400120, Russia

E-mail: allaokol@mail.ru

Ключевые слова: бензапирен, ПДК, почвы, концентрация загрязняющих веществ, рекреационная зона, геохимический фон.

Key words: benzopyrene, maximum concentration limit, soils, concentration of the polluting substances, a recreational zone, a background.

Аннотация. Бензапирен (БП) относят к 1 классу опасности, канцерогенно активным соединениям, продукт неполного сгорания (пиролиза) органических соединений, входит в состав продуктов переработки угля, нефти (тяжелые фракции). Объектам исследования послужил почвенный покров окрестностей ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка».

В зависимости от удаления от источника выбросов были выделены следующие зоны: рекреация, фон, жилые массивы, санитарно-защитная зона, промзона, полигоны захоронения твердых и вязких отходов, пруд-накопитель. Содержание бензапирена максимально в почвенном покрове полигонов и превышает ПДК в 7.7 раза. Концентрация БП в почвенном покрове промзоны в 9 раз ниже, чем на полигонах, превышение ПДК локально. В почвах санитарно-защитной зоны и жилого массива превышение ПДК бензапирена не выявлено, концентрация составляет соответственно 0.006 и 0.010 мг/кг.

Resume. Benzopyrene is a substance of the first grade of danger, a carcinogenic substance and product of incomplete burning (pyrolysis) of organic compounds. Benzopyrene is a part of products of coal refinery and oil refinery (sinking fractions). The object of the research is the soil layer of the surroundings of LLC "LUKOIL-Volgogradneftepererabotka" plant. The following zones were determined depending on their distance from the source of pollution: recreation, background zone, housing blocks, buffer area, industrial zone, areas for solid and viscous waste disposal and a storage pond. The highest density of benzopyrene is that in the soil layer of disposal sites. It is seven times higher than the threshold limit value (TLV). Benzopyrene density in the soil layer of industrial zone is nine times lower than that of disposal sites, the threshold limit value is overrun only in some locations. No TLV excess of benzopyrene was discovered in the soil of buffer area and of housing blocks, its density is 0.006 and 0.001 mg/kg accordingly.

Введение

К самым многочисленным поллютантам органического происхождения относят продукты неполного сгорания, среди которых выделяют макроциклические углеводороды ароматические (МУА). В эту группу входит около 500 соединений. К самыми опасным, по определению Американского агентства охраны среды, относят шестнадцать, из которых в Европе чаще всего встречаются: бензапирен, флуорантен, бензофлуорантены (b, k, g, h, i), индено[1,2,3-c,d]пирен [Мажайский, Желязко, 2003; Мажайский, 2008].

Самым опасным считается вторичное испарение МУА из почвы и их ассимиляция из воздуха наземными частями растений. Способность к растворению МУА зависит от их молекулярной массы. Малые молекулы лучше растворяются в воде.



Прочным органическим соединениям свойственны лиофобность, слабая растворимость в воде, низкая фугитивность и длинный (более 10 лет) период полураспада. Как указывает А. Starek [1996], в почве период полураспада оценивается в пять лет. М. Kawano с соавторами [2000] считают, что ксенобиотики в почве подвергаются следующим превращениям: адсорбции на органической и илистой частицах, вымыванию, испарению в атмосферу, выносу биотой, инфильтрации в нижележащие горизонты, а также различным видам деградации – биологической, химической, фотолизу.

Загрязнение почв МУА не является необратимым процессом. Микроорганизмы (бактерии и грибы) участвуют в их трансформации, небольшое количество МУА подвергается физико-химическому распаду. В почвах с высоким содержанием органических соединений отмечена большая сорбция МУА и их замедленный распад [Maliszewska-Kordybach, 1993].

Естественная эмиссия МУА в биосфере составляет 30–60 млн. т в год. Природные источники – вегетационные процессы некоторых организмов, процессы гниения, пожары. Причины антропогенной эмиссии – неполное сгорание горючего, испарение жидкого топлива, пиролиз органических соединений во многих промышленных процессах. МУА также входит в состав нефти. Основные источники – угольная и металлургическая промышленность, ТЭС, печи, транспорт и даже табачный дым [Мажайский, Желязко, 2003; Нейтрализация ..., 2008].

Источниками бензапирена (БП) могут быть отработавшие газы автомобильных двигателей, органические вяжущие материалы, используемые при строительстве дорог, шины [Пшенин, 2003]. О.Н. Горбцова с соавторами [2006] изучая ряд типичных для степной зоны растений Ростовской области (овсюг обыкновенный, полынь горькая, пырей ползучий, мышей зеленый, просо куриное, пастушья сумка, вьюнок полевой, марь белая, амброзия полынно-лиственная, подорожник большой) установили, что источником высокого содержания 3,4-бензапирена является не корневое питание, а атмосферное загрязнение.

В Польше допустимая концентрация МУА в охраняемых территориях составляет 20 мг·кг⁻¹. В непахотных почвах Швеции их концентрация составила 15 мг·кг⁻¹, в пахотных угодьях Японии – не превышала 1 мг·кг⁻¹, вблизи заводов, производящих конденсаты и другие электрические устройства – 510 мг·кг⁻¹ [Kupper et al., 2003].

БП составляет 2–10% от общего количество МУА, но его токсичность наибольшая. Это соединение образуется в процессе пиролиза, а, значит, и сгорания любого вида горючего. Его содержание в сырой нефти составляет 2.8 мг·кг⁻¹, в свежем и переработанном двигательном масле – соответственно 0.27 и 35 мг·кг⁻¹ [Kupper et al., 2003].

Большое значение имеют и способы определения БП в почве. БП экстрагируют из почвы субкритической водой, омылением при температуре 250°C. Авторы указывают, что степень извлечения данными методами составляет около 74%. Снижение температуры до 230°C понижает выход продукта до 38%, при повышении до 270°C – до 50%, так как при этом происходит частичное разложение 3,4-бензапирена. Сложность определения 3,4-бензапирена (1,2-бензапирен, C₂₀H₁₂) состоит в том, что он образует многокомпонентные связи и плотно связан с матрицей [Другов, Родин, 2000, 2013].

Предельно допустимая концентрация 3,4-бензапирена в почвах составляет 0.02 мг/кг. В Дании [Edelgaard et al., 2003] почва считается не токсичной, если содержание БП не превышает 0.1 мг/кг (soil ecotoxicity quality criterium), при концентрации выше 1.0 (cleanup level) – рекомендуют проводить ремедиацию. В Нидерландах ПДК (maximum permissible concentration) БП в почве составляет 0.052 мг/кг [Ларина, 2010].

Федеральный закон о защите почв Германии используют нормативы, в зависимости от вида нагрузки: для почв детских площадок содержание БП принимают равным 2 мг/кг, жилых зон – 4, парков – 10, промышленных зон – 12 [Federal Government, 1999].

Предложенная Г.В. Мотузовой и О.С. Безугловой градация по уровню загрязнения почвы этим токсикантом как допустимый уровень оценивает его содержание в почве ниже ПДК, как низкий – от ПДК до 0.1, средний – от 0.1 до 0.25, высокий – от 0.25 до 0.5 и очень высокий – выше 0.5 мг/кг [Мотузова, Безуглова, 2007].

Объекты и методы исследования

Объектом исследования послужил почвенный покров промышленной зоны ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка» и его окрестностей, расположенных в пределах городской черты Волгограда, в Красноармейском районе (рис. 1). Проектная мощность – 6 млн. т/год. На сегодняшний день, после реконструкции, проведенной в 2010 г., она достигает 10.9 млн. тонн перерабатываемой нефти. На предприятии перерабатывают только малосернистую нефть, с содержанием серы не более 0.6% [Околелова и др., 2013]. Контроль содержания БП в почвах проводили летом 2012 г.

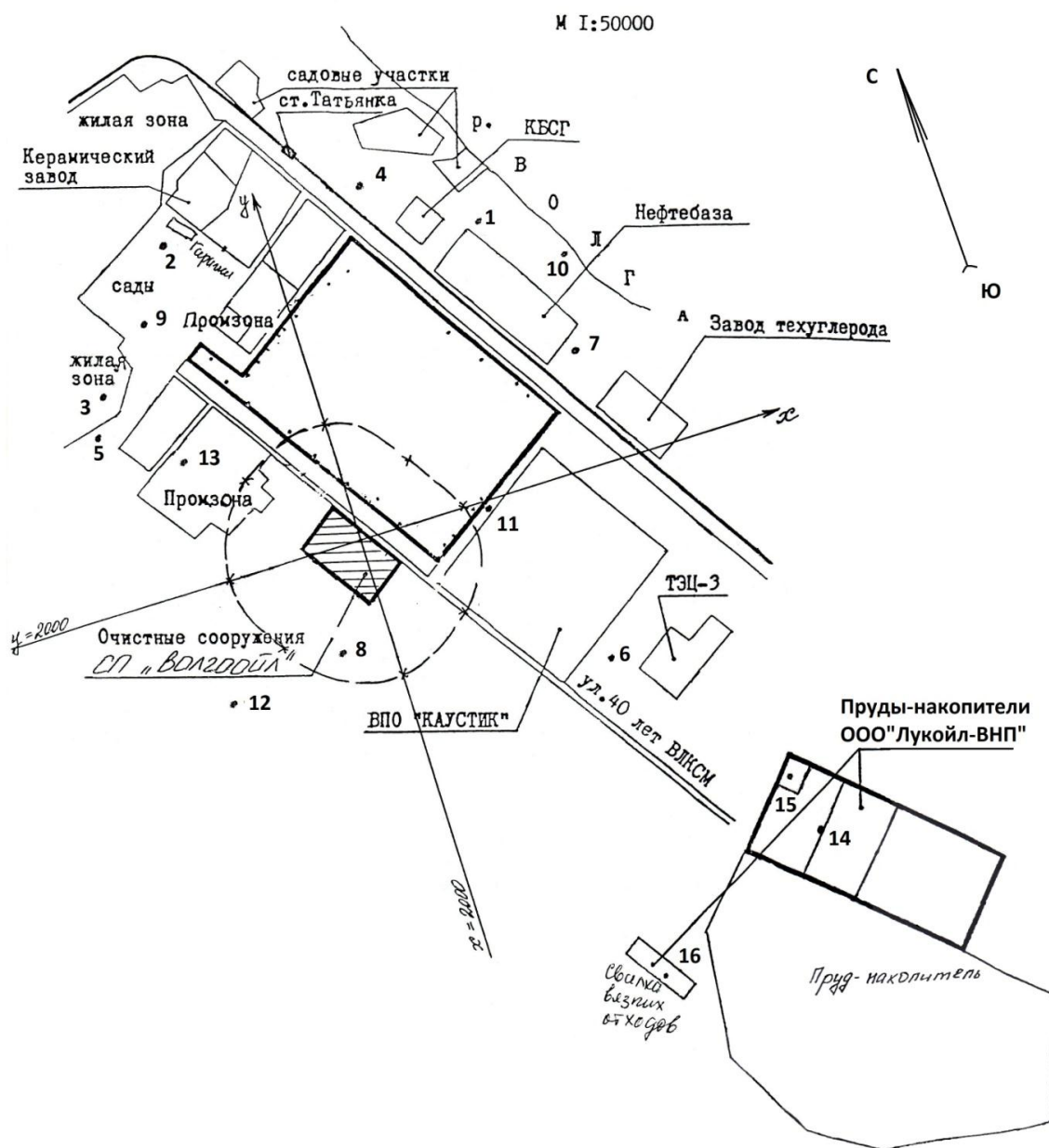


Рис. 1. Схема зонирования объектов исследования
 Fig. 1. Scheme of zoning of objects of research

В районе расположения нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) естественный почвенно-растительный покров практически не сохранился, хотя есть участки, где нарушения менее значительны. Характеризуя почвенно-растительный покров в целом, можно говорить лишь о зонально-региональной принадлежности. В настоящее время почвенно-растительный покров находится под значительным антропогенным прессингом. Непосредственно на исследуемой площадке его естественный облик утрачен вследствие планировки территории, возведения эстакад, резервуаров и т. д. Растительный покров очень обеднен и представлен в основном рудеральными видами. Наличие сажевого налета, хлорозы, некрозы и другие визуальные признаки загрязнения на надземных частях растений на период исследования не обнаружены. Район расположения предприятия относится к зоне полупустынных степей, подзоне светлокаштановых степей Ергенинской возвышенности и Донской равнины.

Непосредственно на НПЗ естественный почвенный покров не сохранился. При первоначальном строительстве был произведен большой объем земляных работ – планировка всей площадки, сооружение наземных объектов и подземных коммуникаций. Почвы НПЗ подвергаются погребению и перемешиванию с инородными компонентами.



Почвенная толща площадки претерпела значительные изменения и представляет собой перемешано-насыпные культурные отложения тяжелого гранулометрического состава с трансформированным профилем, в некоторых местах с антропогенными включениями (куски щебня, металлической проволоки, строительный мусор и т. д.).

Мы разделили исследуемые объекты по зонам следующим образом: рекреация, фон (дачный массив, расположенный в 2 км от предприятия); жилые массивы (1–2 км, 3 объекта); санитарно-защитная зона (менее 1 км, 11 объектов); территория предприятия, промзона (12 объектов); полигоны захоронения твердых и вязких отходов, пруд-накопитель. Отбор проб и подготовку почв к анализам проводили согласно ГОСТу 17.4.4.02-84. Пробы почв отбирали методом конверта с глубины 0–20 см, из 5 проб делали одну. Был обследован почвенный покров у трех водоблоков, у каждого было отобрано 5, 10 и 15 проб соответственно, у газофакельного хозяйства и очистных сооружений за флотаторами – по 15, в окрестностях ремонтно-механического цеха, установки по производству присадок и очистки масел фенолом – по 10, у остальных объектов – по 5. Характеристика почвенного покрова и его морфологические характеристики описаны нами ранее [Околелова и др., 2013, 2014].

Массовую долю бензапирена в почвах определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ФР.1.31.2005.01725). Метод измерения основан на экстракции БП из почвы хлористым метиленом, концентрировании экстракта, очистке на колоночной хроматографии, хроматографическом разделении, регистрации сигнала компонентов с использованием флуоресцентного детектора, идентификации БП на хроматограмме по времени удерживания и расчете его массовой доли с использованием градуировочной зависимости по пику (ПНДФ 16.1:2.2.2:3.39-03). Анализы проводили в аккредитованном испытательном Центре ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по Волгоградской области».

Определение массовой концентрации бензапирена осуществляется методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с флуориметрическим детектированием. Пробоподготовка состоит из этапов отбора пробы, высушивания образца до постоянного веса, измельчения высушенной пробы в ступе до гомогенного порошка, экстракции пробы гексаном в конической колбе с использованием УЗ-ванны (ультразвуковые), фильтрования экстракта с помощью одноразового шприца через фильтрующую насадку PTFE, добавления к заданному объему фильтра 5 объемных процентов этилацетата, очистки смеси методом твердофазной экстракции на картриджах Strata Silica Si-1, сборе элюата.

Для хроматографического анализа бензапирена использовали изократическую высокоэффективную жидкостную хроматографическую систему «Стайер» с флуориметрическим детектированием. Предварительно готовили градуировочные растворы из ГСО (государственный стандартный образец) раствора бензапирена в гексане или из ГСО раствора бензапирена в ацетонитриле (растворитель отдувают, перерастворяют стандартный образец в гексане); проводят пробоподготовку; подготавливают к работе прибор.

Используя установленное программное обеспечение – «МультиХром для Windows XP» в отчете или над пиком (в зависимости от установок опций «ВИД») по окончании измерения автоматически определяли результат в виде концентрации БП в пробе, введенной в хроматограф (но не в исходном образце, взятом для исследования).

Результаты и их обсуждение

Целью работы было оценить состояние территорий, испытывающих многолетнее техногенное воздействие предприятия нефтегазохимического комплекса, основным загрязняющим компонентом которого являются выбросы, содержащие продукты переработки и неполного сгорания углеводородного сырья.

Бензапирен (БП) относят к 1 классу опасности, канцерогенно активным соединениям, классу полиядерных ароматических углеводородов (ПАУ), его молярная масса 252.32 г/моль. БП – продукт неполного сгорания (пиролиза) органических соединений, входит в состав продуктов переработки угля, нефти (тяжелые фракции). Ниже приведены результаты его определения в почвенном покрове промзоны, полигонов, санитарно-защитной зоны, жилого массива и рекреационной зоны (табл. 1, 2).

Из анализа таблицы 1 видно, что в окрестностях полигона и пруда-накопителя концентрация БП превышает ПДК в 7–8 раз. В промзоне содержание бензапирена в почвах превышает ПДК около очистных сооружений (0.025), водоблоков (0.023), равна ПДК (0.02 мг/кг) в почвенном покрове трубопроводов и установки по производству присадок, близка к таковой на территории селективной очистки масел фенолов и реагентного хозяйства (0.019 мг/кг). Вблизи остальных объектов концентрация БП изменяется в диапазоне от 0.014 (ремонтно-механический цех) до 0.005 (резервуарный парк по хранению товарной продукции).

Таблица 1

Table 1

Содержание 3,4-бензпирена в почвах промзоны и полигонов, при P=0.95
The maintenance of a 3,4-benzpiren in soils of an industrial zone and grounds, at P=0.95

№ п/п	Объект	3,4-бензпирен, мг/кг	Δ
1	Газофакельное хозяйство	0.015	0.040
2	Трубопроводы	0.020	0.040
3	Установка селективной очистки масел фенолом	0.019	0.040
4	Водоблоки (№1–3)	0.023	0.011
5	Реагентное хозяйство	0.019	0.011
6	Ремонтно-механический цех	0.014	0.040
7	Резервуарный парк топливного блока	0.013	0.040
8	Резервуарный парк маслблока:	0.010	0.030
9	Резервуарный парк по хранению товарной продукции	0.005	0.030
10	Очистные сооружения: площадки за флотаторами	0.025	0.040
11	Установки по производству присадок	0.020	0.040
	Среднее в почвах промзоны	0.017	
12	Полигон твердых отходов	0.164	0.018
13	Пруд-накопитель	0.142	0.018
	Среднее в почвах полигонов	0.153	

Таблица 2

Table 2

Содержание 3,4-бензпирена в почвах рекреационной зоны, жилого массива и санитарно-защитной зоны, при P = 0.95
The maintenance of a 3,4-benzpiren in soils of a recreational zone, the inhabited massif and sanitary protection zone, at P = 0.95

№ п/п	Объект	3,4-бензпирен, мг/кг	Δ
1	Рекреационная зона, фон	0.005	0.002
2	Школа № 71	0.005	0.002
3	Станция водоочистки	0.005	0.002
4	Пос. Керамический	0.008	0.002
	Среднее по СЗЗ	0.006	
5	Овощная база	0.011	0.003
6	Стела «Волгоград»	0.011	0.003
7	ДК «Царицын»	0.005	0.002
8	Нефтебаза	0.021	0.003
9	Автобусная остановка	0.005	0.002
10	Причалы	0.007	0.002
11	Автобаза	0.011	0.003
	Среднее по жилому массиву	0.010	

Анализ данных, приведенных в табл. 2 показал, что в почвах рекреационной зоны (фон), жилого массива и объектах СЗЗ только в окрестностях нефтебазы содержание бензпирена соответствует ПДК (0.02 мг/кг), в остальных объектах превышений нами не зафиксировано.

Выводы

1. Содержание бензпирена максимально в почвенном покрове полигонов и превышает ПДК в 7.7 раза.
2. Концентрация БП в почвенном покрове промзоны в 9 раз ниже, чем на полигонах, превышение ПДК локально.
3. В почвах санитарно-защитной зоны и жилого массива превышение ПДК 3,4-бензпирена не выявлено. Его средняя концентрация составляет соответственно 0.006 и 0.010 мг/кг.
4. В почвенном покрове рекреационной зоны концентрация бензпирена равна 0.005 мг/кг.

Список литературы

References

1. Горобцова О.Н., Назаренко О.Г., Минкина Т.М., Борисенко Н.И., Ярошук А.В. 2005. Роль почвенного покрова в миграции и аккумуляции полициклических ароматических углеводородов при техноген-



ном загрязнении. Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки, 1: 73–79.

Gorobtsova O.N., Nazarenko O.G., Minkina T.M., Borisenko N.I., Yaroshchuk A.V. 2005. The role of soil layer in the migration and the accumulation of benzene hydrocarbons in cases of man-caused pollutions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Estestvennye nauki*, 1: 73–79. (in Russian)

2. Другов Ю.С., Родин А.А. 2000. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов. СПб, 250.

Drugov Ju.S., Rodin A.A. 2000. *Jekologicheskie analizy pri razlivah nefti i nefteproduktov* [Ecological analyses during spills of oil and petroleum products]. Saint-Petersburg, 250. (in Russian)

3. Другов Ю.С., Родин А.А. 2007. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: практическое руководство. М., Изд-во «БИНОМ. Лаборатория знаний», 424.

Drugov Ju.S., Rodin A.A. 2007. *Analiz zagrjaznennoj pochvy i opasnyh othodov: prakticheskoe rukovodstvo* [Analysis of spoiled soil and dangerous waste products]. Moscow, Izd-vo «BINOM. Laboratorija znanij», 424. (in Russian)

4. Ларина В.М. 2010. Проблемы нормирования органических загрязняющих веществ в почвах. Органо-минеральная матрица почв. В кн.: XIII Докучаевские молодежные чтения. Материалы Всероссийской научной конференции (Санкт-Петербург, 1-4 марта 2010 г.). СПб: 83–84.

Larina V.M. 2010. Issues of norm-setting for organic contaminants in soils. Organic and mineral matrix of soils. In: XIII Dokuchaevskie molodezhnye chtenija. Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii (Sankt-Peterburg, 1-4 marta 2010 g.) [XIII youth reading Dokuchaeva name. Proceedings of the Scientific Conference (St. Petersburg, 1–4 March 2010)]. Saint-Petersburg, 2010: 83–84. (in Russian)

5. Мажайский Ю.А., Желязко В.И. 2003. Экологическое обоснование технологий реабилитации загрязненных земель. Земледелие, 2: 6–9.

Mazhayskiy Yu.A., Zhelyazko V.I. 2003. Ecological grounds for the technology of contaminated soils rehabilitation. *Zemledelie*, 2: 6–9. (in Russian)

6. Мажайский Ю.А. (общ. ред.). 2008. Нейтрализация загрязненных почв. Рязань, МФ ВНИИГИМ, 528.

Mazhayskiy Ju.A. (gen. ed.). 2008. *Nejtralizacija zagrjaznennyh pochv* [Neutralization of contaminated soils]. Ryazan, MF VNIIGIM, 528. (in Russian)

7. Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. – М., Гуадеамус: Академический проспект, 2007: 238.

Motuzova G.V., Bezuglova O.S. 2007. *Ekologicheskij monitoring pochv* [Ecological monitoring of soils]. Moscow, Guadeamus, 238. (in Russian)

8. Окоделова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Мерзлякова А.С. 2013. Оценка состояния почвенного покрова в зоне деятельности нефтехимического предприятия. Проблемы региональной экологии, (5): 59–61.

Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Merzlyakova A.S. 2013. Assessment of the state of soil in the area of the petrochemical enterprise. *Problemy regional'noy ekologii* [Regional environmental issues], (5): 59–61. (in Russian)

9. Окоделова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Кастерина Н.Г., Мерзлякова А.С. 2014. Особенности почвенного покрова Волгоградской агломерации. Волгоград, ВГАУ, 224.

Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Egorova G.S., Kasterina N.G., Merzlyakova A.S. 2014. *Osobennosti pochvennogo pokrova Volgogradskoy aglomeratsii* [Features of soil Volgograd agglomeration]. Volgograd, VGAU, 224. (in Russian)

10. Пшенин В.Н. 2003. Актуальные вопросы оценки загрязнения почвенного покрова вблизи автомагистралей. В кн.: Экологизация автомобильного транспорта. Труды Всероссийского научно-практического семинара. СПб., МАНЭБ: 83–88.

Pshenin V.N. 2003. Topical issues of pollution assessment of soil near highways. In: *Jekologizacija avtomobil'nogo transporta. Trudy Vserossijskogo nauchno-prakticheskogo seminar* [Greening road transport. Proceedings of the All-Russian scientific-practical seminar]. Saint-Petersburg, MANEB: 83–88. (in Russian)

11. Federal Government. 1999. Federal soil protection and contaminated site ordinance (BBodSchV). *Federal Law Gazette*, (1): 1554–1582.

12. Kawano M., Brudniowska B., Falandysz I., Wakimoto T. 2000. Polichlorowane bifenyle i pestycydy chloroorganiczne w glebach w Polsce. *Rocz Panstw Zakl Hig*, 51 (1): 15–28.

13. Kupper T., Bachmann H., Becker K., Brandli T., Daniel O., Mayer J., Stadelmann F. 2003. Project organic pollutants in compost and digestate in Switzerland. Available at: <http://www.energyinst.org.uk/content/files/ukrefining.pdf> (accessed 18 February 2013)

14. Maliszewska-Kordybach B. 1993. Trawalosc wielopierscieniowuch weglowodorow aromatycznych w glebie. *Wyd. IUNG, H(4)*, Pulawy, 81.

15. Starek A. 2001. Polichlorowane bifenyle – toksykologia – ryzyko zdrowotne. *Rocz Panstw Zakl Hig*, 52 (3): 187–201.

УДК 57.047

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ТЕРРИТОРИИ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ

CONCENTRATION OF HEAVY METALS IN SOILS WITH DIFFERENT LEVEL OF ANTHROPOGENOUS LOAD OF THE TERRITORIES OF KURSK REGION

**Н.П. Неведров¹, А.Л. Белоконь¹, С.А. Анненков¹, А.А. Проценко²,
Е.П. Проценко¹, Н.А. Балабина¹, А.В. Пученкова³
N.P. Nevedrov¹, A.L. Belokon¹, S.A. Annenkov¹, A.A. Protsenko²,
E.P. Protsenko¹, N.A. Balabina¹, A.V. Puchenkova³**

¹ Курский государственный университет, Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33

² РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, Россия, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

³ Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Россия, 305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, 70б

¹ *Kursk state university, 33 Radishchev St, Kursk, 305000, Russia*

² *Russian State Agrarian University Moscow Timiryazev Agricultural Academy, 49 Timiryazevskaya St, Moscow, 127550, Russia*

³ *Russia scientific research institute of agriculture and protection of soils against an erosion, 70b Karl Marx St, Kursk, 305021, Russia*

E-mail: 9202635354@mail.ru

Ключевые слова: тяжелые металлы, урбоэкотопы, постсельскохозяйственные агроценозы, залежные земли, антропогенная нагрузка, загрязнение почв.

Key words: heavy metals, urboecotop, fallow land, anthropogenous loading, pollution of soil.

Аннотация. В работе рассмотрены различные по степени антропогенной нагрузки группы почв Курской области. Исследовано содержание подвижных и валовых форм тяжелых металлов цинка, свинца, кадмия и меди в почвах урбоэкотопов и почвах постсельскохозяйственных агроценозов. Зафиксировано загрязнение почв тяжелыми металлами (до 7 ПДК) на участках с высокой степенью антропогенной нагрузки. Отмечена устойчивая взаимосвязь между содержанием ТМ в почвах и степенью антропогенной нагрузки.

Resume. There are three groups of soils in Kursk region according to the degree of anthropogenic load: soil with a high degree of anthropogenic load (urban soils), soil with moderate load (agricultural soils) and soils with low anthropogenic load (conservation areas). One of the most numerous and highly toxic polluting substances is heavy metals. According to the data of sanitary and epidemiological service about 16% of soils in Russia are polluted with heavy metals. The similar problem exists in Kursk region. Excess of heavy metals standards in soil are detected both by research scientists, and by authorized State bodies for environmental impact assessment.

Objects of the research were soils (typical chernozem soil) of Kursk industrial area – microdistrict Volokno, soils (grey forest and chernozem soils) of fallow land of Kursk, Fatezh and Zolotukhino districts, soils (typical chernozem soil) of Zorinsk piece of The Professor V.V. Alekhine Central Black Earth State Reserve.

Examined soil areas of microdistrict Volokno (dimension of each area is 10 ha) contained high quantity of gross (1.4–7.2 MPC) and mobile (1.5–7.1 MPC) forms of lead. Among the studied fallow lands of Kursk region, a total area of 200 hectares, none of the selected soil samples contained exceeding the MPC content of heavy metals studied. Concentrations of heavy metals in soil of fallow lands correspond to background concentrations for Kursk region. Research of soils of Zorino area of the Central Black Earth Reserve showed that the content of heavy metals mobile forms in them does not exceed the limit values. The lowest content of the studied heavy metals in soil samples was observed in the most distant areas from the sources of anthropogenic heavy metals emissions (railway, cultivated fields of agricultural use).

In the soils of Kursk urban areas there were found significant excesses of the content of mobile and gross forms of lead from 1.4 to 7.2 MPC. Also there was detected pollution of soils with cadmium (5.5 MPC) and zinc (1.1 MPC) due to excessive industrial load and diverse direction of manufacture in this area. In soils of former agricultural areas there was found a stable correlation between the content of trace elements (HM) and anthropogenic load, which appears even in a case of its minimum modification.

Введение

В Курской области по степени антропогенной нагрузки можно выделить 3 группы почв: почвы с высокой степенью антропогенной нагрузки (городские почвы), почвы со средней степенью нагрузки (сельскохозяйственные почвы) и почвы с низкой степенью антропогенной нагрузки (заповедные территории).



Почвы подавляющего количества урбоэкотопов испытывают ежегодно возрастающий антропогенный пресс, в связи с чем, подвержены загрязнению различного рода поллютантами. Современные почвы городов делятся на две группы. Первая группа представлена почвами клумб, газонов, пустырей, садово-огородных участков, вторая – запечатанными в асфальт почвами [Герасимова, 2003]. Депонирование загрязняющих веществ, присуще первой группе почв. Аккумулированные почвой токсичные вещества приводят к контоминации растительных продуктов, выращиваемых на многочисленных дачных и садово-огородных участках, расположенных как вблизи территории города, так и непосредственно в ней. К тому же, поступающие в почву поллютанты способны к стремительной миграции вниз по почвенному профилю. Данное явление несет в себе опасность загрязнения грунтовых вод.

Подвергаются загрязнению и почвы сельскохозяйственного пользования, которое является следствием чрезмерного использования химических средств защиты растений, удобрений, неправильного орошения, мелиорации и других агротехнических мер применяемых для сохранения и увеличения урожая.

Подобные загрязнения носят как локальный, так и повсеместный характер и требуют применения немедленных мер по детоксикации загрязняющих веществ [Соколов и др., 2008; Постников, 2009; Неведров и др., 2012; Неведров и др., 2013а; Неведров и др., 2013б].

Третья группа — почвы заповедников, которые испытывают косвенное влияние и антропогенная нагрузка не столь значительна, поэтому их можно считать эталонными [Балабина, Белоконь, 2012].

Одними из многочисленных и высокотоксичных загрязняющих веществ являются тяжелые металлы. По данным санитарно-эпидемиологической службы в среднем по России 16% почв загрязнены тяжелыми металлами.

Подобная ситуация сложилась и в Курской области. Превышение норм содержания тяжелых металлов в почвах постоянно фиксируют, как ученые-исследователи [Жидеева, 2000; Прусаченко, 2011, Неведров, Проценко, 2013; Неведров и др., 2013а], так и уполномоченные государственные экологические структуры [Струкова, 2013].

По данным источников литературы приоритетными загрязняющими веществами для почв урбоэкотопов г. Курска являются цинк и свинец [Прусаченко, 2011; Проценко, Неведров 2013; Неведров, Проценко, 2013]. В почвах сельскохозяйственных угодий часто встречается медное и цинковое загрязнение [Жидеева, 2000].

В соответствии с Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами [САНПИН 2.1.7.1287-03, 2003] свинец, кадмий и цинк относятся к первому классу опасности химических загрязняющих веществ. Принятый в России предельно допустимой концентрацией кадмий в почве населенных пунктов является 0.5 мг/кг [ГН 2.1.7.2041-06, 2006]. Хотя кадмий более токсичен, чем свинец, риск отравления кадмием в нашей стране менее изучен, поскольку отравление этим металлом более характерно для индустриально развитых стран Юго-Восточной Азии.

Объекты и методы исследования

В качестве объектов исследования были взяты почвы (чернозем типичный) промышленной зоны г. Курска – микрорайон Волокно, почвы (серые лесные и черноземные) залежных земель Курского, Фатежского и Золотухинского районов, почвы (чернозем типичный) Зоринского участка Центрального-Черноземного природного биосферного заповедника им. проф. В.В. Алехина (ЦЧЗ) (рис. 1).

Зоринский участок заповедника создан 7 марта 1998 года на площади 495.1 га в Обоянском и Пристенском районах Курской области для сохранения уникального памятника природы «Зоринские болота». Здесь на небольшой территории концентрируются разнообразные типы болот, в том числе сфагновых. Пространство между болотами и лесными участками занято преимущественно разновозрастной залежью. В структуре природно-территориальных комплексов Зоринского участка залежные геосистемы являются доминантными, так как их площадь составляет от 35 до 51% [Белоконь и др., 2014].

Рассматриваемая Залежь на Зоринском участке Центрально-Черноземного заповедника – это постсельскохозяйственные геосистемы, которые развиваются в заповедных условиях, исключая деятельность человека [Белоконь и др., 2014].

Отбор проб почв проводили согласно общепринятой методике [Минеев, 2011]. Содержание тяжелых металлов в почвах определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе ТА-4. Подвижные формы ТМ извлекались ацетатно-аммонийным буфером, валовые – методом мокрого озоления азотной кислотой [МУ 31 11/05, 2005]. Лабораторные исследования образцов почв проводились на базе аккредитованной НИЛ «Мониторинга объектов

окружающей среды» Курского государственного университета. Статистический анализ данных произведен средствами пакета Microsoft Excel.



Рис. 1. Расположение исследуемых участков на карте Курской области (масштаб 1:1500000)
 Fig. 1. Layout of the researched sections on a card of Kursk region (scale 1:1500000)

Результаты и обсуждения

В исследуемых участках почв микрорайона Волокно (размер каждого участка 10 га) отмечалось высокое содержание валового (от 1.4 до 7.2 ПДК) и подвижного (от 1.5 до 7.1 ПДК) свинца (рис. 2).



Рис. 2. Места отбора проб почв в южной агропромышленной зоне г. Курска (масштаб 1:25000)
 Fig. 2. Places of sampling of soils in the southern agro-industrial zone of Kursk (scale 1:25000)

Загрязнение свинцом зафиксировано на всех четырех участках, более загрязненными оказались садово-огородные участки, расположенные на улицах Огородная-1 и Придорожная. Высокое содержание свинца в почвах изучаемых экотопов обусловлена промышленной деятельностью (производство аккумуляторных батарей) расположенных в южной агропромзоне г. Курска заводов «Курский аккумулятор» и «Исток». Основная масса поллютанта оседает в

почвах юго-западной части агропромзоны. Также в почвах экотопов 3 и 4 (юго-западная часть агропромзоны) содержание кадмия превышает ПДК в 1,3–5,7 раза (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Содержание ТМ в почвах урбоэкотопов г. Курска
Concentration of heavy metals in soils of urboekotop of Kursk

№эко-топа	Место отбора	Содержание ТМ в почвах мг/кг			
		<u>Cu п.ф.</u> Cu в.ф.	<u>Cd п.ф.</u> Cd в.ф.	<u>Zn п.ф.</u> Zn в.ф.	<u>Pb п.ф.</u> Pb в.ф.
1	Льговский поворот	<u>0.28±0.01</u> 14.5±0.2	<u>0.23±0.02</u> 0.38±0.01	<u>4.60±0.04</u> 42.85±0.5	<u>9.05±0.3</u> 42.51±0.7
2	Завод РТИ	<u>0.62±0.02</u> 20.4±0.08	<u>0.25±0.03</u> 0.36±0.01	<u>13.67±0.07</u> 71.1±0.8	<u>18.86±0.9</u> 58.40±0.6
3	Ул. Огородная -1	<u>0.70±0.02</u> 29.45±0,4	<u>2.84±0.06</u> 5.38±0,05	<u>25.54±0.3</u> 104.51±1.1	<u>42.90±1.2</u> 217.0±2.7
4	Ул. Придорожная	<u>0.45±0.05</u> 23.15±0.3	<u>0.84±0.02</u> 1.27±0.08	<u>4.45±0.6</u> 32.12±0.5	<u>40.04±0.8</u> 109.0±2.1
5	ПДК*	<u>3</u> 55	<u>0.5</u> 1	<u>23</u> 100	<u>6</u> 30

Примечание: * – по ГН 2.1.7.2041-06, 2006.

Цинковое загрязнение подвижной и валовой формой отмечалось в почвах ул. Огородная-1. Приближающиеся к ПДК значения содержания цинка замечено в пробах, взятых на путырях вблизи завода РТИ, который является источником загрязнения цинком урбоэкотопов г. Курска. Цинксодержащие газопылевые выбросы РТИ преимущественно концентрируются в почвах, расположенных в радиусе 5–7 км от источника загрязнения. Повышенного содержания меди ни в одном из вариантов опыта не зафиксировано, ввиду отсутствия промышленных предприятий, использующих в технологиях производства медьсодержащее сырье.

Наибольший суммарный индекс загрязнения установлен в почвах улицы Огородная-1, что видимо, является следствием преобладания юго-западного переноса и близкого расположения к предприятиям загрязнителям.

Среди исследованных залежных земель Курской области, общая площадь которых составила 200 га (рис. 3), ни в одном из отобранных почвенных образцов не было обнаружено превышения ПДК содержания изучаемых тяжелых металлов. Концентрации ТМ в почвах залежей соответствуют фоновым концентрациям для Курской области.

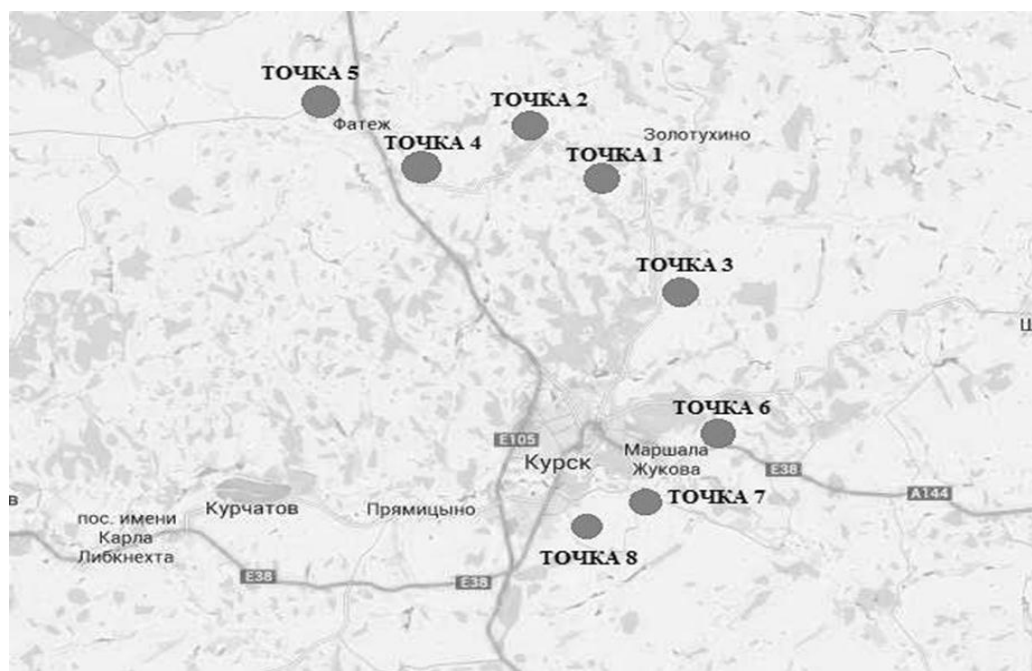


Рис. 3. Места отбора проб почв на участках залежных земель Курской области (масштаб 1:600000)

Fig. 3. Places of sampling of soils on sections of laylands of Kursk region (scale 1:600000)

Стоит отметить, что почвы участков залежей, расположенных в относительной близости от автомагистралей (с. Конево, с. Макаровка, п. Чермошное) с интенсивным транспортным потоком, содержат явно большее количество валовых и подвижных форм свинца и цинка, чем остальные исследованные почвы. Самое низкое содержание свинца и цинка в почвах участка находящегося на территории с. Зорино, что объясняется наличием лесополосы со стороны автомагистрали (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах залежных земель Курской области
Concentration of bulk and mobile forms of heavy metals in soils of laylands of Kursk region

№ п/п	Место отбора	Возраст залежи, лет	Содержание ТМ в почвах мг/кг			
			<u>Cu п.ф.</u> Cu в.ф.	<u>Cd п.ф.</u> Cd в.ф.	<u>Zn п.ф.</u> Zn в.ф.	<u>Pb п.ф.</u> Pb в.ф.
1	х. Бычки (Фатежский р-н)	5	<u>0.12±0.01</u> 10.34±0.2	<u>0.045±0.01</u> 0.20±0.01	<u>0.53±0.02</u> 24.41±0.3	<u>1.22±0.05</u> 6.49±0.1
2	с. Конево (Золотухинский р-н)	12-15	<u>0.25±0.02</u> 12.75±0.3	<u>0.035±0.01</u> 0.21±0.01	<u>0.65±0.01</u> 31.68±0.3	<u>0.64±0.02</u> 8.43±0.4
3	с. Букреевка (Золотухинский р-н)	3	<u>0.12±0.01</u> 11.5±0.2	<u>0.04±0.01</u> 0.21±0.02	<u>0.68±0.01</u> 28.48±0.4	<u>0.39±0.03</u> 7.52±0.7
4	с. Макаровка (Фатежский р-н)	15	<u>0.22±0.01</u> 14.93±0.03	<u>0.042±0.001</u> 0.20±0.002	<u>0.71±0.03</u> 35.59±1.2	<u>0.67±0.02</u> 8.04±0.1
5	п. Чермошное (Фатежский р-н)	5	<u>0.19±0.01</u> 14.51±0.4	<u>0.04±0.01</u> 0.23±0.03	<u>0.88±0.07</u> 29.14±0.8	<u>0.57±0.01</u> 9.1±0.2
6	п. Халино (Курский р-н)	8-10	<u>0.23±0.02</u> 14.68±0.2	<u>0.045±0.03</u> 0.275±0.02	<u>1.32±0.05</u> 24.4±0.9	<u>0.62±0.01</u> 7.85±0.3
7	с. Зорино (Курский р-н)	15	<u>0.15±0.01</u> 3.16±0.5	<u>0.035±0.04</u> 0.14±0.01	<u>1.0±0.04</u> 6.4±0.5	<u>1.14±0.01</u> 4.78±0.2
8	с. Черемушки (Курский р-н) заправка	3	<u>0.20±0.04</u> 6.83±0.3	<u>0.04±0.001</u> 0.18±0.003	<u>0.79±0.03</u> 15.39±1.1	<u>0.96±0.03</u> 7.5±0.4
ПДК*			<u>3</u> 55	<u>0.5</u> 1	<u>23</u> 100	<u>6</u> 30

Примечание: * – по ГН 2.1.7.2041-06, 2006.

Концентрации подвижного и валового кадмия во всех исследованных образцах почв не имеют существенных различий.

Содержание подвижной и валовой меди заметно выше в пробах, отобранных на участках залежей с. Макаровка, п. Чермошное, п. Халино, что предположительно связано с близко находящимися садово-яблочными хозяйствами, активно использующими медные фунгициды и инсектициды [Анненков, 2014].

Исследования почв Зоринского участка Центрально-Черноземного заповедника

(рис. 4) показали, что содержание подвижных форм тяжелых металлов в них не превышает значений ПДК [ГН 2.1.7.2041-06, 2006].

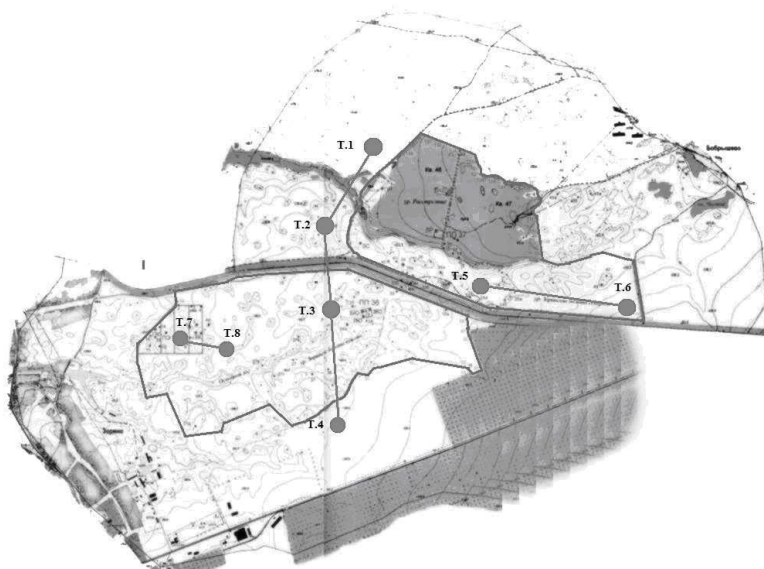


Рис. 4. Места отбора проб почв на Зоринском участке ЦЧЗ (масштаб 1:25000)
 Fig. 4. Places of sampling of soils on the Zorinsky section of the Central Black Earth reserve (scale 1:25000)



Наименьшее содержание исследуемых тяжелых металлов отмечалось в образце 8, точка отбора этой пробы расположена в наибольшей удаленности от источников антропогенной эмиссии тяжелых металлов (железная дорога, обрабатываемые поля сельскохозяйственного пользования). Образец 8 мы приняли за контроль (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах Зоринского участка ЦЧЗ
Concentration of mobile forms of heavy metals in soils of the Zorinsky section of the Central Black Earth reserve

Место отбора № участка	Возраст залежи, лет	Содержание ТМ в почвах мг/кг			
		Cu п.ф.	Cd п.ф.	Zn п.ф.	Pb п.ф.
1	4–5	0.040±0.0011	0.001±0.0004	0.410±0.0014	0.001±0.0012
2	4–5	0.021±0.0012	0.003±0.0001	0.095±0.0011	0.016±0.0013
3	16	0.086±0.0012	0.008±0.0002	0.092±0.0014	0.210±0.0015
4	3–4	0.079±0.0013	0.017±0.0008	0.160±0.0015	0.047±0.0013
5	12	0.023±0.0012	0.002±0.0001	0.220±0.0014	0.001±0.0016
6	12	0.050±0.0017	0.001±0.0016	0.200±0.0013	0.016±0.0015
7	12–13	0.110±0.0014	0.002±0.0007	0.210±0.0012	0.001±0.0013
8(контроль)	12–13	0.015±0.0011	0.002±0.0009	0.070±0.0013	0.002±0.0011
ПДК*		3	0.5	23	6

Примечание: * – по ГН 2.1.7.2041-06, 2006.

Из исследуемых образцов наибольшее содержание в среднем по всем четырем тяжелым металлам наблюдалось в образце 3, видимо это связано с близким расположением железной дороги и отсутствием в этом месте защитной лесопосадки. В образцах 2 и 5 содержание тяжелых металлов значительно ниже, чем в образце 3, что обосновано наличием лесополосы на данной территории, которая снижает действие антропогенного фактора. В пробах 1, 4, 6, 7, которые находятся на границе территории Зоринского участка заповедника и в непосредственной близости с сельскохозяйственными угодьями, фиксировалось содержание меди, значительно превышающее контроль (см. табл. 3). А также в образцах 4 и 6 отмечалось содержание цинка в 8 и 23.5 раза выше, чем в контрольной пробе 8. Увеличение содержания ТМ цинка и меди в вышеназванных образцах вероятнее всего связано с применением удобрений с микроэлементами на близлежащих сельскохозяйственных угодьях, которые в составе поверхностного стока на протяжении многих лет мигрируют в почвы окраин заповедника.

Выводы

В почвах урбоэкотопов г. Курска наблюдались значительные превышения содержания подвижного и валового свинца от 1.4 до 7.2 ПДК, а также выявлены загрязнения почв кадмием (до 5.5 ПДК) и цинком (1.1 ПДК), что связано с чрезмерной промышленной насыщенностью на данной территории и разносторонней направленностью производства.

В почвах постсельскохозяйственных агроценозов отмечалась устойчивая взаимосвязь между содержанием микроэлементов (ТМ) и степенью антропогенной нагрузки, которые наблюдались даже при минимальном ее изменении.

Благодарности

Выражаем искреннюю благодарность Фонду содействия развитию (Фонду Бортника) за поддержку данного исследования и предоставление гранта в рамках программы «УМНИК 1-05-2014» Договор № 3544ГУ1/2014 (код 0005764).

Список литературы References

1. Анненков С.А. 2014. Агрохимическая характеристика залежных земель на территории Курской области. В кн.: Ломоносов – 2014. Секция «география». Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Москва, 7–11 апреля 2014 г.). М., Изд-во Московского университета: 195–196.

Annenkov S.A. 2014. The agrochemical characteristic of laylands in the territory of Kursk region. In: Lomonosov – 2014. Sekcija «geografija». Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh (Moskva, 7–11 aprilja 2014 g.) [Lomonosov – 2014. Section «geography». Materials of the international scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists (Moscow, 7–11 April 2014)]. Moscow, Izd-vo Moskovskogo universiteta: 195–196. (in Russian)

2. Балабина И.П., Белоконов А.Л. 2012. Динамика постсельскохозяйственных геосистем Зоринского участка Центрально-черноземного заповедника им. проф. В.В. Алехина. В кн.: Теоретические и практические аспекты естественных и математических наук. Материалы международной заочной научно-практической конференции (Новосибирск, 16 апреля 2012 г.). Новосибирск, Изд-во «СибАК»: 78–81.

Balabina I.P., Belokon' A.L. 2012. Dynamics of post-agricultural geosystems of the Zorinsky section of Central Chernozem Reserve named prof. V.V. Alyokhin. In: Teoreticheskie i prakticheskie aspekty estestvennyh i matematicheskikh nauk. Materialy mezhdunarodnoj zaочноj nauchno-prakticheskoy konferencii (Novosibirsk, 16 aprelya 2012 g.) [Theoretical and practical aspects of natural and mathematical sciences. Materials of the international correspondence scientific and practical conference (Novosibirsk, 16 April 2012)]. Novosibirsk, Izd-vo «SibAK»: 78–81. (in Russian)

3. Белоконов А.Л., Проценко Е.П., Чертков Н.В., Балабина И.П., Неведров Н.П., Анненков С.А. 2014. Геосистемный анализ восстановительных сукцессий залежных агроценозов в условиях заповедного режима. XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Сер. «Экология», (5): 24–30.

Belokon' A.L., Procenko E.P., Chertkov N.V., Balabina I.P., Nevedrov N.P., Annenkov S.A. 2014. Geosystems analysis of recovery successions the zaleznykh of agrotsenoz in the conditions of the reserved mode. XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastojashhego plus [XXI century: Resumes of the Past and Challenges of the Present plus. Series «Ecology»], (5): 24–30. (in Russian)

4. Герасимова М.И. 2003. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск, Ойкумена, 268.

Gerasimova M.I. 2003. Antropogennye pochvy: genesis, geografija, rekultivacija [Anthropogenous soils: genesis, geography, recultivation]. Smolensk, Ojkumena, 268. (in Russian)

5. ГН 2.1.7.2041-06. 2006. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. М., Минюст РФ, 6.

GN 2.1.7.2041-06. 2006. The Maximum Permissible Concentration (MPC) of chemicals in the soil. Moscow, Minjust RF, 6. (in Russian)

6. Жидеева В.А. 2000. Загрязнение тяжелыми металлами почв садовых агроценозов Курской области. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Курск, 23 с.

Zhideeva V.A. 2000. Zagrijaznenie tjazhelymi metallami pochv sadovyh agrocenozov Kurskoj oblasti [Pollution by heavy metals of soils of garden agrotsenoz of Kursk region]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Kursk, 23. (in Russian)

7. Минеев В.Г. 2001. Практикум по агрохимии. М., Изд-во МГУ, 689.

Mineev V.G. 2001. Praktikum po agrohimii [Workshop on agrochemistry]. Moscow, Izd-vo MGU, 689. (in Russian)

8. МУ 31 11/05. 2005. 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, 43.

MU 31 11/05. 2005. Quantitative chemical analysis of tests of soils, hothouse soil, IIs, ground deposits, sapropels, solid waste. A technique of performance of measurements of mass concentration of zinc, cadmium, lead, copper, manganese, arsenic, mercury by method of an inversion voltamperometriya on analyzers of TA type. Tomsk, Izd-vo TPU, 43. (in Russian)

9. Неведров Н.П., Проценко Е.П. 2013. Фитоэкстракция цинка растительностью урбоэкотопов города Курска в сравнении с культурными растениями. Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета, (4). Электронный ресурс. URL: <http://scientific-notes.ru/index.php?page=8> (18 февраля 2015).

Nevedrov N.P., Procenko E.P. 2013. Zinc phytoextraction by vegetation of urboekotop of the city of Kursk in comparison with cultural plants. Uchenye zapiski. Jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta [Uchyonye zapiski. Electronic scientific journal of the Kursk State University], (4). Available at: <http://scientific-notes.ru/index.php?page=8> (accessed 18 February 2013). (in Russian)

10. Неведров Н.П., Проценко Е.П., Балабина И.П., Прусаченко А.В. 2013. Использование горчицы сарептской *Brassica juncea* (L.) в целях очистки почв Курской области от загрязнений тяжелыми металлами. Проблемы региональной экологии, (6): 133–137.

Nevedrov N.P., Procenko E.P., Balabina I.P., Prusachenko A.V. 2013. Use of *Brassica juncea* (L.) for cleaning of soils of Kursk region of pollution with heavy metals. Problemy regional'noj jekologii [Regional environmental issues], (6): 133–137. (in Russian)

11. Неведров Н.П., Проценко Е.П., Кузнецов А.Е. 2012. Использование ячменя обыкновенного *Hordeum vulgre* (L.) в целях фиторемедиации. В кн.: Теоретические и практические аспекты естественных и математических наук. Материалы международной заочной научно-практической конференции (Новосибирск, 24 декабря 2012 г.). Новосибирск, Изд-во «СибАК»: 115–120.

Nevedrov N.P., Procenko E.P., Kuznecov A.E. 2012. Use of *Hordeum vulgre* (L.) for a fitoremediation. In: Teoreticheskie i prakticheskie aspekty estestvennyh i matematicheskikh nauk. Materialy mezhdunarodnoj zaочноj nauchno-prakticheskoy konferencii (Novosibirsk, 24 dekabrya 2012 g.) [Theoretical and practical aspects of natural and mathematical sciences. Materials of the international correspondence scientific and practical conference (Novosibirsk, 24 December 2012)]. Novosibirsk, Izd-vo «SibAK»: 115–120. (in Russian)

12. Неведров Н.П., Проценко Е.П., Медянцева П.Л., Пученкова А.В. 2013. Регулирование ремедиационной способности горчицы сарептской *Brassica juncea* (L.) в отношении к цинку. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 15 (3): 108–111.



Nevedrov N.P., Procenko E.P., Medjancev P.L., Puchenkova A.V. 2013. Regulation of remediation ability of *Brassica juncea* (L.) in the relation to zinc. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 15 (3): 108–111. (in Russian)

13. Постников Д.А. 2009. Фитомелиорация и фиторемедиация почв сельскохозяйственного назначения с различной степенью окультуренности и экологической нагрузки. Автореф. дис. ... докт. сель.-хоз. наук. Брянск, 42 с.

Postnikov D.A. 2009. Fitomelioracija i fitoremediacija pochv sel'skohozjajstvennogo naznachenija s razlichnoj stepen'ju okul'turennosti i jekologicheskoj nagruzki [Phytomelioration and a fitoremediation of soils of agricultural purpose with various degree of familiarity and an environmental pressure]. Abstract. dis. ... doctor of agricultural sciences. Brjansk, 42. (in Russian)

14. Проценко Е.П., Неvedров Н.П. 2013. Способность к фитоэкстракции цинка горчицей сарептской *Brassica juncea* (L.) при разных уровнях загрязнения черноземной и серой лесной почвы. Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета, (1). Электронный ресурс. URL: <http://scientific-notes.ru/index.php?page=8> (18 февраля 2015).

Procenko E.P., Nevedrov N.P. 2013. Ability to zinc phytoextraction by *Brassica juncea* (L.) at different levels of pollution of the chernozem and gray forest soil. *Uchenye zapiski. Jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kurskogo gosudarstvennogo universiteta [Uchyonye zapiski. Electronic scientific journal of the Kursk State University]*, (1). Available at: <http://scientific-notes.ru/index.php?page=8> (accessed 18 February 2013). (in Russian)

15. Прусаченко А.В. 2011. Экоотоксикологическая оценка загрязнений тяжелыми металлами урбаноземов города Курска. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 19 с.

Prusachenko A.V. 2011. Jekotoksikologicheskaja ocenka zagrjaznenij tjazhelymi metallami urbanozemov goroda Kurska [Ecotoxicological assessment of pollution by heavy metals of urbanozem of the city of Kursk]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Moscow, 19. (in Russian)

16. САНПИН 2.1.7.1287-03. 2003. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М., МинЮст РФ, 12.

SANPIN 2.1.7.1287-03. 2003. Sanitary and epidemiologic requirements to quality of the soil. Moscow, MinJust RF, 12. (in Russian)

17. Соколов О.А., Черников В.А., Лукин С.В. 2008. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. Белгород, КОНСТАНТА, 188.

Sokolov O.A., Chernikov V.A., Lukin S.V. 2008. Atlas raspredelenija tjazhelyh metallov v ob#ektah okruzhajushhej sredy [The atlas of distribution of heavy metals in objects of environment]. Belgorod, KONSTANTA, 188. (in Russian)

18. Струкова О. 2013. В нескольких районах Курской области выявили превышение тяжелых металлов в почве. Электронный ресурс. URL: <http://www.kurskcity.ru/news/citynews/95337> (14 октября 2013).

Strukova O. 2013. V neskol'kih rajonah Kurskoj oblasti vyjavili prevyshenie tjazhelyh metallov v pochve [In several regions of Kursk region revealed excess of heavy metals in the soil]. Available at: <http://www.kurskcity.ru/news/citynews/95337> (accessed 14 October 2013). (in Russian)

УДК 631.41:631.416.4

**ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АГРОТЕХНОЛОГИИ НА КАЛИЙНЫЙ РЕЖИМ
ПОЧВЫ В ДЛИТЕЛЬНЫХ ОПЫТАХ****THE INFLUENCE OF ELEMENTS OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
ON POTASH REGIME OF THE SOIL IN LONG-TERM EXPERIMENTS****А.П. Карабутов¹, Г.И. Уваров²
A.P. Karabutov¹, G. I. Uvarov²**¹ ГНУ Белгородский НИИСХ Россельхозакадемии, Россия, 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58² Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85*1 Belgorod Research Institute of Agriculture of the Russian Academy of Agricultural Sciences, 58 Oktyabr'skaya St, Belgorod, 308001, Russia**2 Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia**E-mail: karabut.ap@mail.ru; uvarov@bsu.edu.ru*

Ключевые слова: чернозём типичный, севооборот, удобрения, основная обработка почвы, длительное применение, продуктивность, интенсивность баланса, коэффициент использования, формы калия.

Key words: chernozem typical, crop rotation, fertilizers, main processing of the soil, long application, efficiency, intensity of balance, efficiency, potassium forms.

Аннотация. При длительном (25 лет) испытании на чернозёме типичном видов севооборотов, приёмов основной обработки, минеральных удобрений и навоза установлено и смоделировано изменение содержания подвижного калия, рассчитан его баланс и коэффициенты использования. Значительных изменений в содержании подвижного калия в слое 0–30 см без удобрений за пять ротаций севооборотов не произошло, оно сохранялось на уровне повышенной обеспеченности и в среднем составило 88.9 мг/кг почвы. Минеральные удобрения в дозах N84-124P124K124 на фоне 8 и 16 т/га навоза повышали содержание подвижного калия до 128.8 мг/кг почвы, что соответствовало высокому уровню обеспеченности. Насыщение севооборотов пропашными культурами, а также использование вспашки увеличивало содержание подвижного калия в меньшей степени, однако зернопаропропашной севооборот увеличивает содержание подвижного калия до 114.1 мг/кг, а вспашка до 112.5 мг/кг почвы, что на 16% и 7% выше, чем в зернотравнопропашном севообороте и при мелкой обработке почвы соответственно. Положительный баланс калия обеспечивается только при двойных дозах минеральных удобрений. Соотношение количества поступившего калия в почву к количеству его выноса, выраженное в процентах (интенсивность баланса) при внесении навоза равнялось 39%, что в 2.6 раза меньше, по сравнению с минеральными удобрениями. Внесение N42-62P62K62 на фоне 16 т/га навоза приводит к увеличению интенсивности баланса более 80%. Зернопаропропашной севооборот обеспечивал интенсивность баланса на 75%, что в 1.2 раза меньше, по сравнению с зернопропашным, который обеспечивал баланс на 90%. Применение минеральных удобрений обеспечивает коэффициент использования калия на уровне 32%, навоза – 50%. При совместном внесении минеральных удобрений и навоза наибольшее значение показателя (46%) отмечали в варианте N42-62P62K62 + 16 т/га навоза, а зернопаропропашной севооборот обеспечивал его повышение в 1.2 раза, по сравнению с зернотравнопропашным. Основным фактором оптимизации калийного режима чернозёмов и получения наибольшей продуктивности сельскохозяйственных культур – внесение минеральных удобрений совместно с навозом. Насыщение севооборотов пропашными культурами увеличивает коэффициент использования калия на 17% и сбор зерновых единиц на 16%, а многолетними травами – интенсивность баланса калия на 7% и сбор переваримого протеина на 34%. Наряду с этим в качестве приема основной обработки почвы необходима вспашка под пропашные культуры.

Resume. At long (25 years) test on the chernozem of typical types of crop rotations, methods of the main processing, mineral fertilizers and manure it is established and simulated change of the maintenance of mobile and not exchange forms of potassium, the balance and potassium efficiency is calculated. For five rotations of crop rotations without fertilizing there were no considerable changes in the content of mobile potassium in a layer of 0...30 cm, it remained at the level of the increased security. Mineral fertilizers in double doses along manure applying raised the content of mobile potassium to the level of high security. Saturation of crop rotations with tilling crops, and also use of plowing, increase the content of mobile potassium to a low extent. The positive balance of potassium is provided only while double doses of mineral fertilizing. Manure creates intensity of balance only for 39% that is 2.6 times less in comparison with mineral fertilizing. Applying of N42-62P62K62 along with 16 t/ha of manure leads to more than 80% increase in intensity of balance. Cereal, tilling and fallow crop rotation reduces the intensity of balance of potassium by 1, 2 times in relation to cereal and tilling. Applying of mineral fertilizers provides the increase coefficient of potassium use up to 32%, manure – up to 50%. While joint applying of mineral fertilizers and manure the greatest efficiency of potassium (46%) was in variant with N42-62P62K62 option + 16 t/ha of manure. Cereal, tilling and fallow crop rotation increased coefficient of potassium use in 1.2 times in comparison with cereal, tilling and grasses crop rotation. Important factor of optimization of potassium balance in black soil and obtaining the greatest efficiency of crops, is applying mineral fertilizers along with manure. Saturation of crop rotations with tilling crops increases the efficiency of potassium use and collecting grain units, long-term grasses – the intensity of balance of potassium and collecting protein. Along with it it is necessary to use plowing as the main soil treatment while tilling crops cultivation.



Введение

Калий является одним из основных, наряду с азотом и фосфором, необходимым элементом минерального питания растений. Нахождение калия в почве связано с её гранулометрическим составом – чем он тяжелее, тем больше содержится в ней валового и подвижного калия. При поступлении калия в почву с удобрениями, в том числе и черноземы, происходит обменное и частично необменное его поглощение. Особенностью калийного режима почв является наличие постоянного динамического равновесия между различными формами калия [Панников, Минеев, 1987; Муха, 2004; Кирюшин, 2010; Брехов, Мязин, 2012].

Пахотные черноземы Центрально-Черноземного региона на современном этапе их использования относительно обеспечены подвижными формами калия (в среднем около 110 мг/кг почвы). Тем не менее, для стабилизации калийного режима чернозёмов как считают авторы [Чекмарёв, Лукин, 2011] необходимо увеличить поступление этого элемента в агроландшафты и довести интенсивность баланса до 80%.

Калийные удобрения являются основным фактором увеличения содержания доступного растениям калия. При недооценке этой роли на чернозёмных почвах происходит его интенсивная мобилизация из необменных форм [Давлятшин и др., 2013], что в последствие приводит к отрицательному балансу элемента, а в дальнейшем к снижению урожайности культур [Минакова, 2011; Раков, Сирота, 2013]. Мобилизация калия может происходить не только из его необменных форм, но и алюмосиликатов, что снижает буферную способность почвы, разрушает почвенный поглощающий комплекс [Прокошев, 1994; Якименко, 2007]. Следует учитывать, что при внесении удобрений на чернозёме имеет место и переход внесённого калия в обменную форму, и как результат содержание его подвижных форм в почве увеличивается незначительно [Кураков, 1992].

Данные обстоятельства обуславливают необходимость поиска приёмов, способствующих повышению содержания различных форм элемента, оптимизации калийного режима, обеспечению интенсивности баланса и продуктивности возделываемых сельскохозяйственных культур.

В стабилизации калийного режима чернозёмов главное место отводится применению минеральных и органических удобрений, которые способствуют повышению содержания различных форм калия в почве [Минакова и др., 2009; Носко и др., 2012; Донских и др., 2012; Уваров, Карабутов, 2012].

В свою очередь режим калия в агроландшафтах также зависит и от насыщенности севооборотов пропашными культурами, которые выносят основную часть запаса элемента и снижают содержание его подвижных форм. В таком случае требуется дополнительное внесение удобрений [Немченко, Суркова, 2010; Баршадская и др., 2011]. Активно повлиять на калийный режим можно приёмами основной обработки почвы [Синещёков и др., 2010; Воронцов, 2013].

Цель данной работы – установить влияние элементов агротехнологии возделывания культур на калийный режим чернозёма типичного в длительном стационарном опыте.

В задачи исследования входило изучение содержания обменных и необменных форм калия, установление связи между формами калия и показателями плодородия почвы, видами севооборотов, приемами обработки и удобрениями, выявление интенсивности баланса и коэффициента использования калия.

Объекты и методы исследований

Исследования проведены в многолетнем стационарном полевом опыте лаборатории плодородия почв и мониторинга Белгородского НИИСХ, заложенного в 1987 году. Калийный режим изучали под влиянием 3-х факторов: севооборотов, обработок и удобрений. Виды севооборотов (фактор А) включали: зернотравянопропашной, в котором пропашные культуры составляли 20% (озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень + многолетние травы – эспарцет первого года пользования (1 г.п.) – эспарцет второго года пользования (2 г.п.); зернопропашной, где пропашные культуры составляли 40% (озимая пшеница – сахарная свекла – ячмень – кукуруза на силос – горох) и зернопаропропашной – с 60% пропашных культур (озимая пшеница – сахарная свекла – кукуруза на силос – кукуруза на зерно – черный пар). Севообороты в 2012 году прошли пятую ротацию.

Испытывали три приёма основной обработки почвы (фактор В): вспашку, безотвальную обработку и мелкую обработку. Вспашку (отвальным плугом) и безотвальную обработку (плугом типа «Параплау») проводили под горох и ячмень на глубину 20–22 см, под кукурузу на 25–27 см, под сахарную свёклу – 30–32 см. Мелкая обработка (дисковой бороной) проводилась под озимую пшеницу, горох и ячмень на глубину 10–12 см, а под кукурузу и сахарную свёклу на 13–15 см.



Удобрения (фактор С) вносили по схеме: без удобрений, минеральные удобрения в одинарных дозах, рассчитанных на простое воспроизводство плодородия, и в двойных – на расширенное. Одинарные дозы минеральных элементов в зернотравянопропашном севообороте в среднем составляли N42P62K62 кг/га, N62P62K62 – в зернопропашном и N52P62K62 – в зернопаропропашном. В качестве органического удобрения применяли навоз, который вносили один раз за ротацию севооборотов под сахарную свеклу в дозах, рассчитанных на простое и расширенное воспроизводство плодородия почвы (40 и 80 т/га, что соответствовало 8 и 16 т на 1 га севооборотной площади).

Почва опытного участка – чернозём типичный среднemosный малогумусный тяжело-суглинистый на лессовидном суглинке. Содержание гумуса (по Тюрину) на время закладки опыта составляло в слое 0–30 см 5.27–5.36%, общего азота (по Кьельдалю) – 0.29–0.31%, щёлочногидролизуемого азота (по Корнфилду) – 151–163 мг/кг почвы, подвижного фосфора и калия (по Чирикову), соответственно – 45–71 и 90–106 мг/кг почвы, рН_{KCl} – 5.6–5.8, степень насыщенности основаниями около 90%, нитрификационная способность почвы (по Кравкову) – 27.4–29.9 мг/кг почвы.

Содержание подвижного калия определяли по Чирикову (ГОСТ 26204-91), обменного – по Масловой и необменного по Пчёлкину. Интенсивность баланса рассчитывали по разности между поступлением калия с удобрениями и выносом его с урожаем. Коэффициент использования определяли по отношению разности выноса калия при внесении удобрений и без них. Продуктивность севооборотов выражали сбором зерновых единиц и переваримого протеина каждой культуры с 1 га.

Результаты и их обсуждение

Содержание подвижного калия в слое почвы 0-30 см перед закладкой опыта было повышенным, в тоже время оно не изменилось и спустя пять ротаций севооборотов без внесения удобрений. Раздельное или совместное внесение минеральных удобрений и навоза увеличивало содержание доступного калия, а двойные дозы создавали высокую степень обеспеченности (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Изменение содержания подвижного калия (по Чирикову) в почве в зависимости от видов севооборотов, приемов обработки и удобрений, мг/кг
Changing the content of mobile potassium (by Chirikov) in the soil, depending on the types of crop rotations, methods of processing and fertilizer mg/kg

Факторы	Содержание подвижного калия по слоям почвы и его изменение (+/-) по отношению к 1987 г.					
	0–30 см			30–50 см		
	1987 г	2012 г	+/-	1987 г	2012 г	+/-
Севообороты						
Зернотравянопропашной	93.1	92.5	-0.6	95.0	59.6	-35.4
Зернопропашной	95.0	118.1	23.1	98.2	60.1	-38.1
Зернопаропропашной	97.8	137.1	39.3	100.1	74.8	-25.3
Приемы обработки						
Вспашка	95.5	123.9	28.4	97.1	72.2	-24.8
Безотвальная	94.1	111.5	17.4	96.5	61.1	-35.4
Мелкая	96.3	112.3	16.0	99.7	61.1	-38.6
Удобрения						
Без удобрений	94.4	89.8	-4.6	100.2	59.8	-40.4
N42-62P62K62	93.3	100.9	7.6	97.7	64.8	-32.9
N84-124P124K124	94.7	118.4	23.7	95.4	69.6	-25.7
Фон 1 – 8 т/га навоза	94.4	106.8	12.4	95.9	60.4	-35.6
Фон 1 + N42-62P62K62	99.1	110.8	11.7	99.9	66.6	-33.3
Фон 1+ N84-124P124K124	99.9	134.9	35.0	99.9	66.0	-33.8
Фон 2 – 16 т/га навоза	92.8	106.9	14.1	95.4	65.8	-29.6
Фон 2+ N42-62P62K62	94.6	127.9	33.3	96.7	65.7	-31.0
Фон 2+ N84-124P124K124	94.7	146.5	51.8	98.9	64.6	-34.3

Виды севооборотов и приемы обработки почвы способствуют увеличению содержания подвижного калия. Среди севооборотов выделяется зернопропашной и зернопаропропашной, а среди приемов обработки – вспашка.

Обеспеченность подвижным калием в слое почвы 30–50 см средняя. Содержание его снизилось за 5 ротаций севооборотов без удобрений в среднем по севооборотам и приемам об-



работки на 33 мг/кг почвы. Однако снижение содержания его было меньше при совместном внесении двойных доз удобрений, а также в зернопаропропашном севообороте и на фоне вспашки.

Исследуемые приемы влияют на содержание в почве не только подвижного калия, но и его обменных и необменных форм. Возделывание культур в зернопаропропашном севообороте повышает содержание подвижного и обменного калия в слое почвы 0–30 см в 1.4–1.5 раза по сравнению с зернотравянопропашным (табл. 2). Зернопаропропашной севооборот увеличивает содержание подвижных форм калия в слое 30–50 см в 1.2–1.3 раза по сравнению с зернотравянопропашным. Возможно, это связано с увеличением кислотности и повышением запасов влаги в севообороте с большим насыщением пропашных культур [Уваров, Карабутов, 2012]. Многолетние травы в зернотравянопропашном севообороте способствуют снижению запасов влаги в почве, что, вероятно, приводит к снижению содержания доступного калия в почве. В то же время зернотравянопропашной севооборот, улучшая состав поглощённых оснований, структурное состояние и азотный режим почвы, способствует повышению содержания необменных форм калия.

Таблица 2

Table 2

Влияние севооборотов, обработок и удобрений на содержание форм калия в почве после пятой ротации, мг/кг почвы
Effect of crop rotation and fertilizer treatments on the content of the forms of potassium in the soil after the fifth rotation, mg/kg soil

Факторы	Подвижный по Чирикову		Обменный по Масловой		Необменный по Пчелкину		
	0–30 см	30–50 см	0–30 см	30–50 см	0–30 см	30–50 см	
Севообороты							
Зернотравянопропашной	92	60	217	165	580	625	
Зернопаропропашной	137	75	298	183	535	612	
Приемы обработки							
Вспашка	124	72	261	182	552	601	
Мелкая	112	61	254	166	563	636	
Удобрения							
Без удобрений	90	60	219	164	555	617	
N84-124P124K124	118	70	255	175	540	605	
Фон – 16 т/га навоза	107	66	250	173	555	609	
Фон + N84-124P124K124	147	65	305	184	580	643	
НСР ₀₅ по факторам:	A	11	7	14	9	21	7
	B	7	5	7	9	16	16
	C	5	5	5	6	19	14

Как показали результаты исследований, вспашка в отличие от мелкой обработки почвы способствует повышению содержания подвижного калия за счет мобилизации его из необменных форм, в то же время она снижает содержание неподвижных форм.

Удобрения повышают содержание различных форм калия не только потому, что являются источником доступных растениям элементов питания, но и благодаря их влиянию на состав почвенно-поглощающего комплекса, структурно-агрегатный состав и азотный фонд почвы. Минеральные удобрения и навоз увеличивают содержание подвижных форм калия в 1.2–1.3 раза по отношению к варианту без удобрений. Совместное их внесение увеличивает содержание подвижных форм калия в 1.4–1.6 раза и незначительно неподвижных. Возможно, часть внесенного с удобрениями калия переходит в необменное состояние.

Внесение двойных доз навоза и минеральных удобрений незначительно увеличивает содержание подвижных форм калия.

Содержание в почве анализируемых форм калия зависит от показателей её плодородия и продуктивности севооборотов. Для выяснения этого мы провели корреляционный анализ зависимости содержания доступных форм калия от ряда показателей плодородия почвы, которые были получены ранее в этом же опыте [Уваров, Карабутов, 2012].

Корреляционный анализ показал, что содержание доступных формы калия (после 5-ой ротации севооборотов) зависит в средней и сильной степени от таких показателей чернозема типичного как обменная кислотность, содержание подвижного фосфора, запасы продуктивной влаги, сбор зерновых единиц за севооборот. Содержание же необменного калия имеет высокую связь с такими показателями плодородия почвы, как сумма поглощённых оснований, содержание щёлочногидролизующего и нитратного азота и коэффициент структурности почвы (табл. 3).



Таблица 3
Table 3

Коэффициенты парной корреляции (r) между формами калия, показателями плодородия почвы в слое 0–30 см и продуктивностью севооборотов
Pair correlation coefficients (r) between forms of potassium, indicators of soil fertility in the 0–30 cm layer and crop rotation productivity

Показатели плодородия почвы	Формы калия		
	подвижный	обменный	необменный
Общий гумус	-0.118	-0.163	0.455
pH	-0.536	-0.479	0.433
Сумма поглощенных оснований	-0.277	-0.319	0.619
Щелочногидролизуемый азот	-0.196	-0.262	0.716
Нитратный азот	-0.195	-0.242	0.692
Нитрификационная способность	0.027	0.008	0.477
Подвижный фосфор	0.728	0.662	-0.096
Общая биологическая активность	0.123	0.089	0.469
Коэффициент структурности почвы	-0.386	-0.432	0.635
Запасы влаги	0.732	0.777	-0.487
Сбор зерновых единиц	0.789	0.752	-0.060
Сбор переваримого протеина	0.195	0.121	0.382

Полученные зависимости позволяют провести корреляционно-регрессионный анализ и получить множественные регрессионные модели для определения содержания подвижного калия по Чирикову и необменного по Пчёлкину:

$$Y = -162.1 + 10.37X_1 + 0.33X_2 + 1.30X_3, R = 0.893, \quad (1)$$

где Y – содержание подвижного калия, мг/кг; X₁ – pH, ед., X₂ – содержание подвижного фосфора, мг/кг; X₃ – запасы влаги, мм; R – коэффициент множественной корреляции;

$$Y = -549.3 + 16.91X_1 + 5.12X_2 - 29.78X_3, R = 0.859, \quad (2)$$

где Y – содержание необменного калия, мг/кг; X₁ – сумма поглощённых оснований, ммоль/кг почвы, X₂ – содержание щёлочногидролизуемого азота, мг/кг; X₃ – коэффициент структурности почвы.

Данные позволяют разработать множественные регрессионные модели для определения содержания подвижного калия в зависимости от вида севооборота, приёмов основной обработки почвы, доз применяемых удобрений и длительности их применения:

$$Y = 58.94 + 0.40X_1 + 0.45X_2 + 0.20X_3 + 1.18X_4, R = 0.898, \quad (3)$$

где Y – содержание подвижного калия, мг/кг; X₁ – насыщенность севооборота пропашными культурами, %; X₂ – глубина обработки почвы, см; X₃ – доза минерального калия, кг/га; X₄ – доза навоза, т/га.

$$Y = 52.69 + 0.43X_0 + 0.41X_1 + 0.48X_2 + 0.26X_3 + 1.45X_4, R = 0.756, \quad (4)$$

где X₀ – количество лет применения агроприёмов.

Севообороты, приемы обработки почвы и удобрения оказывают влияние на интенсивность баланса калия, а также продуктивность севооборотов. Баланс калия в большей степени зависит от внесенных удобрений (табл. 4). Положительный баланс обеспечивался только при двойных дозах минеральных удобрений. Внесение минеральных удобрений обеспечивает интенсивность баланса в среднем порядка 101%, тогда как внесение навоза всего лишь 39%, т.е. в 2.6 раза меньше, чем минеральных удобрений. Наибольший положительный баланс калия наблюдался при совместном внесении двойных доз минеральных удобрений и навоза, где интенсивность в среднем ровнялась 142%.

Таблица 4
Table 4

Влияние видов севооборотов, обработок почвы и удобрений на интенсивность баланса, коэффициент использования калия и продуктивность севооборотов
(в среднем за 1988–2012 гг.)

Effect of crop rotation species, soil and fertilizer treatments on the intensity of the balance, the utilization rate of potassium and productivity of crop rotation (average for 1988–2012)

Факторы	Интенсивность баланса, %	Коэффициент использования, %	Продуктивность севооборотов (сбор, т/га)	
			зерновых единиц	переваримого протеина
1	2	3	4	5
Севообороты				
Зернотравянопропашной	80	31.9	22.2	2.59

Окончание таблицы 4
End of Table 4

1	2	3	4	5	
Зернопропашной	90	33.0	24.2	2.12	
Зернопаропропашной	75	37.2	25.8	1.93	
Приемы обработки					
Вспашка	80	34.7	24.3	2.22	
Безотвальная	81	32.2	24.2	2.22	
Мелкая	83	35.2	23.7	2.20	
Удобрения					
Без удобрений	2	-	16.8	1.62	
N42-62P62K62	73	37.2	23.1	2.12	
N84-124P124K124	128	27.6	26.0	2.37	
Фон 1 – 8 т/га навоза	28	55.1	19.8	1.86	
Фон 1 + N42-62P62K62	88	37.2	25.1	2.29	
Фон 1 + N84-124P124K124	138	28.1	27.6	2.52	
Фон 2 – 16 т/га навоза	50	44.9	21.6	2.01	
Фон 2 + N42-62P62K62	81	46.3	27.0	2.45	
Фон 2 + N84-124P124K124	146	29.9	29.8	2.69	
<i>НСР₀₅ по факторам:</i>	<i>A</i>	4.9	4.2	0.8	0.16
	<i>B</i>	1.2	2.2	0.4	0.03
	<i>C</i>	2.2	3.3	0.5	0.05

Интенсивность баланса снижается в зернопаропропашном севообороте по отношению к зернопропашному в 1.2 раза.

Отмечается, что среди испытанных приемов обработки почвы вспашка способствует снижению интенсивности баланса калия.

В практике регулирования баланса калия очень важен показатель использования его из вносимых удобрений. Данные свидетельствуют, что зернопаропропашной севооборот повышает коэффициент использования калия в 1.2 раза по сравнению с зерноотравянопропашным севооборотом.

Коэффициент использования калия снижается при увеличении доз минеральных удобрений в 1.4 раза. В среднем применение минеральных удобрений обеспечивает использование калия на уровне 32%, тогда как коэффициент использования калия при внесении органических удобрений ровнялся 50%, что в 1.6 раза больше. При совместном внесении минеральных удобрений и навоза коэффициент использования калия был наибольшим при сочетании минеральных удобрений в дозах N42-62P62K62 + 16 т/га навоза. В этом случае он был больше в 1.25 раза, чем при внесении данных минеральных удобрений на фоне 8 т/га навоза.

Баланс и коэффициент использования калия связаны с продуктивностью культур севооборотов. Результаты исследований свидетельствуют, что наибольший сбор зерновых единиц обеспечивает зернопаропропашной севооборот, не смотря на то, что в нем одно поле севооборота ежегодно не даёт продукции. Сбор зерновых ед. здесь был в 1.2 раза выше, чем в зерноотравянопропашном севообороте. В тоже время по сбору переваримого протеина зерноотравянопропашной севооборот продуктивнее зернопаропропашного в 1.3 раза за счет участия в севообороте эспарцета.

Минеральные удобрения увеличили сбор зерновых единиц и переваримого протеина в среднем в 1.5 раза по отношению к контролю, а навоз в 1.2 раза. Внесение двойных доз минеральных удобрений и навоза приводит к максимальному увеличению продуктивности культур. Так сбор зерновых единиц и переваримого протеина увеличился в 1.7–1.8 раза по отношению к контролю.

Заключение

За пять ротаций севооборотов без удобрений не произошло значительных изменений в содержании подвижного калия в слое 0–30 см, оно сохранялось на уровне повышенной обеспеченности. Минеральные удобрения в двойных дозах на фоне навоза повышали содержание подвижного калия до уровня высокой обеспеченности. Насыщение севооборотов пропашными культурами, а также использование вспашки увеличивает содержание подвижного калия, но в меньшей степени. В слое почвы 30–50 см обеспеченность калием средняя. Содержание доступного калия снижается меньше при совместном внесении двойных доз удобрений в зернопаропропашном севообороте на фоне вспашки.



Влияние агроприёмов на содержание форм калия связано с их влиянием на другие показатели плодородия почвы. Так увеличение кислотности и запасов влаги в почве, способствует повышению содержания подвижного калия за счёт его мобилизации из недоступных форм. Улучшение структуры, состава поглощённых оснований и азотного состояния почвы способствует сохранению калия в необменной форме. Только совместное внесение минеральных удобрений и навоза приводит к увеличению различных форм калия: подвижных в 1.4–1.6 раза по сравнению с вариантом без удобрений. Насыщение севооборотов пропашными культурами и вспашка способствуют мобилизации калия из необменных форм.

Положительный баланс калия обеспечивается только при двойных дозах минеральных удобрений. Навоз создает интенсивность баланса всего лишь на 39%, что в 2.6 раза меньше, чем минеральные удобрения. Внесение N42-62P62K62 на фоне 16 т/га навоза приводит к увеличению интенсивности баланса более 80%. Зернопаропропашной севооборот снижает интенсивность баланса калия в 1.2 раза по отношению к зернопропашному.

Применение минеральных удобрений обеспечивает использование калия на уровне 32%, тогда как коэффициент использования калия при внесении навоза достигает 50%. При совместном внесении минеральных удобрений и навоза наибольший коэффициент использования калия (46%) был на варианте N42-62P62K62 + 16 т/га навоза. Зернопаропропашной севооборот повышал коэффициент использования калия по сравнению с зерноотравапропашным севооборотом в 1.2 раза.

Основным фактором оптимизации калийного режима чернозёмов и получения наибольшей продуктивности сельскохозяйственных культур, является внесение минеральных удобрений совместно с навозом. Насыщение севооборотов пропашными культурами увеличивает коэффициент использования калия и сбор зерновых единиц, а насыщение многолетними травами – интенсивность баланса калия и сбор переваримого протеина. Наряду с этим среди приемов основной обработки почвы необходима вспашка, хотя бы под пропашные культуры.

Список литературы

References

1. Баршадская С.И., Квашин А.А., Дерка Ф.И. 2011. Плодородие чернозёма обыкновенного и продуктивность основных сельскохозяйственных культур. Плодородие, (2): 36–39.
Barshadskaja S.I., Kvashin A.A., Dereka F.I. 2011. Fertility chernozem ordinary and efficiency of major crops. Plodorodie, (2): 36–39. (in Russian)
2. Брехов П.Т., Мязин Н.Г. 2012. Формы калия в чернозёме типичном при многолетнем внесении удобрений. Агрохимический вестник, (4): 5–7.
Brehov P.T., Mjazin N.G. 2012. Forms of potassium in typical chernozem under long-term fertilization. Agrohimicheskij vestnik, (4): 5–7. (in Russian)
3. Воронцов В.А. 2013. Влияние способов основной обработки почвы на её водный и питательный режимы при возделывании сахарной свёклы. Земледелие, (4): 23–26.
Voroncov V.A. 2013. Influence of ways of the basic soil cultivation on its water and nutrient regimes in the cultivation of sugar beet. Zemledelie, (4): 23–26. (in Russian)
4. Давлятшин И.Д., Лукманов А.А., Бадиков А.Н. 2013. Калий в пахотных почвах лесостепи. Плодородие, (2): 27–28.
Davljatshin I.D., Lukmanov A.A., Badikov A.N. 2013. Potassium in arable soils of forest-steppe. Plodorodie, (2): 27–28. (in Russian)
5. Донских И.Н., Мустафа Исра, Мязин Н.Г. 2012. Формы соединений калия в выщелоченном чернозёме при длительном применении различных систем удобрения в условиях ЦЧР. Плодородие, (6): 9–12.
Donskih I.N., Mustafa Isra, Mjazin N.G. 2012. Forms of the compounds of potassium in leached chernozem at long application of various fertilizer systems in the conditions of Central Black Earth region. Plodorodie, (6): 9–12. (in Russian)
6. Кирюшин В.И. 2010. Агрономическое почвоведение. М., КолосС, 687. (in Russian)
Kirjushin V.I. 2010. Agronomicheskoe pochvovedenie [Agronomic soil science]. Moscow, KolosS, 687. (in Russian)
7. Кураков В.И. 1992. Влияние удобрений на воспроизводство плодородия, урожайность и качество сахарной свеклы в севообороте. Дисс. ... док. с.-х. наук. Москва, 447.
Kurakov V.I. 1992. Vlijanie udobrenij na vosproizvodstvo plodorodija, urozhajnost' i kachestvo saharnoj svekly v sevooborote [Effect of fertilizers on the reproduction of fertility, yield and quality of sugar beet in the rotation]. Diss. ... doc. agricult. sciences. Moscow, 447. (in Russian)
8. Минакова О.А. 2011. Агроэкологические аспекты применения удобрений в зернопаропропашном севообороте лесостепи ЦЧР. Автореф. дисс. ... док. с.-х. наук. Воронеж, 49.
Minakova O.A. 2011. Agroekologicheskie aspekty primeneniya udobrenij v zernoparopropashnom sevooborote lesostepi CChR [Agro-ecological aspects of the use of fertilizers in cereal, tilling and fallow crop rotation of forest-steppe of Central Black Earth region]. Abstract. dis. ... doc. agricult. sciences. Voronezh, 49. (in Russian)



9. Минакова О.А., Александрова Л.В., Тамбовцева Л.В. 2009. Влияние 70-летнего применения удобрений на плодородие чернозёма выщелоченного Лесостепи ЦЧР и урожайность культур зерно-свекловичного севооборота. *Агрохимия*, (4): 31–37.

Minakova O.A., Aleksandrova L.V., Tambovceva L.V. 2009. Effect of 70-year-old use of fertilizers on fertility of leached chernozem forest-steppe of Central Black Earth region and crop yield grain-beet crop rotation. *Agrohimiya*, (4): 31–37. (in Russian)

10. Муха В.Д. 2004. Естественно-антропогенная эволюция почв (общие закономерности и зональные особенности). М., КолосС, 366.

Muha V.D. 2004. Estestvenno-antropogennaja jevoljucija pochv (obshhie zakonomernosti i zonal'nye osobennosti) [Natural evolution of anthropogenic soils (general patterns and area features)]. Moscow, KolosS, 366. (in Russian)

11. Немченко В.В., Суркова Ю.В. 2010. Продуктивность севооборотов и агрохимические показатели почвы при длительном использовании пашни. *Земледелие*, (7): 9–11.

Nemchenko V.V., Surkova Ju.V. 2010. Productivity of crop rotations and agrochemical parameters of soil with prolonged use of arable land. *Zemledelie*, (7): 9–11. (in Russian)

12. Носко Б.С., Бабынин В.И., Гладких Е.Ю. 2012. Последствие удобрений на физико-химические и агрохимические свойства чернозёма типичного. *Агрохимия*, (4): 3–13.

Nosko B.S., Babynin V.I., Gladkih E.Ju. 2012. Aftereffect of fertilizers on the physico-chemical and agrochemical properties of typical chernozem. *Agrohimiya*, (4): 3–13. (in Russian)

13. Панников В.Д., Минеев В.Г. 1987. Почва, климат, удобрения и урожай. М., Колос, 414.

Pannikov V.D., Mineev V.G. 1987. Pochva, klimat, udobrenija i urozhaj [Soil, climate, fertilizer and crop]. Moscow, Kolos, 414. (in Russian)

14. Прокошев В.В. 1994. Калийные удобрения. Значение, производство, применение, экология. Международный институт калия, 67.

Prokoshev V.V. 1994. Kalijnye udobrenija. Znachenie, proizvodstvo, primenenie, jekologija [Potash fertilizers. Value, production, use, ecology]. Mezhdunarodnyj institut kalija [International Potash Institute], 67. (in Russian)

15. Раков А.Ю., Сирота М.А. 2013. Обменный калий как лимитирующий фактор урожайности. *Земледелие*, (7): 31–32.

Rakov A.Ju., Sirota M.A. 2013. Exchangeable potassium as a limiting factor of productivity. *Zemledelie*, (7): 31–32. (in Russian)

16. Синещёков В.Е., Васильева Н.В., Ткаченко Г.И., Аверкина С.С. 2010. Влияние минимизации основной обработки на агроэкологические свойства чернозёмов выщелоченных лесостепи Приобья. В кн.: Состояние и перспективы агрохимических исследований в Географической сети опытов с удобрениями. Материалы международной научно-методической конференции учреждений-участников Геосети России и стран СНГ (г. Москва, 10–11 июня 2010 г.). М.: 115–118.

Sineshchikov V.E., Vasil'eva N.V., Tkachenko G.I., Averkina S.S. 2010. Minimize the impact of treatment on the main agro-ecological properties of leached chernozem steppe of Priob'e. In: Sostojanie i perspektivy agrohimicheskix issledovanij v Geograficheskoj seti opytov s udobrenijami. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoj konferencii uchrezhdenij-uchastnikov Geoseti Rossii i stran SNG (g. Moskva, 10–11 ijunja 2010 g.) [Status and prospects of agrochemical research in geographic network experiments with fertilizers. Proceedings of the International Scientific Conference participating institutions GeoNetwork Russia and the CIS (Moscow, 10–11 June 2010)]. Moscow: 115–118. (in Russian)

17. Уваров Г.И., Карабутов А.П. 2012. Изменение свойств в черноземе типичном при применении удобрений в длительном полевом опыте. *Агрохимия*, (4): 14–20.

Uvarov G.I., Karabutov A.P. 2012. Changing the properties of typical chernozem in the application of fertilizers in the long-term field experiment. *Agrohimiya*, (4): 14–20.

18. Чекмарев П.А., Лукин С.В. 2011. Мониторинг калийного режима чернозёмов ЦЧР. Достижения науки и техники АПК, (8): 3–5.

Chekmarev P.A., Lukin S.V. 2011. Monitoring of potassium regime chernozem Central Black Earth region. *Dostizhenija nauki i tehniky APK*, (8): 3–5. (in Russian)

19. Якименко В.Н. 2007. Изменение содержания форм калия по профилю почвы при различном калийном балансе в агроценозах. *Агрохимия*, (3): 5–11.

Jakimenko V.N. 2007. Changing forms of potassium content in the soil profile at various potash balance in agrocenoses. *Agrohimiya*, (3): 5–11. (in Russian)

УДК 504.4.054

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭРОЗИОННО-ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
НА ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ РЕК АГРОЛАНДШАФТОВ**
**ANALYSIS OF THE IMPACT OF EROSION AND HYDROLOGICAL PROCESSES
ON THE HYDROCHEMICAL REGIME OF CULTIVATED LAND RIVERS**

Ю.А. Соловьева¹, М.В. Кумани², Я.В. Павлюк³, Ж.А. Буряк³
Yu.A. Solov'eva¹, M.V. Kumani², Ya.V. Pavlyuk³, Zh.A. Buryak³

¹ ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии, Россия, 305021, г. Курск, ул. К. Маркса, 70-б

² Курский государственный университет, Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33

³ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, д. 85

¹ SSI All-Russia Research Institute of Arable Farming and Soil Erosion Control, 70b K. Marks St, Kursk, 305021, Russia

² Kursk State University, 33 Radischev st, Kursk, 305000, Russia

³ Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: iuliana.solovieva@yandex.ru

Ключевые слова: речной бассейн, малый водосбор, эрозионно-гидрологические процессы, фоновые концентрации, биогенные вещества, органические вещества.

Key words: river basin, small catchment, erosion and hydrological processes, background concentrations, nutrients, organic matter.

Аннотация. Наблюдаются высокие концентрации органических и биогенных веществ в малых и средних реках при отсутствии точечных источников их сбросов. Это указывает на наличие диффузного загрязнения рек в результате эрозионно-гидрологических процессов на хозяйственно освоенных водосборах. В работе показано, что многолетние изменения показателей сельскохозяйственного производства влияют на динамику концентраций биогенных веществ в реках, водосборные территории которых занимают преимущественно агроландшафты. В результате моделирования выноса биогенных веществ в составе наносов с помощью ГИС-технологий рассчитано, что в период снеготаяния с малого водосбора площадью 551.5 га в реку Чернь поступает в среднем 1.36 кг валовых форм азота и 46.5 кг подвижных форм фосфора. Поступление биогенных веществ от диффузных источников в значительной степени определяет гидрохимический режим реки Чернь вне зоны влияния Михайловского ГОКа.

Resume. As a result of hydrochemical monitoring data analysis it was founded, that many minor and mid-size rivers of Central Chernozem Region had high concentrations of organic and biogenic substances in the absence of point sources of their discharge. This indicates the presence of rivers non-point pollution as a result of erosion and hydrological processes in cultivated land catchments. The investigation shows that long-term changes of agricultural production indicators have an impact on the dynamics of the nutrients concentrations in the rivers, the catchments of which are cultivated lands.

As a result of nutrients removal simulation in the sediment composition using GIS-technologies it is calculated that during the snowmelt period from the small catchment area of 551.5 hectare (ha) the Chern river receives on the average of 1.36 kg of total nitrogen and 46.5 kg of labile phosphorus. The incoming of nutrients from non-point sources largely determines the Chern river hydrochemical regime upstream the Mikhailovsky mineral processing plant.

Detailed monitoring in mid-sized and minor rivers and catchments to assess chemical substances distribution in cultivated lands and water objects is essential. As non-point pollution sources have a negative impact from the sources of the rivers, the determination of background concentrations of organic and biogenic substances in surface waters becomes practically impossible.

Введение

Характер и степень загрязнения водных объектов – это отражение вида и интенсивности хозяйственной деятельности на водосборной территории [Райнин, Виноградова, 2002; Коронкевич и др., 2003; Kumani, 2004], так как река и ее бассейн – это единая система, транспорт веществ в которой наиболее активно осуществляется водными потоками.

Водосборные площади рек Центрально-Черноземных областей – территориальная база для развития агропромышленного комплекса. Значительную долю речных бассейнов здесь занимают агроландшафты, круговорот и баланс веществ в которых существенно изменен по сравнению с природными ландшафтами. Это привело, в частности, к перераспределению биогенных и органических веществ в результате эрозионно-гидрологических процессов, активно развивающихся на сельскохозяйственных угодьях речных бассейнов. Органические и биогенные вещества, обеспечивающие почвенное плодородие, попадают с поверхностным стоком в



водные объекты, меняют свою экологическую функцию и становятся загрязнителями. Особенность почвенно-эрозионного загрязнения заключается в том, что его источники – диффузные, рассредоточенные по всему водосбору, которые, в отличие от точечных, не подвергаются предусмотренному экологическим законодательством мониторингу. Поэтому большую сложность составляет точная количественная оценка доли вклада диффузных источников в загрязнение поверхностных вод [Хрисанов, Осипов, 1993; Алексеевский и др., 2000].

Цель данной работы – проанализировать влияние выноса органических и биогенных веществ в результате эрозионно-гидрологических процессов на гидрохимический режим рек агроландшафтов.

Объекты и методы исследования

Выбор объектов исследования обусловлен тем положением, что наиболее подвержены любому загрязнению малые и средние реки в силу их небольшой водности и низкой способности к самоочищению [Алексеевский и др., 2000; Соловьева, Кумани, 2013]. Особенность малых и средних рек – тесная зависимость качества воды от состояния водосборной территории, что обуславливает их значительную уязвимость при интенсивном хозяйственном освоении водосбора.

В работе использованы данные ежемесячного гидрохимического мониторинга в створах средних (по ГОСТ 17.1.1.02–77) рек (площади водосборов составляют 1020, 220 и 140 км² соответственно) за период наблюдений с 2004 по 2008 гг. Так же использованы материалы гидрохимического мониторинга за период с 1990 по 2009 гг. на реке Псел в пункте наблюдений село Горналь (Курская область). Длина реки Псел до створа у села Горналь составляет 200 км, площадь водосбора – 6400 км². Выше рассматриваемых створов на водосборной территории изучаемых рек располагаются преимущественно агроландшафты (60–80% территории), влияния точечных сбросов с промышленных предприятий и поверхностного стока с урбанизированных территорий не наблюдается.

При изучении влияния диффузных источников на качество поверхностного стока необходима количественная оценка поступления биогенных веществ в реки агроландшафтов с водосборов различных порядков [Кумани, Лисецкий, 2011]. Поэтому для количественной оценки среднемноголетнего выноса биогенных веществ с сельхозугодий в верхних звеньях гидрографической сети, нами был использован элементарный ключевой водосбор, расположенный в бассейне р. Чернь на территории Железнодорожного района Курской области. На этом участке р. Чернь и ее водосборная территория еще не испытывают воздействия Михайловского ГОКа, значительную долю площади водосбора занимают сельскохозяйственные угодья. Для этого водосбора было использовано моделирование выноса биогенных веществ с помощью ГИС-технологий.

Результаты и их обсуждение

Для оценки гидрохимического режима рек, складывающегося под влиянием поверхностного стока и выноса эрозионного материала с сельхозугодий, имеет смысл рассмотреть концентрации органических и биогенных веществ в створах, где осуществляется детальный мониторинг (таблица). Нами проанализированы концентрации биогенных веществ (форм азота: нитратной NO₃, нитритной NO₂, аммонийной NH₄ и фосфатов P₂O₅) и показатели биохимического потребления кислорода (БПК) в реках Реут, Чернь и Речица. Показатель БПК характеризует суммарное содержание в воде органического вещества; это количество кислорода, требуемое для окисления находящихся в воде органических веществ за определенный промежуток времени – 5 или 10 суток [Никаноров, 2001] (в таблице – БПК₅ и БПК_{полн.} соответственно).

Из данных таблицы видно, что средние за пятилетний период наблюдений значения БПК, а также концентрации аммонийного азота и отчасти нитритов (Реут, Чернь) превышают ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения в рассматриваемых реках. Приведенные в таблице вещества и показатели имеют четкую динамику в изучаемых реках, характеризующуюся значительным варьированием концентраций по гидрологическим сезонам года [Кумани и др., 2011; Соловьева, Кумани, 2013]. Примером тому могут служить максимальные концентрации веществ, в 1.5–34 раза превышающие ПДК и в 2.5–15 раз средние значения. Сезонная динамика связана не только с поступлением веществ с поверхностным стоком и эрозионным материалом во время снеготаяния и дождевых осадков, но и с внутриводоемными биохимическими процессами [Соловьева, Кумани, 2013]. Однако именно изначальное поступление органики и биогенов в водные объекты в результате эрозионно-гидрологических процессов на водосборной территории и их накопление в реках вызывают интенсивный прирост биомассы в водной толще, отмирание которой приводит к вторичному загрязнению.

Таблица
Table

Концентрации биогенных веществ и показатели БПК в реках агроландшафтов за 2004–2008 гг. наблюдений
Concentrations of nutrients and BOD indexes in cultivated land rivers for the observation period of 2004–2008

Объект исследования	Концентрация	Показатели и вещества					
		БПК _{полн.} , мг О ₂ /л	БПК ₅ , мг О ₂ /л	NH ₄ , мг/л	NO ₂ , мг/л	NO ₃ , мг/л	P ₂ O ₅ (по P), мг/л
р. Реут в 100 м. выше сброса с очистных сооружений г. Курчатова	средняя	3.96	2.81	0.51	0.041	1.57	0.19
	максимальная	17.29	12.26	1.86	0.520	13.52	2.94
р. Чернь в 100 м выше сброса коллекторно-дренажных вод МГОКа	средняя	3.94	2.63	0.69	0.131	3.00	0.16
	максимальная	18.00	12.00	3.10	0.680	8.69	0.56
р. Речица в 100 м выше сброса с очистных сооружений г. Железнодорожска	средняя	-	2.07	0.18	0.018	0.70	0.11
	максимальная	-	5.50	0.50	0.130	4.76	0.36
		Предельно допустимые концентрации веществ (ПДК) для водоемов рыбохозяйственной категории					
		3.00	2.00	0.40	0.020	9.10	0.20
		Погрешность метода определения					
		±0.14	±0.10	±0.21	±0.060	±0.12	±0.10

Таким образом, стабильное превышение ПДК биогенных и органических веществ в реках агроландшафтов свидетельствует о наличии диффузного загрязнения в результате эрозивно-гидрологических процессов на водосборной территории. Поэтому реки подвергаются эвтрофикации и находятся в неудовлетворительном состоянии уже в верхнем течении. Аналогичная ситуация свойственна не только рассматриваемым рекам. Наши исследования, проведенные на реках Белгородской области [Кумани и др., 2011] и данные гидрохимического мониторинга показывают, что все малые, а также верховья средних и больших рек Центрального Черноземья также имеют повышенные значения концентраций органических и биогенных веществ в верхнем течении.

Следующей нашей задачей было проанализировать влияние изменений хозяйственной деятельности на водосборной территории на многолетнюю динамику содержания биогенных веществ в реках агроландшафтов. Наиболее характерным для этого является временной период с 1990 по 2009 гг., в течение которого происходили существенные разнонаправленные изменения в показателях сельскохозяйственного производства. В первую половину 1990-х гг. в Курской области в 10 раз снизилось количество вносимых на поля минеральных удобрений, на 20% уменьшилась площадь пашни. За период 2000–2009 гг. площадь пашни увеличилась на 8%, внесение минеральных удобрений по сравнению с уровнем 2000 г. увеличилось в 2.5 раза. Так же произошли изменения в структуре посевных площадей, пастбищ, нагрузки на пашню со стороны сельскохозяйственной техники и т. д. [Голубчиков, 2003], что привело к оздоровлению гидроэкологической ситуации в Курской области во 2-й половине 1990-х гг. и к ее ухудшению с начала 2000-х.

Представленные на рисунке 1 кривые изменения концентраций растворенных в воде р. Псел биогенных веществ достаточно четко показывают общую тенденцию их снижения за период спада сельскохозяйственного производства, остаются приблизительно на одном уровне в период его стабилизации и повышаются во время его подъема за 2003–2009 гг. В качестве важного показателя, иллюстрирующего тенденции изменения антропогенных воздействий на гидрохимический режим, на рисунке приводится количество вносимых минеральных удобрений. Так, содержание нитратной и аммонийной форм азота существенно снизилось в стоке реки Псел в период резкого сокращения внесения удобрений, наблюдавшегося в 1993–1995 гг. Содержание минерального фосфора за изучаемый период изменилось меньше всего. Это связано с тем, что фосфор наименее растворим из всех биогенов, и потому медленно вымывается из почвы [Соловьева и др., 2013]. Однако и его концентрации за период 1990–2009 гг. снизились почти в 1.5 раза.

В то же время на всех кривых довольно существенны флуктуации по годам. В отдельные годы концентрации заметно возрастают, а в другие – сокращаются. Эти отклонения, осложняющие общую тенденцию, очевидно, связаны с колебаниями по годам и сезонам гидро-

логических, гидрохимических и гидробиологических условий формирования стока р. Псел [Kumani, 2004].



Рис. 1. Динамика внесения минеральных удобрений и содержание биогенных веществ в р. Псел (створ в с. Горналь) за 1990–2009 гг.

Fig. 1. Dynamics of mineral fertilizers application and nutrients content in the Psel River (in the Gornal hydrologic section) for the period of 1990–2009

Обобщая вышесказанное, следует отметить, что наблюдающаяся тенденция ухудшения качества поверхностных вод в верхних звеньях гидрографической сети обусловлена тем, что по мере уменьшения площади водосбора увеличивается доля наносов, осаждающихся в донных отложениях рек [Голосов, 2006]. Разработанные для условий Центрального Черноземья методики позволяют количественно оценить смыв почвы и вынос биогенных элементов во время весеннего снеготаяния с территории малого водосбора.

В качестве объекта исследования был выбран элементарный ключевой водосбор площадью 551.5 га, расположенный в верхнем течении р. Чернь преимущественно на серых лесных почвах. Нами было уточнено состояние водосбора с использованием данных дистанционного зондирования Земли. На территории водосбора, согласно проекту внутрихозяйственного землеустройства, в 80-е гг. XX века находились сенокосы и пастбища свиноводхоза «Железнодорожский», который в 90-е гг. XX века прекратил свое существование из-за нерентабельности. Для того чтобы узнать, как изменилась структура сельскохозяйственных угодий, нами была использована серия многоканальных космоснимков Landsat с пространственным разрешением 30 м, отражающих характерные фазы вегетационного периода сельскохозяйственных культур с 2008 по 2012 гг. Путем визуального дешифрирования снимков была получена информация о состоянии территории водосбора в настоящее время: контуры полей не изменились, на них осуществляются зернотравяные и зернопропашные севообороты.

На основе уточненных по данным дистанционного зондирования морфометрических и ландшафтных характеристик территории водосбора, в программе ArcGIS 10.1 была построена серия электронных карт: цифровая модель рельефа водосбора, карты экспозиций и крутизны склонов, почвенная карта, отражающая типы почв, степень эродированности и механический состав почв, карты содержания валового азота и подвижных форм фосфора на территории полей. Содержание валовых форм азота на территории водосбора составило от 10 до 14.5 мг/кг почвы, что по агрохимической классификации, отражающей потребности в элементах питания для сельскохозяйственных культур характеризуется как «среднее» содержание. Содержание подвижных форм фосфора, которые являются ближайшим резервом для его перехода в водорастворимые формы, составило от 75 до 127 мг/кг почвы и характеризуется как «высокое».

Далее нами было проведено моделирование смыва почвы во время весеннего снеготаяния (рис. 2) по методике [Герасименко, Кумани, 2000].

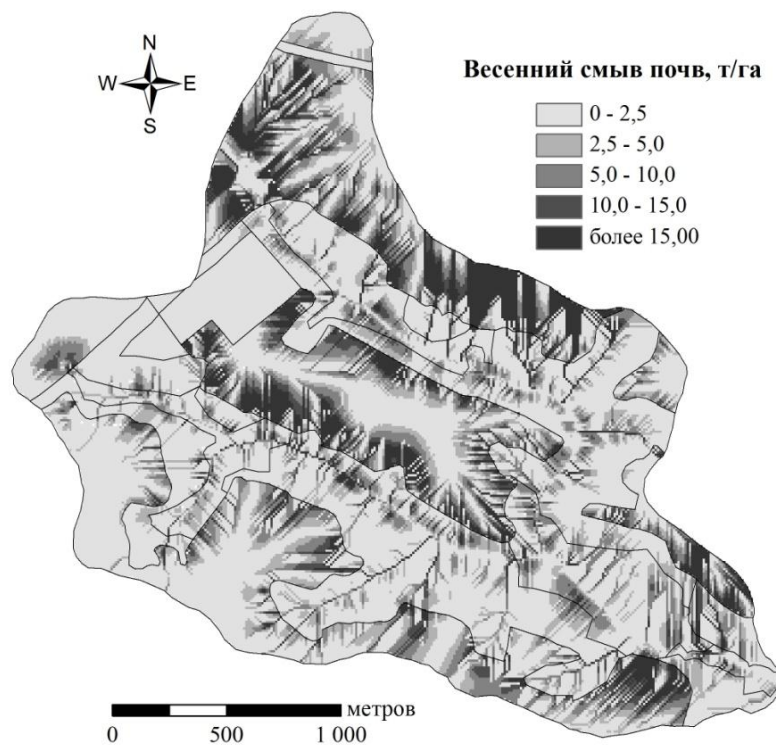


Рис. 2. Среднемноголетний смыв почвы во время снеготаяния на территории водосбора
Fig. 2. Mean annual soil loss during snowmeling in the catchment area

Расчет весеннего смыва почвы производился по формуле:

$$M_t = P \times M_{cp} \times L \times \sin \alpha \times \pi \times S \times \lambda \times K_{\lambda} \times 147, \quad (1)$$

где M_t – весенний смыв почвы, т/га; P – коэффициент, зависящий от степени увлажнения территории (для лесостепной зоны $P = 0.115$); M_{cp} – зональный среднемноголетний вынос почвы с зяби или уплотненной пашни, т/га; L – расстояние от водораздела до створа, для которого определяется смыв почвы, м; α – уклон склона в градусах на расстоянии L , м от водораздела; π – коэффициент, учитывающий влияние на смыв профиля склона; S – показатель, характеризующий влияние типа (подтипа) почвы на эрозию; λ – коэффициент, отражающий влияние на эрозионные процессы степени эродированности пашни; K_{λ} – коэффициент, показывающий воздействие на смыв экспозиции склона.

Среднее многолетнее значение весеннего смыва почвы для водосбора составило 5.8 т/га.

Используя полученные данные по смыву почвы, нами было проведено моделирование выноса валовых форм азота и подвижных форм фосфора со смываемой почвой с пахотных угодий водосбора во время весеннего снеготаяния по методике [Чуян и др., 1985] (рис. 3 и 4). В соответствии с данной методикой, вынос биогенных веществ со смываемой почвой рассчитывают по формуле:

$$P_t = 10^{-3} \times m \times M_m, \quad (2)$$

где P_t – вынос биогенных веществ с наносами, кг; m – содержание биогенных веществ в наносах, мг/кг; M_m – весенний смыв почвы, т/га; 10^{-3} – коэффициент размерности.

Среднее значение выноса, равномерно распределенное по площади пахотных угодий водосбора, составило 0.012 кг/га для валовых форм азота и 1.4 кг/га для подвижных форм фосфора.

В результате снеготаяния с территории сельхозугодий водосбора в среднем за многолетний период выносятся в составе наносов подвижных форм фосфора – 393 кг, валовых форм азота – 3.34 кг. Замыкающим створом для исследуемого водосбора является река Чернь. Далее нами было рассчитано, какое количество биогенных веществ попадает в замыкающий створ ключевого водосбора. Расчет производился по уравнению [Голосов, 2006]:

$$W_d = W_y \times D_r, \quad (3)$$

где W_d – транспорт биогенных веществ в составе наносов через замыкающий створ водосбора; W_y – общий вынос биогенных веществ в составе наносов с территории бассейна; D_r – коэффициент доставки наносов.

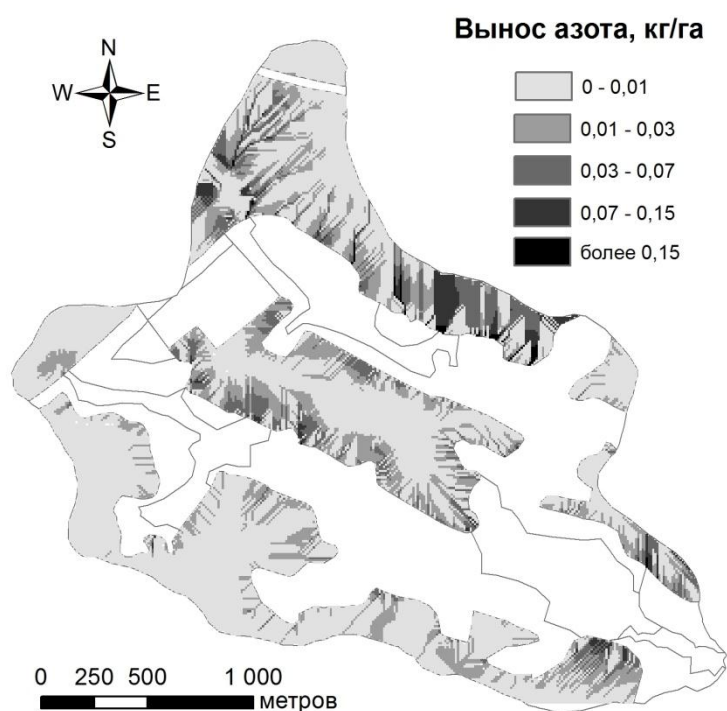


Рис. 3. Среднеголетний вынос валового азота с наносами во время снеготаяния с территории водосбора
Fig. 3. Mean annual total nitrogen loss with sediments during snowmelt period from the catchment area

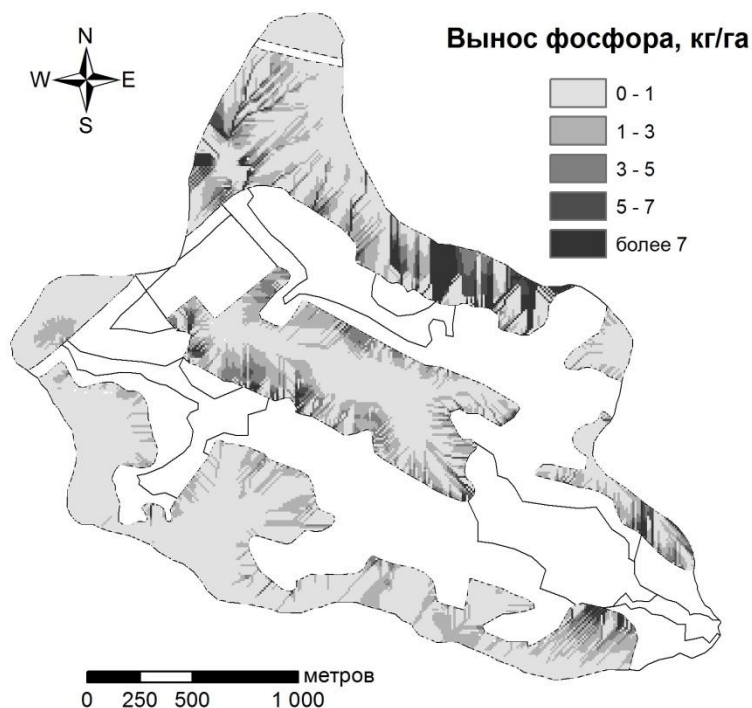


Рис. 4. Среднеголетний вынос подвижных форм фосфора с наносами во время снеготаяния с территории водосбора
Fig. 4. Mean annual labile phosphorus loss with sediments during snowmelt period from the catchment area

Для расчета коэффициента доставки наносов имеется эмпирическое уравнение [Голосов, 2006]:

$$D_r = 0.65 \times F_{\text{вод}}^{-0.27}, \quad (4)$$

где $F_{\text{вод}}$ – площадь водосбора, км².

Таким образом, вынос за пределы замыкающего створа с учетом коэффициента доставки за период снеготаяния составил 46.5 кг для подвижных форм фосфора и 1.36 кг для валовых форм азота. Результаты расчетов и гидрохимического мониторинга показывают, что река Чернь подвергается диффузному загрязнению биогенными и органическими веществами, ко-

торые и определяют особенности ее гидрохимического режима вне зоны влияния Михайловского ГОКа.

Выводы

1. Высокие значения концентраций органических и биогенных веществ в малых и средних реках, результаты расчета выноса азота и фосфора с территории пахотных угодий малого водосбора указывают на наличие диффузного загрязнения, определяющего гидрохимический режим рек агроландшафтов.

2. Поскольку источники диффузного загрязнения оказывают негативное воздействие, начиная с истоков рек, то определение фоновых концентраций органических и биогенных веществ в поверхностных водах становится практически невозможным. Можно говорить о фоновых концентрациях для отдельного выпуска сточных вод, ниже по течению после которого не происходит дальнейшего ухудшения гидрохимического состава, но не о фоновой концентрации веществ для реки в целом. Поэтому понятие «фоновая концентрация» нуждается в уточнении.

3. Многолетние изменения антропогенных, в том числе сельскохозяйственных нагрузок на водосборных территориях отражаются в изменении гидрохимического режима рек, что также указывает на преобладающее влияние эрозионно-гидрологических процессов в формировании качества поверхностных вод на территориях интенсивного сельскохозяйственного освоения.

4. Необходим детальный мониторинг в средних и особенно в малых реках и водосборах для оценки перераспределения химических веществ в агроландшафтах и водных объектах. Результаты мониторинга помогут не только в решении проблем гидроэкологии, но и в решении проблемы ухудшения качества почвенных ресурсов.

5. В результате расчета выноса биогенных элементов в составе наносов установлено, что в среднем за многолетний период во время снеготаяния, в замыкающий для малого водосбора створ – реку Чернь поступает 46.5 кг подвижных форм фосфора и 1.36 кг валовых форм азота только лишь с водосбора площадью 551.5 га. При этом не учтен вынос биогенов в результате дождевой эрозии, что становится все более актуальным в связи с метеорологическими тенденциями последних лет. Для получения более точных сведений о балансе и перераспределении биогенных веществ, необходимо разрабатывать модель, позволяющую рассчитывать вынос биогенных веществ из почвы в результате дождевой эрозии.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФИ мол_рф_нр № 13-05-90732.

Список литературы References

1. Алексеевский Н.И., Коронкевич Н.И., Литвин Л.Ф., Чалов Р.С., Ясинский С.В. 2000. Сток и эрозия почв на водосборах как факторы экологической обстановки на реках. Известия АН. Серия Географическая, (1): 52–63.
1. Alekseevskij N.I., Koronkevich N.I., Litvin L.F., Chalov R.S., Jasinskij S.V. 2000. Run-off and soil erosion on the drained areas as factors of ecological condition on rivers. *Izvestija AN. Serija Geograficheskaja* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences. Geographical series], (1): 52–63. (in Russian)
2. Герасименко В.П., Кумани М.В. 2000. Рекомендации по регулированию почвенно-гидрологических процессов на пахотных землях. Курск, ЮМЭКС, 105.
2. Gerasimenko V. P., Kumani M. V. 2000. Rekomendatsii po regulirovaniyu pochvenno – gidrologicheskikh protsessov na pakhotnykh zemlyakh [Guidance for soil erosion and hydrological processes control on the croplands]. Kursk: YUMEKS, 105. (in Russian)
3. Голосов В.Н. 2006. Эрозионно-аккумулятивные процессы в речных бассейнах освоенных равнин. М., ГЕОС, 296.
3. Golosov V.N. 2006. Eroziionno – akkumulyativnye protsessy v rechnykh basseynakh osvoennykh ravnin [Erosion and deposition processes in the river basins of cultivated plains]. Moscow: GEOS, 296. (in Russian)
4. Голубчиков С.Н. 2003. Развитие лесо- и агропользования в центре Русской равнины как фактор современной гидроэкологической обстановки. В кн.: Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия. М., Наука: 124–137.
4. Golubchikov S.N. 2003. Development of forest- and agro-utilization at the center of Russian plane as the factor of modern hydroecological conditions. In: *Anthropogenic influences on water resources of Russia and neighboring countries at the end of XXth century*. Moscow, Nauka: 124–137. (in Russian)
5. Коронкевич Н.И., Зайцева И.С., Черногаева Г.М. 2003. Формы, механизмы и показатели антропогенной нагрузки на водные ресурсы. В кн.: Антропогенные воздействия на водные ресурсы России и сопредельных государств в конце XX столетия. М., Наука: 7–21.

Koronkevich N.I., Zaitseva I.S., Chernogaeva G.M. The forms, mechanisms and parameters of anthropogenic load on water resources. *In: Anthropogenic influences on water resources of Russia and neighboring countries at the end of XXth century*. Moscow, Nauka: 7–21. (in Russian)

6. Кумани М.В., Лисецкий Ф.Н. 2011. Изучение транспорта и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях рек агропромышленных регионов. *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 13 (1): 1443–1448.

Kumani M. V., Lisetskiy F. N. Studying the transport and accumulation of polluting substances in river bottom deposits in agroindustrial regions. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 13 (1): 1443–1448. (in Russian)

7. Кумани М.В., Соловьева Ю.А., Корнилов А.Г. 2011. Особенности фенольного загрязнения рек Курской и Белгородской областей. *Научные ведомости БелГУ. Естественные науки*, 16 (15): 193–198.

Kumani M.V., Solov'eva Yu.A., Kornilov A.G. 2011. Peculiarities of phenol contamination of the rivers of Kursk and Belgorod regions. *Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences]*, 16 (15): 193–198. (in Russian)

8. Никаноров А.М. 2001. *Гидрохимия*. СПб., Гидрометеиздат. 444.

Nikanorov A.M. 2001. *Gidrokimiya [Hydrochemistry]*. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat, 444. (in Russian)

9. Райнин В.Е., Виноградова Г.Н. (ред.). 2002. *Техногенное загрязнение речных экосистем*. М., Научный мир, 140.

Rajnin V.E., Vinogradova G.N. (red.). 2002. *Tehnogennoe zagrjaznenie rechnyh jekosistem [Technogenic contamination of the river ecosystems]*. Moscow, Nauchnyy mir, 140. (in Russian)

10. Соловьева Ю.А., Кумани М.В. 2013. Особенности сезонной динамики растворенных форм азота в малых и средних реках Центрального Черноземья. *Вода: химия и экология*, (3): 16–22.

Solov'eva Yu.A., Kumani M.V. Seasonal dynamics features of dissolved nitrogen forms in minor and mid-size rivers of the Central Black Earth region. *Voda: khimiya i ekologiya [Water: chemistry and ecology]*, (3): 16–22. (in Russian)

11. Соловьева Ю.А., Сухановский Ю.П., Прущик А.В., Санжарова С.И., Выговтов В.А. 2013. Использование метода дождевания для определения выноса нитратного азота, фосфора и калия из почвы. *В кн.: Агротехнологическая модернизация земледелия. Сборник докладов Всероссийской научно-практической конференции (Курск, 11–13 сентября 2013 г.)*. Курск, ГНУ ВНИИЗиЗПЭ РАСХН: 231–235.

Solov'eva Yu.A., Sukhanovskiy Yu.P., Prushchik A.V., Sanzharova S.I., Vytovtov V.A. 2013. Use of a sprinkling method to determine the removal of nitrate nitrogen, phosphorus and potassium from the soil. *In: Agrotekhnologicheskaya modernizatsiya zemledeliya. Sbornik dokladov Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Agrotechnological modernization of agriculture. Proceedings of the All-Russia conference (Kursk, 11–13 September 2013)]*. Kursk, All-Russia research institute of arable farming and soil erosion control RAAS: 231–235. (in Russian)

12. Хрисанов Н.И., Осипов Г.К. 1993. *Управление эвтрофированием водоемов*. СПб., Гидрометеиздат, 278.

Khrisanov N.I., Osipov G.K. *Upravlenie evtrofirovaniem vodoemov [The management of waterbody eutrophication]*. Saint Petersburg, Gidrometeoizdat, 278. (in Russian)

13. Чуюн Г.А., Бойченко Э.А., Тур О.П. 1985. *Методические рекомендации по оценке выноса биогенных веществ поверхностным стоком*. М., ВАСХНИЛ, 32.

Chuyan G.A., Boychenko Z.A., Tur O.P. 1985. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke vynosa biogennykh veshchestv poverkhnostnym stokom [Methodical guidelines for estimating nutrients removal with the surface flow]*. Moscow, VASKHNIL, 32. (in Russian)

14. Kumani M.V. 2004. Assessing the effect of agricultural production on the organic and biogenic matter runoff into the Psel river. *Water resources*, 31 (1): 79–84.

Kumani M.V. 2004. Assessing the effect of agricultural production on the organic and biogenic matter runoff into the Psel river. *Water resources*, 31 (1): 79–84. (in Russian, with English summary)

УДК 631.481:631.452

**ТАТАРСКИЕ ШЛЯХИ В ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ЛАНДШАФТЕ
БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ****TATAR ROADS IN GEOGRAPHICAL LANDSCAPE OF BELGOROD REGION****Ю.Г. Чендев¹, А.Н. Геннадиев², В.Г. Белеванцев¹, А.П. Жидкин²
Yu.G. Chendev¹, A.N. Gennadiev², V.G. Belevantsev¹, A.P. Zhidkin²**¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85² Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Россия, 119991, г. Москва, Ленинские Горы, 1¹ Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia² Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russia

E-mail: Chendev@bsu.edu.ru; gidkin@mail.ru

Ключевые слова: Татарские шляхи, Центральная лесостепь, Белгородская область.
Key words: Tatar roads, Central Forest-Steppe, Belgorod oblast.

Аннотация. Рассмотрены изменения природной среды Белгородской области под влиянием татарских шляхов в период их функционирования (16–17 вв.). Косвенные воздействия татарских шляхов на ландшафты и деятельность населения отражались в периодических поджогах степей как средстве обороны против татар, в особенностях расселения и разной длительности сельскохозяйственной освоенности территории, разной степени заовраженности, различиях в содержании органического вещества в современных черноземах региона. Прямые воздействия заключались в выбивании растительности на шляхах, уплотнении, распылении структуры и дегумификации черноземов в местах их прохождения. Апробирована методика исследования остаточного уплотнения черноземов на татарском шляху с помощью твердомера. Установлены достоверные различия твердости почв в зоне прохождения татарского шляха и на рядом расположенной фоновой территории.

Resume. The changes of the natural environment within Belgorod oblast under the influence of Tatar roads during the period of their functioning (16-17 centuries) are observed. Indirect impacts of the Tatar roads on landscapes and population activity was reflected: in periodic fires of steppes as a measure of defense against the Tatars; in characteristics of spatial settlements distribution; in different duration of agricultural management, intensities of gully network appearance, and in differences in the content of organic matter in modern chernozem soils. Direct impacts were eliminated in clearing of vegetation, compaction, destruction of soils, and their dehumification in places of the roads passages. The method of residual soil compaction study in Tatar roads by using of penetrometer has been adopted. Statistically significant differences in soil hardness according to the 40, and 50 cm-depth sampling within Tatar road passage and on the background site nearby of the road have been detected. Thus, Tatar roads of Belgorod oblast are the historical and cultural heritage as well as an important landmark of the region, has not only cultural, but also practical importance by the study of the processes of residual compaction of soils under the influence of intensive anthropogenic impacts in the past.

Введение

Важной, но малоисследованной страницей исторической географии Белгородской области является изучение татарских шляхов и их влияния на географический ландшафт региона.

Татарские шляхи (Муравский, Изюмский и Кальмиусский) проходили по степным водоразделам между глубокими балками и речными долинами. Они были хорошо заметны в степи по «спорным гребням» [РГАДА, 1596] – наваловкам с двух сторон татарских дорог, образованным при выбивании почвы копытами лошадей. Одним из прикладных аспектов исследования татарских шляхов и их влияния на окружающую среду является поиск остаточных признаков уплотнения почв в местах их прохождения. Данный аспект ранее в почвоведении не рассматривался, однако он весьма актуален, т. к. остаточное уплотнение почв в местах прохождения татарских шляхов можно рассматривать как долговременную модель самовосстановления почвенного покрова после длительных механических воздействий на почвы, происходивших несколько столетий назад.

Первое упоминание о нападениях татар после исчезновения Золотой Орды и образования новой формы государственности у татар – ханств на юге Восточной Европы, – относится к 1506 году [Загоровский, 1991]. Первой татарской дорогой был Муравский шлях. Несколько позднее (но ранее середины 16 века) возникли два новых шляха – Изюмский и Кальмиусский.

По ним татары совершали регулярные нападения на южную часть Московского государства вплоть до начала 18 века (на протяжении более 200 лет).

Функционирование татарских дорог-шляхов изменило социокультурный и природный ландшафт сопряженных с ними территорий. Эти изменения повлияли на многие аспекты жизни оседлого населения, начинавшего осваивать Белгородский край. Эти изменения через столетия продолжают отражаться в компонентном составе окружающей среды и, в частности, в почвенном покрове изучаемой территории.

Географический ландшафт Белгородской области испытывал косвенные и прямые воздействия, обусловленные функционированием татарских шляхов.

Косвенные воздействия татарских шляхов

В рукописных источниках 17 века, характеризующих территорию Белгородской области, часто упоминаются «Крымские», «Ногайские» и «Русские» стороны ландшафта. Такое своеобразное ориентирование на местности было продиктовано военной угрозой нападения татар с юга, причем важной составляющей такого ориентирования были реки, относительно которых и указывались данные «стороны». Например, для рек, текущих в меридиональном направлении (таких, как Северский Донец или Оскол), западные части речных долин и примыкавшие к ним водоразделы назывались «Крымскими сторонами», а восточные – «Ногайскими сторонами», т. к. с указанных сторон чаще всего совершались набеги крымских или ногайских татар соответственно (Муравский шлях почти исключительно являлся путем набегов Крымских татар, а Кальмиусский шлях использовался, в основном, ногайскими татарами; промежуточное положение занимал Изюмский шлях, проходивший в центральной части Белгородской области). По отношению к рекам, протекающим в широтном направлении (Ворскла, Тихая Сосна, Халань и др.), северные части их долин с примыкавшими водоразделами назывались «Русскими сторонами», а южные части речных долин, со стороны которых была угроза татарских набегов – «Крымскими сторонами», т. к., согласно В.П. Загоровскому [1991], Крымское ханство доминировало в политическом и экономическом отношении над Ногайским ханством, и именно набеги Крымских татар приносили максимальный урон населению края. Разделение частей речных бассейнов по названиям противоборствующих сторон (русской и татарской) передает рисунок 1.

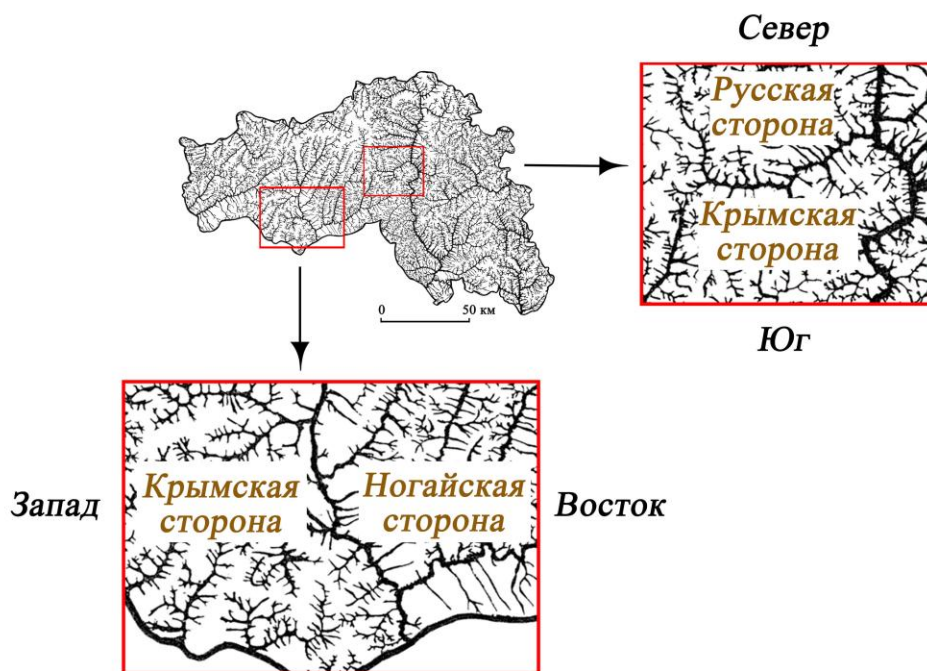


Рис. 1. Примеры, иллюстрирующие разделение ландшафта Белгородской области в 17 веке на «стороны» при косвенном влиянии татарских шляхов на данный способ ориентирования (составлено по результатам анализа рукописных источников 17 века)

Fig. 1. Examples illustrating subdivisions of landscape for the Belgorod oblast in the 17th century into "sides" under indirect influence of Tatar roads to this method of orientation (compiled from the analysis of manuscript sources of the 17th century)

Заметные антропогенные изменения растительного покрова степей Белгородской области начались в 16 веке – с момента возникновения татарских дорог, хотя территория еще долгое время оставалась незаселенной. Существенными нарушениями степной растительности этого времени были поджеги степей или степные палы. В октябре 1571 года, чтобы уничтожить естественные кормовые угодья и, таким образом, временно лишить татар возможности нападений на Русь, был издан царский указ, согласно которому население порубежных городов, дождавшись заморозков, сухой ясной погоды и ветров, дующих с севера в сторону степей, должно было выезжать в степь и поджигать ее [Беляев, 1846]. С этого момента степь с русской стороны периодически выжигали до конца первой трети 18 столетия, пока сохранялась угроза нападения татар. В качестве примера можно указать на отписку Валуйского воеводы Московскому царю в 1647 году, в которой указывается, что группы всадников с 27 сентября по 11 октября выжгли травы по всем речкам и междуречьям южнее и восточнее Валук: у сел Палатовки, Ураева, Уразово, Бурлук и др. Затем были посланы станицы на ногайские сакмы к Воронежу. В отписке царю воевода указывал, что установились «...дождовые дни,... а как государь ведренные дни будут ... я, холоп твой, на нагайскую степь травы жечь детей боярских пошлю тот час и о том к тебе к государю отпишу» [Котельников, 1949, с. 24].

По нашим подсчетам, на территории Белгородской области в течение 16–17 вв. общая площадь ежегодно создаваемых пирогенных ландшафтов могла составлять десятки и сотни км².

Широко практиковавшийся поджог степей способствовал временному усилению биологического круговорота веществ, потому что элементы питания растений, содержащиеся в степном войлоке и в естественных условиях участвующие в процессах образования органического вещества почв, при сжигании переходили в доступную растениям форму, способствуя быстрому накоплению наземной биомассы. При этом, по-видимому, замедлялись процессы образования почвенного гумуса. Таким образом, степные палы периодически нарушали естественный ход почвообразования на больших площадях, временно создавая биостерилизующиеся варианты черноземов [Чендев, Геннадиев, 1993].

В 16–17 столетиях отличия по возрасту освоения территорий определялись социально-политическим фактором (их разделением на опасные и безопасные с военно-стратегической точки зрения участки). Так, иностранный посол Жак Маржерет, посетивший Россию в начале 17 века, писал: «За Ливнами, удаленными на 500 верст от Москвы, страна необитаема за исключением нескольких городов Землю находят весьма плодородной, но жители осмеливаются ее обрабатывать только в окрестностях городов» [Маржерет, 1986. с. 229]. Заселение безлесных лугово-степных территорий сдерживала угроза нападения татар. Поэтому, участки, примыкавшие к татарским дорогам, долгое время оставались «впусте». Даже через полвека после прекращения татарских нападений (в 1780-х гг.), земли, прилегавшие к татарским сакмам, оставались нераспаханными. С одной стороны, это можно объяснить негативной исторической памятью, сохранявшейся об этих местах, а с другой стороны – особенностями расселения, каркас которого был создан в 17 столетии и характеризовался размещением населенных пунктов вдали от татарских дорог (периферийных зон освоения). В структуре современного почвенного покрова ареалы черноземов, приуроченные к местам прохождения татарских дорог, характеризуются повышенным содержанием гумуса в связи с более поздними сроками их распашки (рис. 2).

В 18 столетии в связи с активным земледельческим освоением территории интенсивными темпами происходило оврагообразование, сопровождавшееся размывом и переотложением огромных масс почв и геологических пород. По данным Л.А. Моряковой, И.И. Никольской [1984], а также В.А. Николаева [1987], возраст оврагов Центральной лесостепи оценивается в 200–300 лет. Однако, весьма вероятным является зарождение первых оврагов современной эрозионной сети Белгородской области еще в 17 веке, на что может указывать большая заовраженность территорий к северу от оборонительных валов Белгородской черты, сельскохозяйственное освоение которых (под защитой валов) началось раньше, чем на участках, лежащих к югу от них – на незащищенных от татарских шляхов территориях (рис. 3).

На основании проведенного анализа можно сделать вывод о существовании двух рядов причинно-следственных связей, обусловивших различную степень антропогенной трансформации почвенного покрова изучаемой территории:

- татарские дороги → сравнительно позднее земледельческое освоение → большие запасы гумуса в почвах и минимальное проявление эрозионных процессов;
- районы древнего освоения → существенное проявление эрозионных процессов и минимальные запасы гумуса в почвах как на водоразделах (длительный период выпашивания почв), так и на склонах (значительная смытость почв и заовраженность).

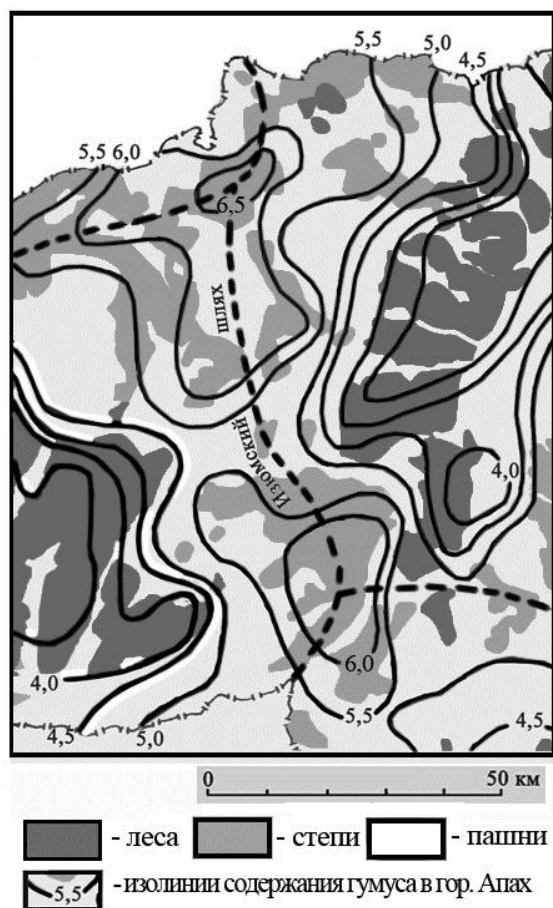


Рис. 2. Участок Белгородской области в зоне прохождения татарского шляха. Угодья (леса, степи, пашни) изображены по состоянию на 1785 год. Содержание гумуса в почвах пашни (абс. %) определено в 1983 году (по данным картографических материалов периода генерального межевания и агрохимического обследования пахотных почв сельскохозяйственных предприятий Белгородской области (III тур)

Fig. 2. Fragment of Belgorod oblast within the area of Tatar road passage. Lands (forests, grasslands, arable lands) are shown as of 1785. The humus content in arable soils (abs. %) has defined in 1983 (according to agrochemical survey of arable soils of the Belgorod oblast (III tour)

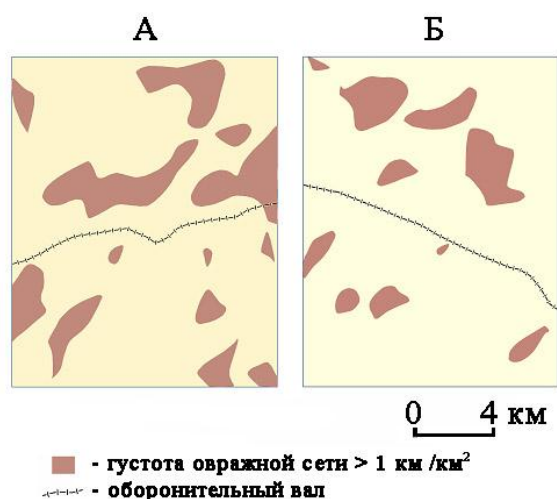


Рис. 3. Ареалы земель с густотой овражной сети более 1 км/км² на территориях к северу и к югу от валов Белгородской черты: А – Корочанский участок (строительство вала закончено в 1641 году); Б – Новооскольский участок (строительство вала закончено в 1658 году) (данные авторов на основе анализа крупномасштабных топографических карт)

Fig. 3. Areas of lands with density of gully network more than 1 km/km² in the territories to the north and south of the Belgorod defensive trait fortifications: A – Korochansky plot (defensive embankment construction completed in 1641); B – Novooskolskiy plot (defensive embankment construction completed in 1658) (authors' data based on the analysis of large-scale topographic maps)

Прямые воздействия татарских шляхов

Первым и наиболее значительным антропогенным нарушением почвенного покрова в начальный период современного хозяйственного освоения территории Белгородской области были механические воздействия на почвы в зонах прохождения татарских шляхов, которые местами образовывали сеть более узких дорог – сакм. Татарские сакмы, по которым неоднократно проходили тысячи всадников, имели в ширину 20–30 сажень (40–60 метров) и выбивались в степи дочерна.

О масштабах изменения почвенного покрова на татарских дорогах имеются упоминания в исторических источниках. Приведём некоторые из них. «И писали про Крымского царя вести из многих мест: из Донкова писали князь Иван Шуйский да Фёдор Шереметьев, и станичную голову Григорья Коробьина прислали, а сказывал Григорий: не доехав Донца Северского вёрст за двадцать, увидел от Донца пыль великую; и гоняли его крымские люди верх Ура-

зов сентября в 3 день; а по сакме сметил тысяч с тридцать ...» [Разрядная ..., 1966, с. 233]. Еще один очевидец, Андрей Ратаев, писал: «... прибежал Оскольский казак Иванко Матвеев и рассказывает: «Видел вверх Котла и Потудани сентября в 7 день многих людей, а по сакме тысяч с тридцать, а бито тринадцать дорог до чёрной земли...» [Разрядная ..., 1966, с. 234].

Назад, в Крым, обремененные добычей (пленными и имуществом), татары двигались по уже проторенным дорогам. При этом обозы выбивали еще более глубокие колеи, доходившие до «колена человека» [Новосельский, 1948].

Татарские дороги выгодно было поддерживать в не заросшем состоянии, т. к. густой травянистый покров усложнял быстрое продвижение татарской конницы, которая, как известно, обладала высокой маневренностью. Действительно, на протяжении 16 и первой половины 17 столетий частота татарских нападений по Муравскому, Изюмскому и Кальмиусскому шляхам была очень высокой. Примерно один раз в 10–15 лет устраивались нападения нескольких десятков тысяч татар и практически регулярно (от одного до нескольких раз в год) по татарским шляхам проходили сравнительно небольшие отряды численностью в несколько сотен всадников [Новосельский, 1948; Загоровский, 1991]. Учитывая ширину дорог (в среднем 50 метров) и их общую длину (не менее 500 км), площадь почвенного покрова, который был занят татарскими дорогами, на территории Белгородской области составляла не менее 2500 га. Однако каждый шлях включал в себя также несколько татарских сакм. Поэтому найденное значение площади дорог следует увеличить в несколько раз.

В памяти старейших жителей посёлка Никольское Белгородского района сохранился случай распашки фрагмента татарского шляха уже в период механизированной обработки почв тракторами (после 1930-х гг.), когда из-за сильного уплотнения верхних почвенных слоёв при вспашке ломались лемехи плугов.

Учитывая сильное уплотнение почв татарских шляхов, на них в периоды дождей могла формироваться верховодка. Поэтому не исключено, что одним из сопутствующих уплотнению почв процессов было их сезонное оглеение.

Современными аналогами татарских шляхов можно в какой-то мере считать скотопрогонные тропы и грунтовые дороги. Исследование чернозёмов, приуроченных к ним в бассейне нижнего Дона, показало, что почвам свойственно распыление структуры и развевание до глубины 10–15 см, минерализация гумуса на 30–50 % от исходного содержания, усиление засоления, приводящее к возникновению солончаковости и солонцеватости [Гуров, 1985]. Сходным набором свойств, вероятно, обладали почвы на татарских дорогах.

Одним из важных аспектов изучения почв татарских шляхов является исследование вероятного остаточного уплотнения почвенных профилей и анализ тенденций и закономерностей самовосстановления почвенного покрова после снятия длительных механических воздействий на почвы в прошлом.

Объектом полевого исследования является фрагмент татарского шляха и сопряженные с ним почвы в Корочанском районе Белгородской области южнее поселка Яблоново, бывшего в 17 столетии важным оборонительным пунктом, городом-крепостью на Белгородской черте. Город Яблонов был построен на Изюмском шляху в 1637 году для защиты южных рубежей Московского государства от набегов крымских и ногайских татар [Загоровский, 1969].

Участок исследования представляет собой распахиваемый плакор шириной от 600 до 1000 метров, ограниченный с двух сторон глубокими балками. К северу от участка расположена южная окраина села Яблоново с остатками земляного вала Белгородской черты, преграждавшего продвижение к северу татар по Изюмскому шляху. Общий вид ключевого участка исследований, а также контуры территории полевого исследования почв показаны на рисунке 4.

На участке предполагаемого прохождения татарского шляха были развернуты работы по картографированию твердости почв до глубины 50 см. Твердость почв – это показатель, имеющий непосредственную связь с объемной массой или плотностью почв. В качестве рабочей гипотезы было высказано предположение, согласно которому остаточные признаки уплотнения почв на татарском шляху сохранились в виде линейных зон повышенной твердости почв, маркирующих собой место прохождения шляха.

Изуемый участок площадью 9500 м² (95 га) был разделен на пять профилей, удаленных друг от друга на расстояние 300 метров. Привязка линий профилирования к координатной основе осуществлялась с помощью ГИС-технологий, а на местности – с помощью приемников GPS. Вдоль указанных профилей совершались замеры твердости почвы с помощью твердомера производства компании Fagmcomp (Финляндия). Длина профилирования варьировала от 600 до 1000 м. Точки измерения на профиле располагались на расстоянии 20 м друг от друга. На плунжере твердомера были нанесены отметки глубин 20, 30, 40 и 50 см. В каждой точке в пятикратной повторности (методом конверта, сторона которого составляла 4 метра) выполнялся замер показателей твердости на глубине 20, 30, 40, 50 см. Все показатели фикси-

ровались в полевом журнале. Снятие показаний твердомера производилось в момент достижения конкретной глубины при плавном вдавливании твердомера в почву. Последующий перевод значений твердости со шкалы твердомера (в фунтах на 1 квадратный дюйм) в килограммы на 1 см² осуществлялся исходя из равенства 1 английского фунта 0.454 килограмму и 1 английского дюйма 2.54 см. В общей сложности твердость почв была исследована в 235 точках. С учетом 4-х уровней глубин и 5-кратной повторности определений твердости в каждой точке опробования, общее количество замеров составило 4700. Картографирование полученных данных на указанной площади на глубинах 20 и 30 см не выявило линейной локализации зон уплотнения, которые можно было бы идентифицировать как следы татарского шляха, что кажется вполне естественным по причине постоянной перепашки почвы на указанных глубинах. В более глубоких слоях – на уровнях 40 и особенно 50 см, – линейно вытянутая зона уплотнения была идентифицирована.

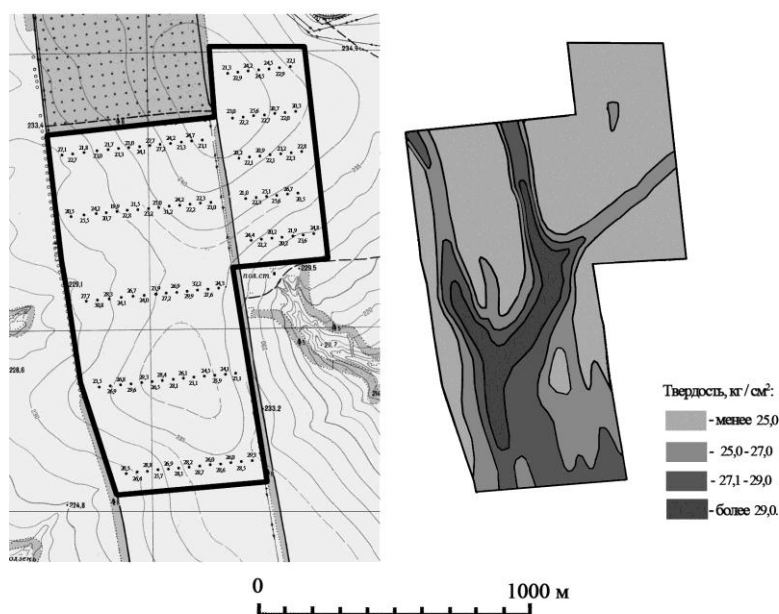


Рис. 4. Картограммы твердости почв по результатам опробований пахотных почв на глубине 50 см южнее пос. Яблонново. На левой схеме – точки профилирования на топооснове с горизонталями, проведенными через 2,5 метра; на правой схеме – изолинейная интерполяция значений твердости почв

Fig. 4. Results of mapping for soil hardness according to the 50 cm-depth sampling to the south of Yablonovo. The left scheme – are points of the sampling on the topographic map with isohypses, drawn through 2.5 meters; on the right scheme – isoline interpolation of soil hardness

Следует также указать на однотипность посевов на всем пространстве картографирования, что служило определенным гарантом однородности влажности и твердости почвы, определяемых характером растительности.

Как показали результаты съемки, почвы в краевых зонах рабочих участков полей севооборотов, граничащие с лесополосами и/или грунтовыми дорогами, характеризуются более высокими значениями твердости по сравнению с отдаленными от края полей пахотными участками. На основе анализа массовых замеров было установлено, что повышенные значения твердости почвы распространяются на расстояние до 40 метров от края полей. Причиной этого, по-видимому, является регулярное прохождение сельскохозяйственной и уборочной техники вдоль границ рабочих участков пахотных полей в периоды сбора урожая. Обнаруженное уплотнение в краевых зонах пахотных полей заставило исключить из анализа точки опробования, находящиеся на расстоянии до 40 метров от их границ.

Как показали результаты опробования твердости почв, участок в северо-восточном секторе изучаемой территории может являться фоном сравнения с более уплотненным участком, расположенным к западу от него – в центре междуречья, по которому проходил Изюмский шлях. Данный участок представляет собой боковое ответвление водораздела, окруженного с севера, востока и юга крутыми балочными склонами, поэтому прохождение (по крайней мере, многократное) по нему татарской конницы было маловероятным.

Результаты статистического анализа замеров твердости почвы на двух указанных участках приводятся в таблице 1. Как видно из данных таблицы, почвенный покров в зоне прохождения татарского шляха имеет достоверно более высокие значения твердости, с большей вариабельностью показателя по сравнению с расположенным восточнее фоновым участком.

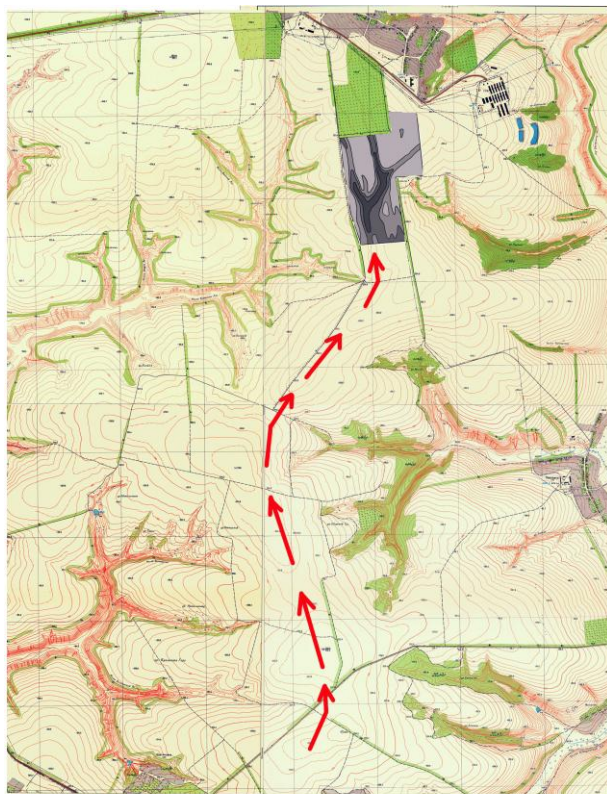
Результаты изолинейного картографирования твердости почвы по данным выполненного опробования твердомером представлены на рисунке 4. Изолинии построены на основе интерполяции сглаженных значений твердости, полученных путем усреднения парных замеров на удалении 20 метров друг от друга – с увеличением шага опробования с 20 до 40 метров.

Таблица 1
Table 1

Значения твердости почвы (кг/см²) на глубине 50 см на фоновом участке и в зоне прохождения татарского шляха
Hardness of soil (kg/cm²) on the depth 50 cm within the background plot and in the Tatar road area

Участок	n	lim	X±δx	δ	V, %
Фоновый	62	18.6-26.5	22.3±0.2	1.93	8.7
в зоне прохождения татарского шляха	83	18.8-34.9	24.9±0.4	3.3	13.3

На представленной на рисунке 4 картосхеме обнаружены линейно вытянутые зоны повышенной твердости почв. Ширина участков с максимальной твердостью (более 27 кг/см²) изменяется от 240 метров в южной части картографируемой территории до 50–80 метров в ее северной части. В северной половине изучаемой территории обнаружено разделение линейной зоны уплотнения почвы на три участка. Это разделение можно объяснить тактикой набегов татар, войско которых разделялось на отряды перед возникавшими препятствиями для большей маневренности при их преодолении или когда происходил «роспуск войска в войну» для захвата пленников в расположенных на отдалении друг от друга селах и деревнях [Новосельский, 1948]. В нашем случае, в 1.5 км к северу от обнаруженного места разделения зоны уплотнения почв в 17 веке располагались крепостные стены города Яблонов, которые служили серьезным препятствием на пути продвижения татар. Поэтому естественным кажется поиск обходных путей, по которым татары могли бы двигаться дальше или создать угрозу нападения на город с разных сторон.



1 км

Также обращает на себя внимание приуроченность предполагаемого места прохождения Изюмского шляха в южной части изучаемой территории не строго к плакору, а к западной части водораздельного склона (см. рис. 4). Объяснение этому можно получить при более широком географическом обзоре прилегающей к шляху территории (рис. 5).

Рис. 5. Территория Изюмского шляха и его окрестностей южнее пос. Яблоново. Показан участок картографирования твердости почв и стрелками – предполагаемое направление движения татарской конницы к югу от него
Fig. 5. The Izyumsky Way and surrounding area to the south of Yablonovo. In the upper part of the figure is shown the area of soil hardness mapping, and by arrows – the intended direction of the Tatar cavalry movement south of it

Водораздел, по которому проходил Изюмский шлях, непосредственно к югу от участка картографирования делает достаточно резкий поворот в западном направлении. С учетом указанной «пластики» рельефа татарская конница при своем движении с юга на север должна была отклоняться от водораздельной оси в западном направлении, спрямляя себе дорогу – так, как показано верхней стрелкой на реконструированном направлении движения татарской конницы (см. рис. 5). Продолжение указанной стрелки совпадает с участком, характеризующимся максимальной твердостью почвы на территории выполненного картографирования.

Таким образом, на основе проведенных исследований мы можем считать доказанным факт наличия остаточного уплотнения в современном почвенном покрове в местах прохождения татарских шляхов.

Дальнейшие статистические расчеты, могут дать важную информацию относительно тенденций изменения физического состояния почв в обнаруженных зонах уплотнения; в част-



ности – происходит ли в настоящее время их разуплотнение или имеет место дальнейшее уплотнение в связи агрогенно обусловленной физической деградацией почвенного покрова.

Выводы

Татарские шляхи Белгородской области являются историко-культурным наследием и важной достопримечательностью региона, имеющей не только общекультурное, но и прикладное значение, – для изучения процессов остаточного уплотнения почв под влиянием интенсивных антропогенных воздействий на почвы в прошлом.

Косвенные воздействия татарских шляхов на окружающую среду нашли отражение в практике поджогов степей как оборонительной меры против набегов татар, в формировании каркаса расселения в 17 веке, в разновременности освоения территории и производных от этого различий по степени эродированности почвенного покрова и содержания в них органического вещества.

Прямые воздействия татарских шляхов заключались в развитии негативных почвенных процессов таких, как уплотнение, распыление структуры, развевание, дегумификация непосредственно в зонах их прохождения.

Остаточные признаки уплотнения пахотных почв на Изюмском шляху к югу от пос. Яблоново были выявлены на глубинах 40 и 50 см. Таким образом, 300-летнего периода самовосстановления почв после прекращения функционирования шляха оказалось недостаточно для достижения ими на указанных глубинах равновесной плотности, свойственной фоновым черноземам.

Благодарности

Публикация осуществлена при финансовой поддержке Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество», проект РФФИ № 13-05-41158 РГО_а.

Список литературы

References

1. Беляев И. 1846. О сторожевой, станичной и полевой службе на Польской Украине Московского Государства до царя Алексея Михайловича. М., 125.
Belyaev I. 1846. O storozhevoi, stanichnoi, and polevoi sluzhbe na Pol'skoi Ukraine Moscovskogo Gosudarstva do tsarya Aleksey Mikhailovicha [On the patrol, stanitsa and field service on the Wild Field Border of the Moscow State before the Tsar Alexei Mikhailovich]. Moscow., 125. (in Russian)
2. Гуров А.Ф. 1985. Эволюция пойменных почв степной зоны под влиянием антропогенной эволюционной эрозии. В кн.: VII делегатский съезд Всесоюзного общества почвоведов (г. Ташкент, 9–13 сентября 1985 г.). Тезисы докладов. Часть 4. Ташкент: 27.
Gurov A.F. 1985. Evolution of flooded soils of the steppe zone under the influence of anthropogenic erosion. In: VII delegatskij s#ezd Vsesojuznogo obshhestva pochvovedov (g. Tashkent, 9–13 sentjabrja 1985 g.). Tezisy dokladov. Chast' 4. [VII delegates' congress-Union Society of soil science (Tashkent, 9–13 September 1985). Abstracts. Part 4]. Tashkent: 27. (in Russian)
3. Загоровский В.П. 1969. Белгородская черта. Воронеж, Изд-во Воронеж. ун-та, 239.
Zagorovskii V.P. 1969. Belgorodskaya cherta [The Belgorod defensive trait]. Voronezh, Voronezh University Press, 239. (in Russian)
4. Загоровский В.П. 1991. История вхождения Центрального Черноземья в состав Российского Государства в XVI веке. Воронеж, Изд-во Воронеж. ун-та, 270.
Zagorovskii V.P. 1991. Istoria vhozhdeniya Tsentral'nogo Chernozemya v sostav Rossiiskogo Gosudarstva v XVI veke [History of joining the Central Chernozem Region to the Russian State in the XVI century]. Voronezh, Voronezh University Press, 270. (in Russian)
5. Котельников В.Л. 1949. Преобразование природы степи и лесостепья. М., Географгиз, 166.
Kotel'nikov V.L. 1949. Preobrazovanie prirody stepi i lesostepya [Transformation of the environment of steppe and forest-steppe]. Moscow, Geografgiz, 166. (in Russian)
6. Маржерет Ж. 1986. Состояние Российской империи и великого княжества Московии. В кн.: Россия XV–XVII вв. глазами иностранцев. Л., Лениздат: 225–286.
Marzheret Zh. 1986. The state of the Russian Empire and the Grand Duchy of Muscovy. In: Rossia XV–XVII vv. glazami inostrantsev [Russia of XV–XVII centuries by eyes of foreigners]. Leningrad, Lenizdat: 225–286. (in Russian)
7. Морякова Л.А., Никольская И.И. 1984. Опыт изучения скорости почвообразования на овражных склонах при их естественном зарастании. В кн.: Всесоюзная конференция «История развития почв СССР в голоцене» (г. Пущино, 4–7 декабря 1984 г.). Тезисы докладов. Пущино: 54–55.
Moriakova L.A., Nikol'skaya I.I. 1984. The experience of studying the rate of soil formation on the ravine slopes with their natural overgrowth. In: Vsesouz'naya konferentsia «Istoria razvitia poch v SSSR v golotsene» (g. Pushhino, 4–7 dekabrja 1984 g.). Tezisy dokladov [All-Union Conference «History of the development of soils

in the USSR during the Holocene» (Pushchino, 4-7 December 1984). Theses of reports]. Puschino: 54–55. (in Russian)

8. Николаев В.А. 1987. Концепция агроландшафта. Вестник Московского университета. Серия 5. География, (2): 15–27.

Nikolaev V.A. 1987. The concept for agrolandscape. Vestnik Moscovskogo universiteta. Seria 5. Geografia [Gerald of Moscow State Univeresity. Series 5. Geography], (2): 15–27. (in Russian)

9. Новосельский А.А. 1948. Борьба Московского государства с татарами в первой половине XVII века. М.–Л., Изд-во АН СССР, 447.

Novosel'skiy A.A. 1948. Bor'ba Moscovskogo gosudarstva s tatarami v pervoi polovine XVII veka [The struggle of the Moscow State with Tatars in the first half of the XVII century]. Moscow–Leningrad, AN SSSR, 447. (in Russian)

10. Разрядная книга 1475–1605 гг. 1966. М., Наука, 611.

Razryadnaya kniga 1475–1605 gg. [The Rank's book of 1475-1605]. 1966. Moscow, Nauka, 611. (in Russian)

11. РГАДА. 1596. Фонд 210. Столбцы Белгородского стола. Ед. хр. 1: 1–42.

Russian State Archive of Ancient Acts. 1596. Fund 210. Columns of the Belgorod table 1: 1–42. (in Russian)

12. Чендев Ю.Г., Геннадиев А.Н. 1993. Этапы и тренды техногенной трансформации почвенного покрова Центральной лесостепи (Белгородская область). Вестник Московского университета. Серия 5. География, (2): 29–37.

Chendev Yu.G., Gennadiev A.N. 1993. Stages and trends of technogenic transformation for soils in the Central forest-steppe (Belgorod oblast). Vestnik Moscovskogo universiteta. Seria 5. Geografia [Gerald of Moscow State Univeresity. Series 5. Geography], (2): 29–37. (in Russian)



УДК 528.88

ОСОБЕННОСТИ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ СПЕКТРАЛЬНО-ОТРАЖАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОСЕВОВ ТЕХНИЧЕСКИХ КУЛЬТУР НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

FEATURES OF THE SEASONAL DYNAMICS OF THE SPECTRAL REFLECTANCE PROPERTIES OF TECHNICAL CROPS IN THE BELGOROD REGION

Э.А. Терехин
E.A. Terekhin

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, , Belgorod, 308015, Russia

E-mail: terekhin@bsu.edu.ru

Ключевые слова: подсолнечник, соя, сахарная свекла, NDVI, MODIS, сезонная динамика, Центральное Черноземье, дистанционное зондирование.

Key words: sunflower, soybeans, sugar beet, NDVI, MODIS, seasonal dynamics, central Chernozemie, remote sensing.

Аннотация. Приведены результаты исследования сезонной динамики вегетационного индекса NDVI для посевов сои, подсолнечника и сахарной свеклы. Динамика индекса изучена за весь вегетационный период на примере 2012 года. Установлено, что посевы сои и подсолнечника характеризуются схожими особенностями сезонной динамики индекса в период интенсивного роста его значений, который соответствует периоду увеличения зеленой фитомассы этих культур. Для сахарной свеклы наивысшие значения индекса достигаются позже остальных культур и для нее, в отличие от сои и подсолнечника, характерно плавное снижение значений индекса в период после достижения его максимальных значений. Проанализировано изменение значений индекса на полях в период, следующий после уборки урожая. На основе динамики значений индекса установлено, что постоянный снежный покров на большинстве полей появился в период поле 16 ноября.

Resume. The results of a study of seasonal dynamics of NDVI index for soybean, sunflower and sugar beet have been presented. Seasonal dynamics of the index with an interval of 16 days for the entire growing season on the example of the 2012 season has been studied. It was established that the crops of soybeans and sunflowers are characterized by similar features of the seasonal dynamics of the index during the period of intensive growth of its values, which corresponds to a period of increasing green biomass of these crops. Highest index values for sugarbeet are reached later, unlike soybeans and sunflower, characterized by a gradual decrease in the index values in the period after reaching its maximum value. On the basis of growth NDVI values in autumn it was established that most of the fields with soybean and sunflower after harvest of winter crops were sown. Based on the dynamics of index values it was established that permanent snow cover in most fields appeared after November 16.

Введение

Территория Белгородской области характеризуется распространением черноземных почв и оптимальными для сельского хозяйства агроклиматическими условиями, обуславливающими интенсивное сельскохозяйственное использование территории. Значительное количество осадков выпадает в летний период, совпадающий с максимальной интенсивностью роста всех сельскохозяйственных культур, что благоприятно сказывается на их развитии. Кроме озимых, занимающих около трети посевных площадей, широкое распространение получили посевы технических культур, к которым, в первую очередь, относятся сахарная свекла, подсолнечник и соя. Все перечисленные культуры на территории региона высеваются весной, однако, каждая из них имеет свои особенности развития. Сахарную свеклу сеют в конце апреля – начале мая, в некоторые годы с наступлением ранней весны – в первой половине апреля. Примерно в эти сроки высевают подсолнечник и сою. Массовая уборка сахарной свеклы начинается в конце сентября – октябре [Хижняк, 1975; Лукин, 2007]. В 2014 г. площадь посевов сои в сельскохозяйственных организациях Белгородской области составила 155964 га, подсолнечника – 103825 га, сахарной свеклы – 61520 га [Департамент АПК, 2014]. В общей структуре посевных площадей области посевы сои составили 11.3%, подсолнечника 7.5%, сахарной свеклы – 4.5%, составляя в совокупности около четверти всех посевных площадей.

Эффективное сельскохозяйственное производство обуславливает необходимость получения объективной и разносторонней информации о развитии посевов. Материалы регулярной

космической съемки в связи с этим представляют особый интерес с точки зрения анализа спектрально-отражательных свойств посевов, которые связаны с биофизическими характеристиками растительности [Klisch et al., 2006; Леонтьев, 2013; Atzberger et al., 2013].

Большинство типов сельскохозяйственных культур, выращиваемых на территории Белгородской области, характеризуется интенсивным развитием и динамикой вегетационного состояния, а, соответственно, и спектрально-отражательных свойств. В связи с этим возникает необходимость изучения посевов по серии спутниковых снимков или продуктов на их основе, фиксирующих спектральные характеристики посевов в разные сроки развития с минимальной периодичностью. Возможности орбитального спектрорадиометра MODIS [Justice et al., 2002] позволяют анализировать динамику спектрально-отражательных свойств посевов с небольшим временным интервалом, что важно для регулярного мониторинга посевов. Реализация системы спутникового мониторинга сельскохозяйственных культур на региональном уровне требует изучения спектральных характеристик растительности и их сезонной динамики. Особенности фенологического развития технических культур в таком случае обуславливают необходимость их отдельного исследования, в том числе, с применением данных дистанционного зондирования [Повх и др., 2007].

Результаты исследования, изложенные в настоящей статье, являются составной частью изучения спектральных характеристик основных типов сельскохозяйственных культур, характерных для Белгородской области, и агроклиматических условий Центрального Черноземья. Для условий Белгородской области к настоящему времени оценена информативность ряда вегетационных индексов для дешифрирования посевов [Терехин, 2012], выполнена оценка сезонной динамики спектральных характеристик некоторых типов культур, а также оценены возможности применения вегетационного индекса NDVI для детектирования типов сельскохозяйственной растительности [Терехин, 2015]. Однако полноценное представление о региональных сезонных особенностях сельскохозяйственной растительности требует рассмотрения полного набора типов посевов, характерных для Белгородской области, что обуславливает актуальность настоящего исследования.

Одним из наиболее эффективных показателей, позволяющих анализировать особенности сельскохозяйственной растительности, является вегетационный индекс NDVI. Индекс рассчитывается на основе коэффициентов отражения в красной и ближней инфракрасной спектральных зонах. Он является безразмерной величиной и связан с объемом зеленой фитомассы. Анализ его значений позволяет оценить сроки посева и уборки культур, периоды интенсивного набора зеленой фитомассы, что необходимо для контроля развития посевов. Анализ сезонной динамики NDVI является важнейшим компонентом в разработке системы регионального мониторинга посевов сельскохозяйственных культур [Барталев и др., 2005]. Настоящая статья посвящена исследованию сезонной динамики значений индекса для группы технических культур с целью последующего использования спектральных свойств сельскохозяйственной растительности для анализа развития и состояния посевов.

Объекты и методы исследования

Исследование сезонной динамики значений NDVI для анализируемых культур было проведено в период вегетационного сезона 2012 г. на основе данных MOD 13 [LPDAAC] с начала весны до зимнего периода (за девять месяцев). Для получения экспериментального материала были собраны и проанализированы данные о типах посевов с 525 сельскохозяйственных полей, расположенных на территории Белгородской области, общей площадью 30969 га. Динамика значений индекса была изучена отдельно для каждой культуры и сопоставлена с особенностями динамики NDVI других типов посевов [Терехин, 2014].

С помощью программного пакета ArcGIS по серии продуктов MOD 13 был получен сезонный ряд значений NDVI для каждого сельскохозяйственного поля. Для удобства анализа были использованы значения индекса, умноженные на 10000. После этого было выполнено исследование спектрально-отражательных свойств анализируемых культур по снимкам с пространственным разрешением 15-30 м Landsat ETM+ (11 мая, 20 мая, 7 июля и 14 июля 2012 г.), проведен статистический анализ полученных данных (в программе STATISTICA 10). Результаты исследования получены с применением программного обеспечения и оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием ФРЦ НИУ «БелГУ».

Результаты и их обсуждение

С точки зрения изучения сезонного развития конкретной сельскохозяйственной культуры интерес представляет определение значений NDVI сельскохозяйственных полей в период, наступающий сразу после схода снега, в сроки до и после уборки урожая, а также во время до-

стижения максимальных величин индекса. При этом необходимо предварительно установить значения индекса, соответствующие оголенной (свежевспаханной) почве. Анализ NDVI на основе продуктов MOD 13 позволил установить, что значения индекса, соответствующие оголенной почве, находятся в пределах менее 3000 (значения индекса умножены на 10000). Показания индекса, выше этого порогового значения в подавляющем большинстве случаев указывают на наличие вегетационной активности на полях.

Оценка значений NDVI для полей с соей показала, что на большинстве полей в 2012 г. начало вегетационной активности зафиксировано уже в первой половине апреля (рис. 1), что является ранним сроком. При этом необходимо отметить, что 2012 год характеризовался очень ранней весной и, соответственно, сроками посевных работ, которые начались уже в конце марта.

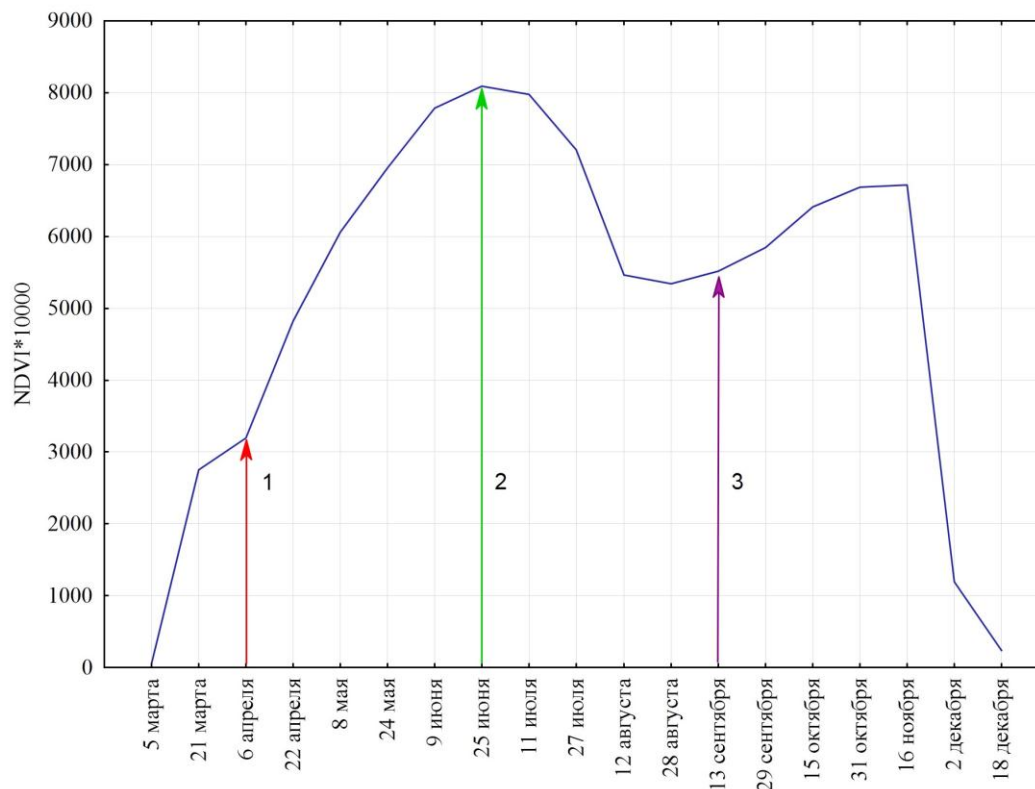


Рис. 1. График динамики средних значений NDVI для полей с соей: стрелка 1 – значения индекса сразу после схода снега; стрелка 2 – время достижения максимальных значений NDVI; стрелка 3 – начало роста значений NDVI (рост озимых культур, посеянных после сои)

Fig. 1. Graph of dynamics of average NDVI values for fields with soybeans: arrow 1 index value immediately after the snow melts; arrow 2 – the time to reach maximum values of NDVI; arrow 3 – the beginning of the growth values NDVI (the growth of winter crops planted after soybean)

Максимальные значения индекса для большинства полей с соей наблюдались в конце июня. В течение следующего времени наблюдался интенсивный спад значений NDVI. Минимальные значения индекса на протяжении вегетационного сезона для большинства полей зафиксированы в конце августа, после чего до установления постоянного снежного покрова наблюдался рост значений индекса. В процессе полевых исследований установлено, что на большинстве полей, на которых в 2012 г. произрастала соя, была посеяна озимая пшеница.

Таким образом, постепенное увеличение значений индекса на полях после уборки урожая может являться дешифровочным признаком озимых культур, посеянных на полях осенью. Интенсивный рост озимых осенью обусловил увеличение их зеленой фитомассы, что должно было отразиться и на значениях NDVI до установления снежного покрова. Резкое падение значений NDVI для полей с соей в конце года наблюдалось между 16 ноября и 2 декабря. Это указывает на то, что в этот промежуток времени произошло установление регулярного снежного покрова, т.к. показания NDVI, характерные для снежного покрова, значительно ниже, чем для зеленой растительности [Eklundh et al., 2011].

Анализ значений индекса сахарной свеклы показал, что также как и для сои, рост вегетационной активности наблюдался в первой половине апреля и продолжался до конца июня – середины июля (рис. 2).

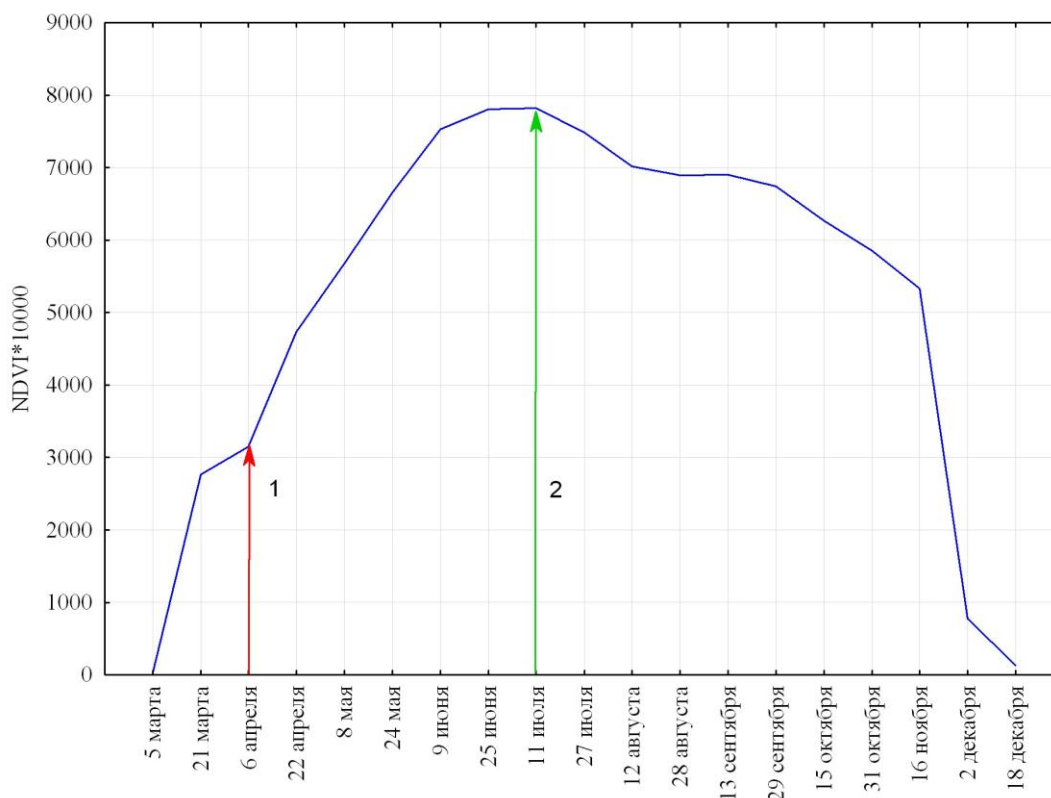


Рис. 2. Сезонная динамика NDVI для полей с сахарной свеклой: стрелка 1 – значения индекса сразу после схода снега; стрелка 2 – время достижения максимальных значений NDVI после начала вегетационного сезона

Fig. 2. Seasonal dynamics of NDVI for sugar beet fields: arrow 1 – value of the index immediately after the snow melts, arrow 2 – Time of maximum NDVI values after the start of the growing season

Кривая значений сезонной динамики NDVI для сахарной свеклы характеризует отличия сезонного развития от сои и от других культур. Они проявляются в большей продолжительности периода максимальной зеленой фитомассы и значительно меньшей интенсивности ее спада, что характерно для сахарной свеклы, которая характеризуется наличием значительных объемов зеленой фитомассы до конца сентября. В связи с этим значения NDVI для большинства полей с сахарной свеклой с середины июля и до ноября снижаются постепенно, что может являться важным дешифровочным признаком для полей с сахарной свеклой. Резкое падение значений индекса для полей с сахарной свеклой так же, как для полей с соей в 2012 г. зафиксировано в период между 16 ноября и 2 декабря. Таким образом, особенностями сезонной динамики NDVI для сахарной свеклы является повышенная длительность периода с максимальными значениями вегетационного индекса и его последующее плавное снижение до наступления зимнего периода, а точнее, до установления постоянного снежного покрова.

Сезонная динамика значений NDVI полей с подсолнечником во многом аналогична сезонной динамике индекса для полей с соей (рис. 3). Для сезонной динамики значений NDVI подсолнечника установлены следующие особенности: начало активного роста значений индекса – около 6 апреля, окончание периода роста значений индекса – 25 июня, резкое падение значений индекса в конце осени – после 16 ноября.

Таким образом, посеы подсолнечника, также как и посеы сои характеризуются во многом аналогичной динамикой значений NDVI в период увеличения его значений. Для полей с подсолнечником, так же, как и посеов сои, характерен рост значений индекса в осенний период. В процессе полевых исследований и анализа снимков высокого пространственного разрешения Landsat установлено, что осенний рост значений индекса для полей с подсолнечником и соей, обусловлен тем, что после уборки урожая на большинстве полей, где произрастали эти культуры, в конце лета – начале осени были произведены посеы озимых культур. Интен-

сивный рост озимых культур в осенний период обусловил повышение значений NDVI в этот период для полей, на которых до этого находились посевы сои и подсолнечника.

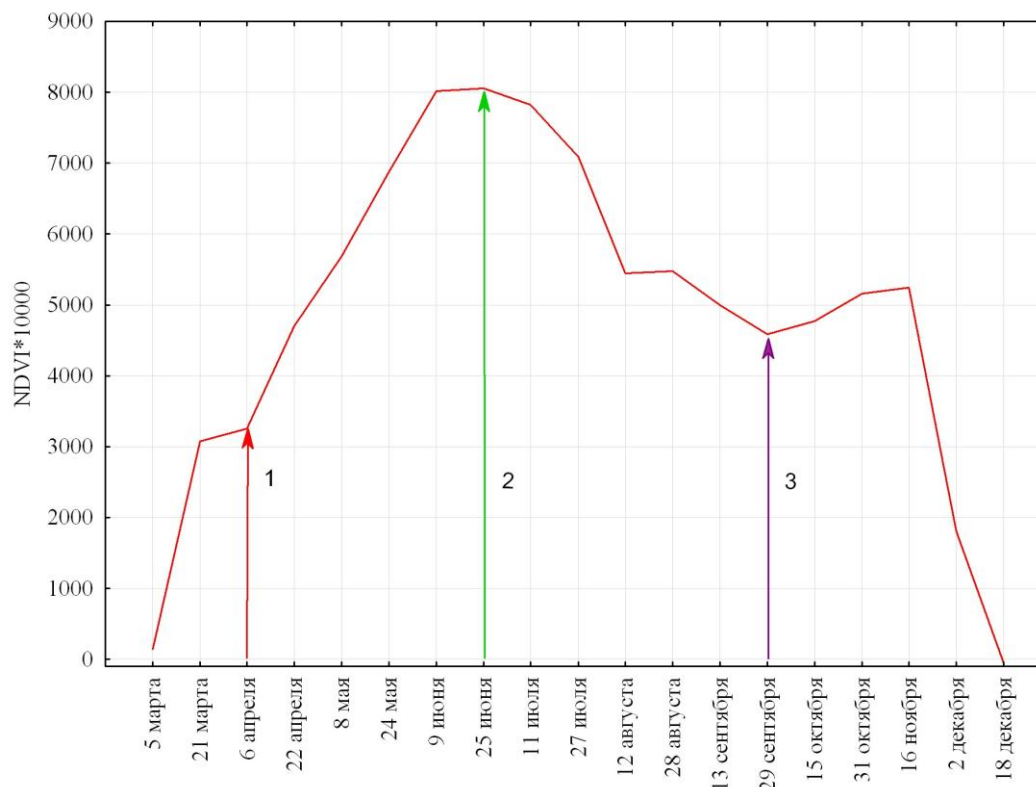


Рис. 3. Сезонная динамика NDVI для полей с подсолнечником: стрелка 1 – значения индекса сразу после схода снега; стрелка 2 – время достижения максимальных значений NDVI после начала вегетационного сезона; стрелка 3 – начало роста значений NDVI, обусловленного посевом озимых

Fig. 3. Seasonal dynamics of NDVI for fields with sunflowers: arrow 1 – value of the index immediately after the snow melts; arrow 2 – Time of maximum NDVI values after the start of the growing season; arrow 3 – the beginning of the growth values NDVI, due to the planting of winter crops

Таким образом, анализ сезонной динамики значений NDVI позволил установить основные особенности развития каждой из культур, а также особенности использования сельскохозяйственных полей с соей и подсолнечником после того, как на них была произведена уборка урожая (таблица). На большинстве полей, где основную часть вегетационного сезона произрастали соя и подсолнечник, начиная с конца лета, были произведены посевы озимых культур. Сахарная свекла находилась на полях до окончания вегетационного сезона. Результаты, приведенные в таблице, характеризуют этапы развития культур, полученные на основе значений NDVI, усредненных со всех сельскохозяйственных полей с конкретными культурами.

Таблица
Table

Основные даты, характеризующие развитие посевов на основе динамики NDVI
Main dates of characterizing the development of crops based on the dynamics of NDVI

Культура	Начало роста значений NDVI (начало вегетации)	Максимальные значения NDVI (максимум зеленой фитомассы)	Посев озимых после уборки урожая	Появление устойчивого снежного покрова
Соя	6.04.–22.04.	25.06	12.08.–13.09.	после 16.11.
Сахарная свекла	6.04.–22.04.	11.07	нет	после 16.11.
Подсолнечник	6.04.–22.04.	25.06	13.09.–29.09.	после 16.11.

Соответственно, для отдельных сельскохозяйственных полей, эти этапы могут незначительно отличаться. Также необходимо отметить, что посевы озимых были проведены не для

всех сельскохозяйственных полей, на которых основную часть вегетационного периода произрастали соя и подсолнечник.

Заключение

В процессе выполненных исследований сезонной динамики вегетационного индекса NDVI для посевов технических культур установлен ряд особенностей их сезонного развития. На основе полученных экспериментальных данных выявлено, что в 2012 г. для посевов сои, сахарной свеклы и подсолнечника интенсивный рост значений индекса начался в первой половине апреля. Окончание периода роста значений индекса для сои и подсолнечника наблюдалось 25 июня, для сахарной свеклы – 11 июля. Индекс NDVI коррелирует с величиной зеленой фитомассы, следовательно, эти сроки соответствуют времени окончания увеличения объема зеленой фитомассы у перечисленных культур, что было подтверждено в процессе полевых исследований. Сезонная динамика NDVI, характерная для сахарной свеклы, существенно отличается от динамики значений индекса, характерной для подсолнечника и сои в период, следующий после достижения максимальных сезонных значений NDVI каждой из культур. Отличие заключается в том, что для сахарной свеклы характерно плавное снижение значений индекса до самой уборки урожая. Связано это с тем, что сахарная свекла, в отличие от сои и подсолнечника, значительно дольше сохраняет значительные объемы зеленой фитомассы. Эта особенность сахарной свеклы может быть использована в качестве ее дешифровочного признака. Резкое падение значений индекса для полей со всеми анализируемыми культурами в период между 16 ноября и 2 декабря соответствовало появлению устойчивого снежного покрова.

Благодарности

Работа выполнена 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.).

Список литературы

References

1. Барталев С.А., Лупян Е.А., Нейштадт И.А., Савин И.Ю. 2005. Дистанционная оценка параметров сельскохозяйственных земель по спутниковым данным спектрорадиометра MODIS. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2 (2): 228–236.
1. Bartalev S.A., Lupjan E.A., Nejshtadt I.A., Savin I.Ju. 2005. Remote parameter estimation of agricultural land based on satellite data MODIS sensor. Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa, 2 (2): 228–236. (in Russian)
2. Департамент агропромышленного комплекса Белгородской области. Электронный ресурс. URL: <http://belapk.ru> (27 декабря 2014).
2. Department of agriculture of the Belgorod region. Available at: <http://belapk.ru> (accessed 27 December 2014). (in Russian)
3. Леонтьев А.А. 2013. Система спутникового мониторинга состояния полей и прогнозирования урожайности. Геоматика, (2): 77–79.
3. Leont'ev A.A. 2013. The satellite monitoring system status fields and forecasting yields. Geomatika [Geomatics], (2): 77–79. (in Russian)
4. Лукин С.В. (ред.). 2007. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области. Белгород, БелГУ, 556.
4. Lukin S.V. (red.). 2007. Prirodnye resursy i okruzhajushhaja sreda Belgorodskoj oblasti [Natural Resources and Environment of the Belgorod region]. Belgorod, BelGU, 556. (in Russian)
5. Повх В.И., Гарбузов Г.П., Шляхова Л.А. 2007. Оценка структуры посевов подсолнечника в Ставропольском крае по данным дистанционного зондирования спектрорадиометра MODIS. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 4 (2): 284–289.
5. Povh V.I., Garbuzov G.P., Shljahova L.A. 2007. Evaluation of the structure of sunflower crops in the Stavropol region on remote sensing data MODIS sensor. Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa, 4 (2): 284–289. (in Russian)
6. Терехин Э.А. 2014. Анализ сезонной динамики вегетационного индекса NDVI и отражательных свойств посевов кукурузы на территории Белгородской области. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 11 (4): 244–253.
6. Terekhin E.A. 2014. Analysis of the seasonal dynamics of NDVI index and the reflective properties of corn in the Belgorod Region. Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa, 11 (4): 244–253. (in Russian)
7. Терехин Э.А. 2012. Информативность спектральных вегетационных индексов для дешифрирования сельскохозяйственной растительности. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 9 (4): 243–248.
7. Terekhin E.A. 2012. The Efficiency of Spectral Indices for Interpretation Agricultural Vegetation. Sovremennye problemy distancionnogo zondirovanija Zemli iz kosmosa, 9 (4): 243–248. (in Russian)



8. Терехин Э.А. 2015. Оценка сезонных значений вегетационного индекса (NDVI) для детектирования и анализа состояния посевов сельскохозяйственных культур. Исследование Земли из космоса, (1): 23–31.

Terekhin E.A. 2015. Assess the seasonal index value NDVI for detection and analysis of state agricultural crops. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, (1): 23–31. (in Russian)

9. Хижняк А.А. 1975. Природные ресурсы земли Белгородской. Воронеж, Центрально-Чернозёмное книжное издательство, 126.

Hizhnjak A.A. 1975. *Prirodnye resursy zemli Belgorodskoj* [Natural resources of the Belgorod region]. Voronezh, Central'no-Chernozjomnoe knizhnoe izdatel'stvo, 126. (in Russian)

10. Atzberger C., Klisch A., Mattiuzzi M., Vuolo F. 2013. Phenological metrics derived over the European continent from NDVI3g data and MODIS time series. *Remote Sensing*, 6 (1): 257–284.

11. Eklundh L., Jin H., Schubert P., Heliasz M., Guzinski R. 2011. An optical sensor network for vegetation phenology monitoring and satellite data calibration. *Sensors*, 11 (8): 7678–7709.

12. Justice C.O., Townshend J.R.G., Vermote E.F., Masuoka E., Wolfe R.E., Saleous N., Roy D.P. Morisette J.T. 2002. An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*, 83 (1–2): 3–15.

13. Klisch A., Royer A., Lazar C., Baruth B., Genovese G. 2006. Extraction of Phenological Parameters from Temporally Smoothed Vegetation Indices. *In: Remote Sensing support to crop yield forecast and area estimates. Workshop proceedings. ISPRS Archives XXXVI-8/W48*: 91–95.

14. Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). Available at: <https://lpdaac.usgs.gov> (accessed 7 February 2015).

УДК 556.51

**ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПОЧВЕННО-
ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ В ЦЕЛЯХ РАЦИОНАЛЬНОЙ
ОРГАНИЗАЦИИ АГРОЛАНДШАФТОВ НА БАССЕЙНОВЫХ ПРИНЦИПАХ**
**THE GEOINFORMATION ANALYSIS OF SOIL AND GEOMORPHOLOGICAL
COMMUNICATIONS FOR THE RATIONAL ORGANIZATION
OF AGROLANDSCAPES ON THE BASIN PRINCIPLES**

О.И. Григорьева
O.I. Grigoreva

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

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

E-mail: olesya.grigoreva@yandex.ru

Ключевые слова: речной бассейн, эродированность почв, математический анализ, геоинформационный анализ, непараметрическая корреляционная связь.

Key words: river basin, erodibility of soils, mathematical analysis, geoinformation analysis, nonparametric correlation communication.

Аннотация. Используя методы математической статистики, в пределах бассейновых территориальных структур установлены связи между факторами водно-эрозионного процесса и почвенным покровом. Достоверность влияния фактора крутизны и экспозиции склонов на закономерности пространственного распространения почв различной степени смывости в агроландшафтах подтверждена с помощью критерия Фишера. Приведены примеры расчёта непараметрической корреляционной связи тремя различными способами. Обоснована необходимость применения ГИС-анализа для выявления почвенно-геоморфологических связей. По результатам геоинформационного картографирования выявлены соотношения учтенных и неучтенных факторов в статистической совокупности выявленных связей.

Resume. The goal of research is defining the nonparametric correlation between an angles map, a slope aspects map, a soils map and also estimating the impact share of accounted and not accounted factors in the analysis. The object of the study is the Vorsklitsa river basin in Belgorod region (square – 600 km²). We discovered a nonparametric correlation between cartographical phenomena using χ^2 – methods. The input materials were GRID, and the morphometric relief maps based on it – slope angles, slope aspects and a vector soils map. We built the tables of contingency of Northern, North-Eastern, Eastern, South Eastern, South Western, Western, North Western slope aspects maps to do χ^2 – method. The value of the nonparametric correlation was estimated by applying Brandt and Snedecor's method and Pearson's formulae. The validity of connection was tested by using Pearson's coefficient of contingency and Chuprov's coefficient of contingency. The validity of the impact of slope angles and slope aspect was proved by means of Fisher's test.

Methods of mathematical analysis helped to determine the close relationship between the thematic map layers (slope, slope exposure and soil cover). The results obtained prove that the improvement of the information quality, in particular confirmed by mathematical methods, makes it possible to carry out an accurate geosystem analysis of the territory. The use of GIS analysis to determine soil-geomorphic relations will allow improving the correcting of large-scale soil materials. The most effective application of GIS analysis being for discovering the most recent water erosive processes and reviewing their current databases.

Введение

Применение методов математического и геоинформационного (ГИС) анализа в землеустройстве создает новую технологическую основу для обеспечения рационального землепользования, что особенно востребовано при реформировании земельных отношений.

Интенсивное внедрение статистических методов в научном поиске, особенно с 1960-х годов, было инициировано и подготовлено работами по прикладной статистике в различных областях знаний, в том числе в науках, смежных с сельскохозяйственными: в землеустройстве [Стативка, 1985; Волков, 2001], в экологических и географических исследованиях [Чертко, 1987; Андерсон, 1990; Пузаченко, 2004], агрономии [Доспехов, 1985], ботанике [Шмидт, 1984; Зайцев, 1984], почвоведении [Благовещенский и др., 1984, 1985; Дмитриев, 1995], геоморфологии [Девдариани, 1967; Каратаев, 1992], картографии [Тикунов, 1997] и др.

Несмотря на множество удачных примеров математизации исследований, в современной научной литературе пока недостаточно представлен опыт применения математико-

статистических методов для решения задач ландшафтно-экологического анализа территории и еще менее – по интеграции решения подобных задач в ГИС.

Цель исследования состояла в выявлении непараметрической корреляционной связи между картографируемыми явлениями, измеренными в категоризируемых шкалах типологических карт крутизны, экспозиции склонов и почвенного покрова и в оценке доли влияния учтенных и неучтенных в анализе факторов.

Объект исследования: бассейн реки Ворсклица в пределах Белгородской области (площадь – 660 км²) (рис. 1).

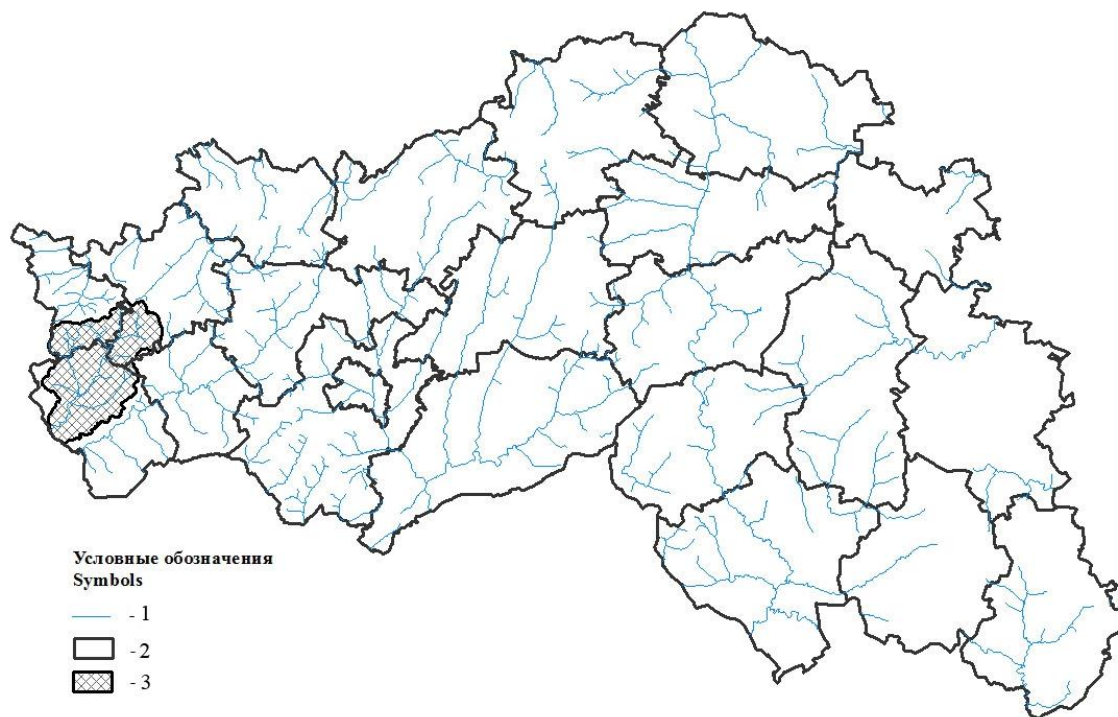


Рис. 1. Расположение бассейна реки Ворсклица в пределах Белгородской области: 1 – гидрографическая сеть, 2 – границы муниципальных районов, 3 – бассейн р. Ворсклица
Fig. 1. Location Vorskliitsa river basin within the Belgorod region: 1 – hydrographic network, 2 – the boundaries of administrative areas, 3 – Vorskliitsa river basin

Река Ворсклица – правый приток р. Ворсклы, одной из крупнейших рек Белгородской области, относящейся к бассейну Днепра. Бассейн Ворсклицы относится к бассейну пятого порядка, согласно классификации Стралера-Философова. Длина реки составляет 105 км, в пределах области – 98.6 км. Она имеет четыре правых притока: реки Дорогощ, Становая, Санок и Смородинка и левый приток – р. Лисенок с Дунайчиком.

Формированию истока реки предшествует увлажненная балка с задернованным днищем и выходами родников. Ворсклица течет почти параллельно Ворскле в юго-западном направлении. Питается река за счет бедных водой неоген-палеогеновых отложений, поэтому она маловодна [Антимонов, 1959].

Территория бассейна расположена на северо-западе Белгородской области, в пределах юго-западного склона Среднерусской возвышенности. В неотектоническом плане Среднерусской возвышенности соответствует положительная структура первого порядка – Воронежская антеклиза. Поверхность Среднерусской возвышенности еще в доледниковое время была расчленена интенсивными эрозионными процессами. Древние водно-эрозионные формы здесь почти не изменены ледником и соответствуют современному рельефу.

В геоморфологическом отношении бассейн Ворсклицы представляет собой эрозионно-денудационную возвышенность с увалистым и холмисто-увалистым рельефом. Долинно-балочная сеть осложнена активным ростом оврагов. Этому способствуют: склоновый тип местности, повсеместное распространение податливых к эрозии лессовидных суглинков, длительное и интенсивное сельскохозяйственное использование территории. В пределах бассейна встречаются оползни и оползневые участки. Правобережные склоны Ворсклицы отличаются значительной крутизной, изрезаны овражно-балочной сетью, а левобережные склоны – низ-

менные, пологие, порой с заболоченными участками. Густота овражно-балочной сети оценивается в 1.8 км/км².

В структуре угодий земельного фонда бассейна Ворсклицы (рис. 2) на пашню приходится 38751.6 га, что составляет 58.5% от площади бассейна реки. Значительную долю площадей (11361.6 га) занимают леса и древесно-кустарниковая растительность. Под природными кормовыми угодьями находится 9370.6 га, под землями застройки – 4751.1 га. Высокая доля распаханности сельскохозяйственных угодий требует не только поддерживающих мероприятий, но и нуждается в природообустройстве, восстановлении экологического баланса бассейна Ворсклицы.

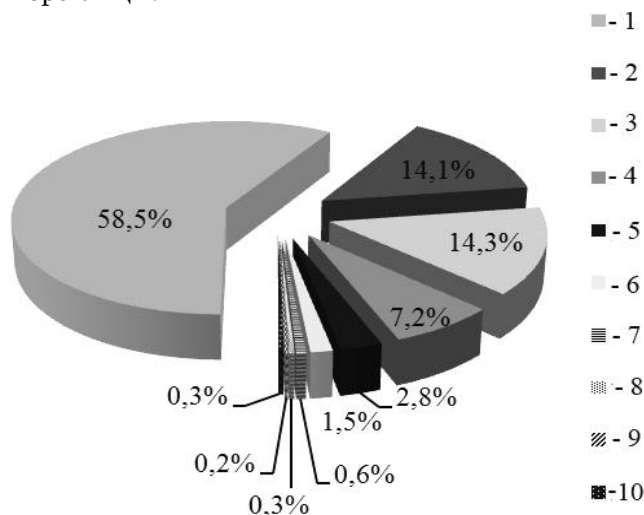


Рис. 2. Распределение земель территории бассейна р. Ворсклицы по угодьям: 1 – пашня; 2 – пастбища и сенокосы; 3 – леса; 4 – земли застройки; 5 – древесно-кустарниковая растительность; 6 – водные объекты; 7 – дороги; 8 – сады; 9 – болота; 10 – прочие земли

Fig. 2. The distribution of lands Vorsklytsa river basin: 1 – arable land; 2 – grasslands and haylands; 3 – forests; 4 – buildings; 5 – woody shrub vegetation; 6 – water objects; 7 – roads; 8 – gardens; 9 – swamps; 10 – others lands

Для эффективного почвоводоохранного обустройства территории малых водосборов перспективна методическая увязка бассейновой концепции, специального ландшафтного картографирования, расчетных методов стока воды и смыва почвы, дистанционного зондирования и геоинформационных технологий [Лисецкий, Марциневская, 2009; Лисецкий, Панин, 2013]. Достигая цели устойчивого социально-экономического развития территории области и реализации права граждан на благоприятную окружающую среду, создания комфортного жизненного пространства для жителей Белгородской области, в области утверждена концепция бассейнового природопользования, в основе которой лежит нахождение оптимума между сложившейся практикой природопользования в бассейнах, перспективами развития территории, природно-ресурсным потенциалом, мерами по воспроизводству природных ресурсов и обеспечению экологической безопасности.

Методы исследования

Выявление непараметрической корреляционной связи между картографируемыми явлениями осуществляли методом χ^2 [Шмидт, 1984; Доспехов, 1985; Дмитриев, 1995; Voloac et al., 2011; Bagdonavicius et al., 2012; Voipov et al., 2013]. Применение данного метода для оценки связи между признаками, не имеющих такие параметры, как медиана и среднее квадратичное отклонение, рекомендовано рядом авторов [Шмидт, 1984; Доспехов, 1985; Дмитриев, 1995].

Исходными материалами послужили растр формата GRID, представляющий собой регулярную сетку с шагом 10×10 м (рис. 3) и производные на его основе карты морфометрических показателей рельефа – крутизны (рис. 4), экспозиции склонов (рис. 5), а также векторная почвенная карта (рис. 6), созданная автором на основе оцифровки карт масштаба 1:10 000.

Комплексность анализа обеспечивала объединенная карта, полученная в программном комплексе ArcGIS 10 путем оверлея карт экспозиции и крутизны склонов (рис. 7). Осуществлена переклассификация растров экспозиции и крутизны склонов с последующим присвоением каждому значению ячейки кодового номера и дальнейшего объединения полученных векторных карт. Первые цифры (1–10) в строках обозначают код, присвоенный ячейкам карты экспозиции склонов, цифры после разделителя (1–8) – код, присвоенный ячейкам карты крутизны склонов.

Каждая ячейка карты, содержащая информацию о крутизне и экспозиции склонов и векторной почвенной карты (рис. 8), идентифицирована и содержит информацию с качественными характеристиками (тип, подтип, род и эродированность почвы, ее гранулометрический состав, расположение по склону: экспозиция и крутизна склона) и количественной – площадь

ячейки (га). В анализ включены только почвы, используемые под пашню в бассейне реки Ворсклица.

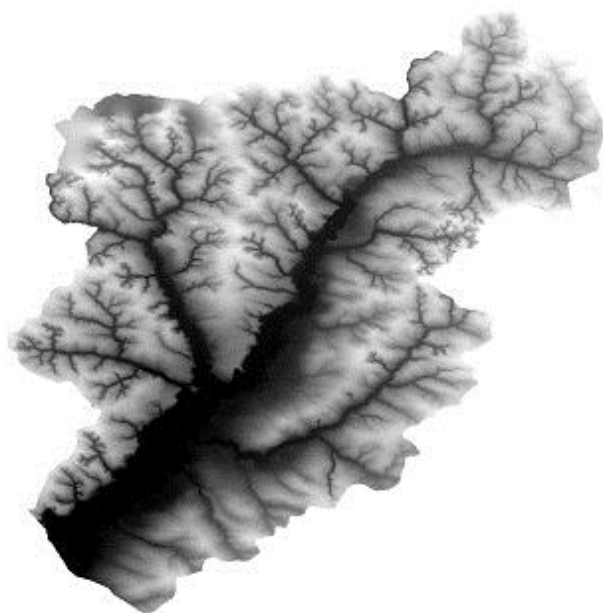


Рис. 3. Цифровая модель рельефа бассейна р. Ворсклица
Fig. 3. DEM of Vorsklitsa river basin



Рис. 4. Карта крутизны склонов (град.) в бассейн р. Ворсклица
Fig. 4. The map of slope angles Vorsklitsa river basin (degree)

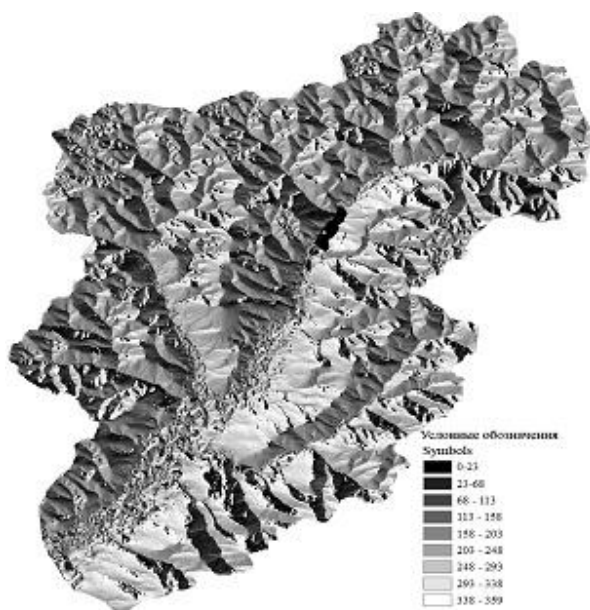


Рис. 5. Карта экспозиции склонов (град.) бассейна р. Ворсклица
Fig. 5. The map of slope aspect Vorsklitsa river basin (degree)

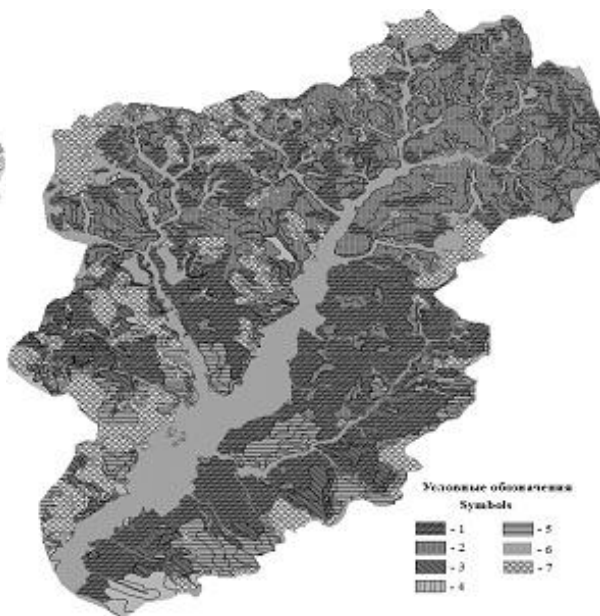
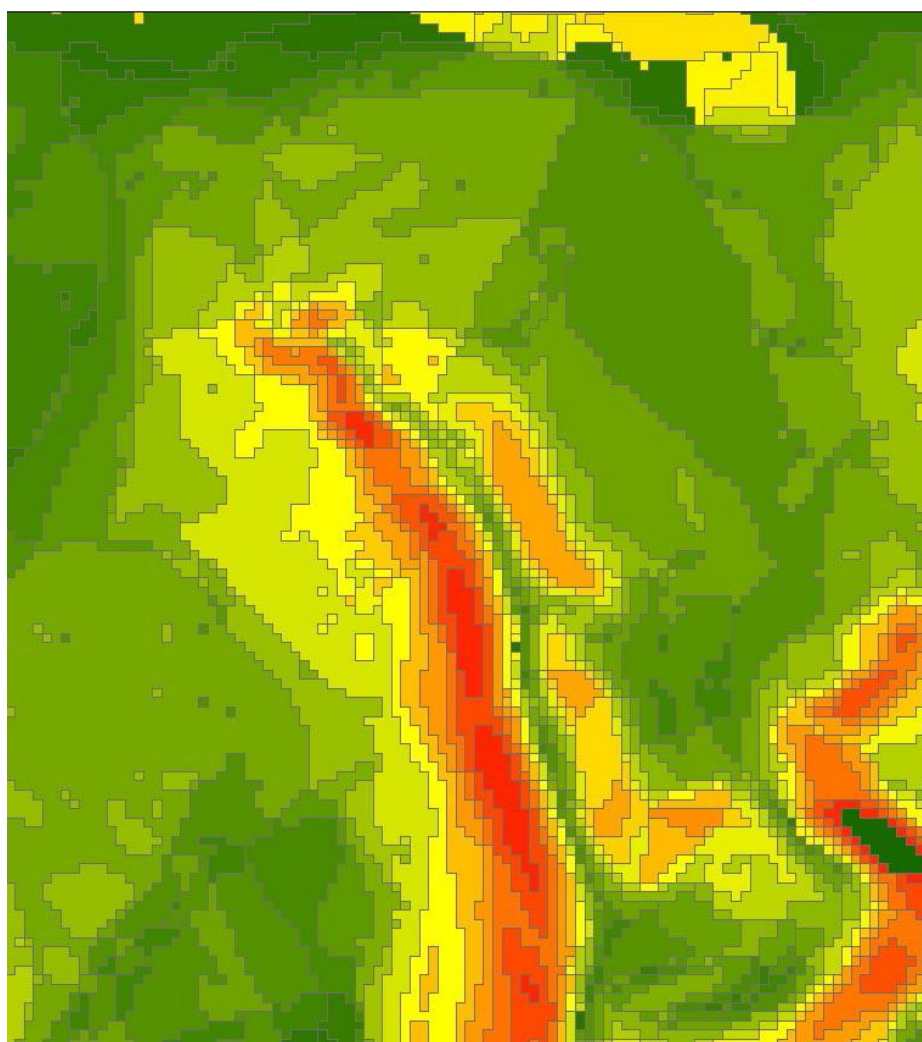


Рис. 6. Почвенная карта бассейна р. Ворсклица: 1 – чернозем выщелоченный; 2 – чернозем типичный; 3 – чернозем оподзоленный; 4 – серая лесная; 5 – темно серая лесная; 6 – почвы гидроморфного ряда; 7 – леса

Fig. 6. Soils map Vorsklitsa river basin: 1 – Chernozems Luvic; 2 – Chernozems Haplic; 3 – Chernozems Luvic; 4, 5 – Greyzems Haplic; 6 – soils of hydromorphic series; 7 – forests



Symbols

2,7	3,1	4,1	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1	10,7
2,8	3,2	4,2	5,2	6,2	7,2	8,2	9,2	10,8
1,8	2,1	3,3	4,3	5,3	6,3	7,3	8,3	9,3
1,1	2,2	3,4	4,4	5,4	6,4	7,4	8,4	9,4
1,2	2,3	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
1,3	2,4	3,6	4,6	5,6	6,6	7,6	8,6	9,6
1,4	2,5	3,7	4,7	5,7	6,7	7,7	8,7	9,7
1,5	2,6	3,8	4,8	5,8	6,8	7,8	8,8	9,8
10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6			

Рис. 7. Фрагмент карты, содержащий атрибутивную информацию по уклонам и экспозиции склонов (масштаб 1:50 000)

Fig. 7. The map containing attribute information on slope angles and slope aspects (scale 1:50 000)

Для расчета критерия χ^2 построены таблицы сопряженности тематических карт северной, южной, восточной, западной, северо-восточной, юго-восточной, юго-западной и северо-западной экспозиций. Так как распределение χ^2 , вычисленное при наличии в некоторых классах слишком малых частот, не является точным, то при расчете критерия χ^2 рекомендовано [Fisher, 1954] производить группировку материала так, чтобы в отдельных классах было не менее пяти измерений. С учетом этого нами сформирована корреляционная решетка для расчета сопряженности ареалов смытых и несмытых почв с таксонами объединенной карты экспозиции и крутизны склонов. Один из примеров решетки представлен в таблице 1, данные которой имеют вид матрицы, в клетках которой указаны частоты попадания в соответствующие градации сопрягаемых признаков изучаемых таксонов двух сравниваемых карт (объединенной карты экспозиции и крутизны склонов, а также почвенной карты).

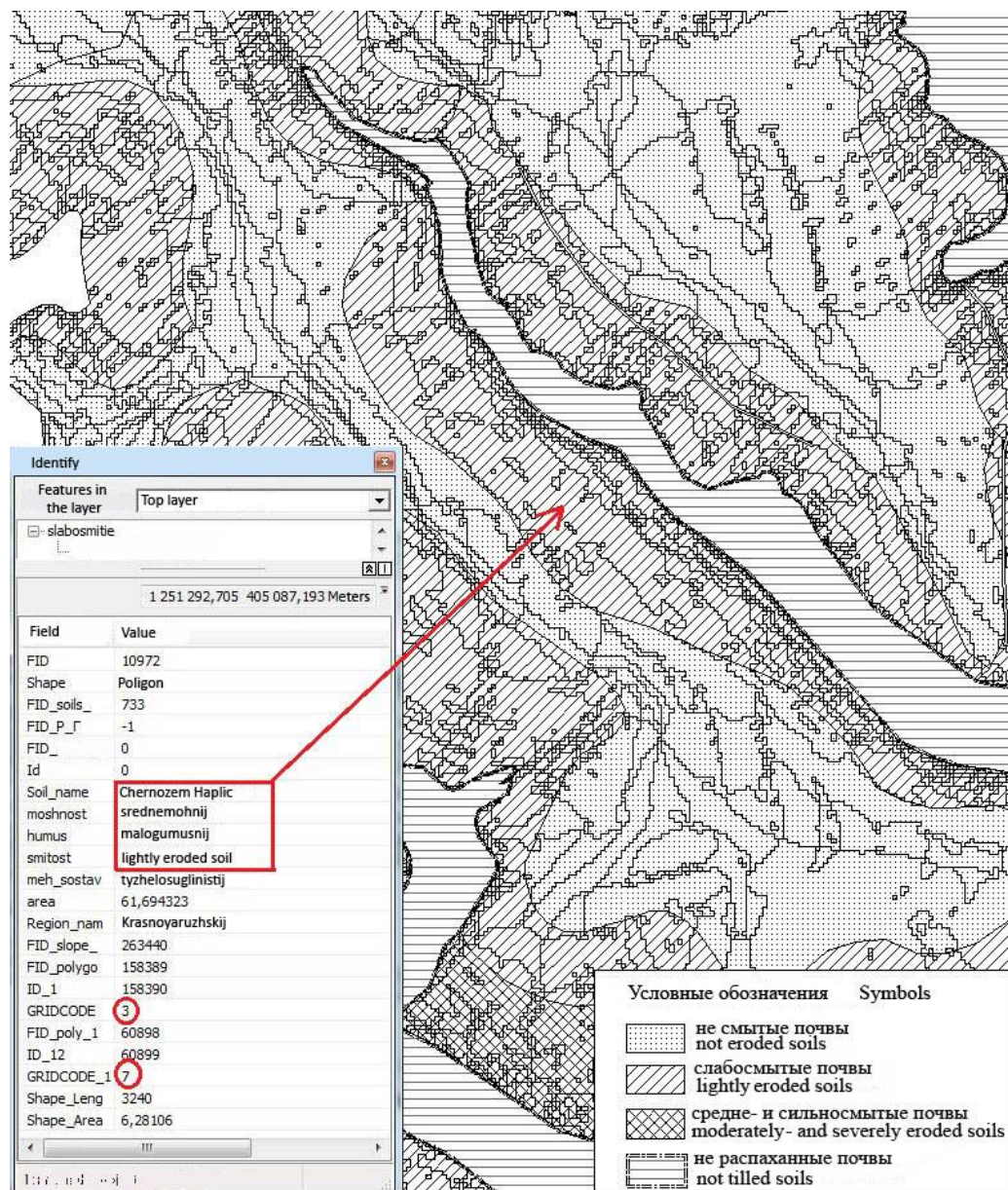


Рис. 8. Фрагмент карты, содержащей объединенную атрибутивную информацию по почвам в бассейне реки Ворсклица (масштаб 1:12 000)

Fig. 8. The map containing a combined attribute information on soils in the Vorsklitsa river basin (scale 1:12 000)

Таблица 1
Table 1

Схема корреляционной решетки для расчета сопряженности площадей (га) смытых и несмытых почв на склонах северной экспозиции
The scheme of correlation array to calculate contingency areas (ha) of eroded and not eroded soils Northern slope aspects

		Признаки X_i градации ¹						$\Sigma(X_{i0})$
		X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	
Признаки Y_j градации	Y_{Y1}	943.85	2255.59	232.85	67.98	26.95	20.20	3576.72
	Y_{Y2}	68.29	1206.79	570.10	334.05	122.66	67.95	2497.20
	$\Sigma(Y_{0j})$	1014.40	3500.27	842.41	424.62	167.45	99.88	6224.97

Примечание: X_1 – уклоны от 0° до 1°, X_2 – уклоны от 1° до 3°, X_3 – уклоны от 3° до 5°, X_4 – уклоны от 5° до 7°, X_5 – уклоны от 7° до 9°, X_6 – уклоны более 9°, X_{i0} – суммы частот по столбцам, Y_1 – несмытые почвы, Y_2 – смытые почвы, Y_{0j} – суммы частот по строкам.



Порядок расчетов.

Для обеспечения надежности получаемых результатов расчет показателя непараметрической корреляции проводили тремя способами, используя анализ сопряженных типологических карт смывости почв в пределах бассейна р. Ворсклица и единой карты, включающей ячейки крутизны и экспозиции склонов.

Вычисление параметра χ^2 по способу, предложенному Г. Брандом и Дж. Снедекором [Fisher, 1954], проводили по формуле:

$$\chi^2 = \frac{1}{p'q'} \times (\sum(ap) - np') \quad , \quad (1)$$

где p – отношение пар фактических численностей (a и a'), p' – отношение итогов, соответствующих фактическим численностям (n и n'), $q'=1-p'$.

Наряду с этим вычисление χ^2 осуществляли по формуле К. Пирсона [Fisher, 1954]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{lx} \sum_{j=1}^{ly} \frac{\left(n_{ij} - \frac{n_{i0} \times n_{0j}}{n_{00}} \right)^2}{\frac{n_{i0} \times n_{0j}}{n_{00}}} \quad , \quad (2)$$

где l_x и l_y – число градаций категоризованных признаков x и y соответственно, n_{ij} – частоты попадания географических таксонов в градации i и j одновременно, n_{i0} и n_{0j} – суммы частот по строкам и столбцам, n_{00} – объем выборки.

Расчет средней сопряженности признаков (φ^2), представляющей собой величину χ^2 в расчете на одну выборку, осуществляли по формуле Пирсона [Шмидт, 1984]:

$$\chi^2 = n \times \varphi^2 = n \times \frac{\sum \frac{(f_{xy})^2}{f_x}}{f_y} - 1 \quad (3)$$

где n – объем выборки, f_{xy} – эмпирически сопряженные частоты, f_x и f_y – суммарные частоты классов для признаков x и y .

Итоговые значения параметра χ^2 , рассчитанные тремя указанными способами по формулам 1–3, отображены в таблице 2.

Таблица 2
Table 2

Значения показателей сопряженности, основанные на использовании метода χ^2
Values of contingency based on the χ^2 – method

Способы вычисления χ^2	Значения χ^2 для разноориентированных склонов ²							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
H. Brandt and G. Snedecor	1327.84	1325.00	1085.58	1163.86	1428.26	1643.57	1313.44	1324.18
K. Pearson, R. Fisher	1335.55	1333.61	1094.47	1164.36	1428.26	1647.8	1320.64	1333.98
K. Pearson	1331.37	1338.92	1094.47	1164.36	1428.26	1647.8	1320.64	1333.98

Примечание: С – северная, СВ – северо-восточная, В – восточная, ЮВ – юго-восточная, ЮЗ – юго-западная, З – западная, СЗ – северо-западная экспозиции.

Note: С – North, СВ – North-East, В – East, ЮВ – South East, ЮЗ – South West, З – West, СЗ – North West slope aspects.

Рассчитанные значения χ^2 показывают их близкое сходство для отдельно взятых тематических карт северной, южной, восточной, западной, северо-восточной, юго-восточной, юго-западной и северо-западной экспозиций, что свидетельствует о достоверности выполненных расчетов.

Достоверность связи, рассчитанная по формулам 1–3, проверена с помощью коэффициента контингенции К. Пирсона (С) и коэффициента А.А. Чупрова (Т):

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{n + \chi^2}} \quad , \quad (4)$$

$$T = \sqrt{\frac{\chi^2}{n \times \sqrt{(kx-1) \times (ky-1)}}} \quad , \quad (5)$$



где k_x и k_y – число классов признаков x и y .

Вычисленные по формулам 4 и 5 значения коэффициентов Пирсона $C=0.49$ и Чупрова $T=0.28$ подтверждают достоверность связи между двумя категоризованными признаками значений типологических карт.

Поскольку рассчитанные значения χ^2 превышают критические, следует предполагать, что эмпирическое распределение признаков, использованных в работе градаций, не подчиняется нормальному закону распределения и, соответственно, отклонение вариант от нормального закона распределения указывает на влияние какого-либо другого фактора на статистическую совокупность [Fisher, 1954].

Влияние учтенных (n^2_x) и неучтенных (n^2_z) факторов установлено с помощью дисперсионного анализа по формулам:

$$n^2_x = \frac{S^2_x}{S^2_y}, \quad (6)$$

$$n^2_z = \frac{S^2_z}{S^2_y}, \quad (7)$$

где S^2_x – факториальная сумма квадратов отклонений, S^2_z – остаточная сумма квадратов отклонений, S^2_y – общая сумма квадратов отклонений.

В результате расчетов получены следующие оценки: $n^2_x=0.62$, $n^2_z=0.38$. Следовательно, учитываемые факторы крутизны и экспозиции склонов ответственны на 62% изменчивости результативного признака (площадей несмытых и смытых почв в пределах пахотных земель бассейна), тогда как на долю неучтенных в анализе факторов приходится 38%. Достоверность влияния фактора крутизны и экспозиции подтверждена с помощью критерия Фишера [Шмидт, 1984]:

$$F = \frac{\sigma^2_x}{\sigma^2_z}, \quad (8)$$

где σ^2_x , σ^2_z – факториальная и остаточная дисперсии, как меры соответствующих типов изменчивости признака в дисперсионном комплексе.

Полученное значение критерия Фишера $F=10.18$ выше стандартного значения, следовательно, достоверно подтверждается влияние крутизны и экспозиции склонов на закономерности пространственного распространения почв различной степени смытости в агроландшафтах.

Обнадеживающие возможности ГИС-анализа для выявления почвенно-геоморфологических связей определяют перспективы создания карт-гипотез в целях корректировки почвенных карт любого масштабного ряда, особенно в связи с необходимостью актуализации данных об эродированности почвенного покрова. Востребованность этой задачи подтверждают результаты обработки материалов дистанционного зондирования Земли [Лисецкий, Марциневская, 2009]: по прогнозным оценкам в Белгородской области площадь сильноосмытых почв увеличилась за 30 лет на 18 тыс. га (до 170 тыс. га), а общая эродированность почвенного покрова области за этот период возросла на 6% (до 60%).

Разработка высокотехнологичных методик агроландшафтной дифференциации территории водосборов с акцентом на их почвоводоохранное обустройство и агроэкологической типизация земель позволит эффективно решить задачу функциональной реорганизации всей сельской местности и внедрения ресурсосберегающего и экологически ориентированного землепользования, как это предусмотрено концепцией бассейнового природопользования [Лисецкий, Панин, 2013].

Выводы

1. Методами математического анализа установлена тесная связь между тематическими слоями карт (крутизны, экспозиции склонов и почвенного покрова). Гипотеза о статистической независимости категоризованных признаков отвергнута на уровне значимости 1%, ввиду того, что расчетное значение χ^2 превышает его критическое значение.

2. Выявлено отношение учтенных и неучтенных факторов на статистическую совокупность связи между картографируемыми явлениями, достоверность которых доказана с помощью критерия Фишера.

3. Полученные результаты подтверждают, что улучшение качества подготовки информации, в частности подтвержденное математическими методами, позволяет с необходимой точностью проводить геосистемный анализ территории.

4. Возможности ГИС-анализа для выявления почвенно-геоморфологических связей определяют перспективы эффективной корректировки крупномасштабных почвенных матери-

алов, особенно в связи с необходимостью актуализации данных об эродированности почвенного покрова в районах активного проявления водно-эрозионного процесса.

Список литературы References

1. Андерсон В.Н. 1990. Методические указания студентов-географов по курсам «Основы геоинформатики», «Геоинформационные системы», «Методика географических исследований». Часть I. Алгоритмы и программы и программы обработки географических данных на программируемых микрокалькуляторах. Одесса, ОГУ, 66.
Anderson V.N. 1990. Metodicheskie ukazaniya studentov-geografov po kursam «Osnovy geoinformatiki», «Geoinformacionnye sistemy», «Metodika geograficheskikh issledovanij» Chast' I. Algoritmy i programmy i programmy obrabotki geograficheskikh dannyh na programiruemym mikrokal'kuljatorah [Methodical instructions students geographers courses on «Fundamentals of Geoinformatics», «Geographic Information Systems», «Methods of geographical research». Part I. Algorithms and programs of geographic data on programmable calculators]. Odessa, OGU, 66. (in Russian)
2. Антимонов Н.А. 1959. Природа Белгородской области. Белгородское книжное издательство, 238.
Antimonov N.A. 1959. Priroda Belgorodskoj oblasti [Nature of the Belgorod region]. Belgorodskoe knizhnoe izdatel'stvo, 238. (in Russian)
3. Благовещенский Ю.Н., Дмитриев Е.А., Самсонова В.П. 1986. Применение непараметрических методов в почвоведении. М., Изд-во Моск. ун-та, 99.
Vlagoveshhenskij Ju.N., Dmitriev E.A., Samsonova V.P. 1986. Primenenie neparametricheskikh metodov v pochvovedenii [Use of nonparametric methods in soil science]. Moscow, Izd-vo Mosk. un-ta, 99. (in Russian)
4. Благовещенский Ю.Н., Самсонова В.П., Дмитриев Е.А. 1987. Непараметрические методы в почвенных исследованиях. М., Наука, 96.
Vlagoveshhenskij Ju.N., Samsonova V.P., Dmitriev E.A. 1987. Neparametricheskie metody v pochvennyh issledovanijah [Nonparametric methods in soil studies]. Moscow, Nauka, 96. (in Russian)
5. Волков С.Н. 2001. Землеустройство. Т. 4. Экономико-математические методы и модели. М., Колос, 696.
Volkov S.N. 2001. Zemleustrojstvo. T. 4. Jekonomiko-matematicheskie metody i modeli [Economical and mathematical methods and models]. M., Kolos, 696. (in Russian)
6. Девдариани А.С. 1967. Математический анализ в геоморфологии. М., Недра, 156.
Devdariani A.S. 1967. Matematicheskij analiz v geomorfologii [Mathematical analysis in geomorphology]. Moscow, Nedra, 156. (in Russian)
7. Дмитриев Е.А. 1995. Математическая статистика в почвоведении. М., Изд-во МГУ, 320.
Dmitriev E.A. 1995. Matematicheskaja statistika v pochvovedenii [Mathematical statistics in Soil]. Moscow, Izd-vo MGU, 320. (in Russian)
8. Доспехов Б.А. 1985. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки исследований). М., Агропромиздат, 651.
Dospëhov B.A. 1985. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoj obrabotki issledovanij) [The methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research)]. Moscow, Agropromizdat, 651. (in Russian)
9. Зайцев Г.Н. 1973. Методика биометрических расчётов. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М., Наука, 256.
Zajcev G.N. 1973. Metodika biometricheskikh raschjotov. Matematicheskaja statistika v jeksperimental'noj botanike [The methodology of biometric calculations. Mathematical Statistics in Experimental Botany]. Moscow, Nauka, 256. (in Russian)
10. Каратаев Г.И. 1992. Геоморфология и математика. Минск, Нав и тэх, 108.
Karataev G.I. 1992. Geomorfologija i matematika [Geomorphology and mathematics]. Minsk, Nav i tjech, 108. (in Russian)
11. Лисецкий Ф.Н., Марциневская Л.В. 2009. Оценка развития линейной эрозии и эродированности почв по результатам аэрофотосъемки. Землеустройство, кадастр и мониторинг земель, 10: 39–43.
Lisetskij F.N., Martsinevskaja L.V. 2009. The evaluation of linear erosion and erosion soils as a result of aerial photography. Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel [Land management, cadastre and land monitoring], 10: 39–43. (in Russian)
12. Лисецкий Ф.Н., Панин А.Г. 2013. Бассейновая концепция природопользования на сельских территориях Белгородской области. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук, 1: 48–51.
Lisetskij F.N., Panin A.G. 2013. The basin concept of nature in the rural areas of the Belgorod region. Vestnik Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk [Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences], 1: 48–51. (in Russian)
13. Пузаченко Ю.Г. 2004. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М., Издательский центр «Академия», 416.
Puzachenko Ju.G. 2004. Matematicheskie metody v jekologicheskikh i geograficheskikh issledovanijah [Mathematical methods in ecological and geographical studies]. Moscow, Izdatel'skij centr «Akademija», 416. (in Russian)
14. Стативка И.М. 1985. Экономико-математические методы и моделирование в землеустройстве. Ч. I. Харьков, Харьк. с.-х. ин-т им. В.В. Докучаева, 102.



Stativka I.M. 1985. Jekonomiko-matematicheskie metody i modelirovanie v zemleustrojstve. Ch. I [Economic and mathematical methods and modeling in land management. Part 1]. Kharkiv, Har'kovskij sel'sko-hozjajstvennyj institut imeni V.V. Dokuchaeva, 102.

15. Тикунов В.С. 1997. Моделирование в картографии. М., Изд-во МГУ, 405.

Tikunov V.S. 1997. Modelirovanie v kartografii [Modelling in cartography]. Moscow, Izdatelstvo Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta, 405. (in Russian)

16. Чертко Н.К. 1987. Математические методы в физической географии. Мн., «Университетское», 151.

Chertko N.K. 1987. Matematicheskie metody v fizicheskoj geografii [Mathematical methods in physical geography]. Minsk, «Universitetskoje», 151. (in Russian)

17. Шмидт В.М. 1984. Математические методы в ботанике. Л., Изд-во Ленингр. ун-та, 288.

Shmidt V.M. 1984. Matematicheskie metody v botanike [Mathematical methods in botany]. Leningrad, Izdatelstvo Leningradskogo universiteta, 288. (in Russian)

18. Bagdonavicius V., Levulirne R., Nikulin M.S. 2012. On chi-squares type tests and their applications in survival analysis and reliability. Записки научных семинаров ПОМИ, 408: 43–61.

Bagdonavicius V., Levulirne R., Nikulin M.S. 2012. On chi-squares type tests and their applications in survival analysis and reliability. Zapiski nauchnyh seminarov POMI [Notes of scientific seminars PDMI], 408: 43–61.

19. Boloac D.S., Jantschi L., Sestas F.A. 2011. Pearson-Fisher chi-squared statistic revisited. Informations, 2: 528–545.

20. Voinov V., Nikulin M., Balakrishnan N. 2013. Chi-squared goodness of fit test with applications. Academic press, USA, 229.

21. Fisher R. 1954. Statistical methods for research workers. Oliver and Boyd. Edinburg, UK, 267.



УДК 622.272

**ВЛИЯНИЕ АРМИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА ФОРМИРУЮЩЕЙ МАССИВ КОМПОЗИЦИИ**
**THE EFFECT OF REINFORCING ELEMENTS ON THE RHEOLOGICAL
PROPERTIES OF THE FORMING MASSIF COMPOSITION**

Е.А. Ермолович, А.Н. Кирилов, С.В. Донецкий
E.A. Ermolovich, A.N. Kirilov, S.V. Donetskiy

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

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

E-mail: elena.ermolovich@mail.ru; bsuo30989@rambler.ru

Ключевые слова: реологические свойства, закладочные композиционные материалы, армирующие элементы, вискозиметр Суттарда.

Key words: rheological properties, stowing composite materials, the reinforcing elements, Suttard viscometer.

Аннотация. Рассмотрены результаты экспериментальных исследований реологических свойств образцов на основе лежалых отходов обогащения железистых кварцитов упрочненных дисперсно-армированных закладочных смесей. Приведено корреляционное уравнение и график относительного изменения растекаемости закладочной смеси от содержания армирующих элементов в виде хризотилового асбеста. Установлено, что растекаемость смеси уменьшается на 15–72% при введении армирующих элементов от 3 до 10% по весу от вяжущего вещества. Доказано, что для сохранения транспортабельности композиции содержание асбестовых волокон не должно превышать 3.5% от массы вяжущего вещества. Полученная зависимость может использоваться для прогнозирования растекаемости смеси при проектировании закладочных композиций с армирующими элементами из волокнистого материала.

Resume. The results of experimental studies of the rheological properties of samples of dispersion-strengthened reinforced backfill mixtures are considered. Backfill compositions contain ferruginous quartzite beneficiation tailings. Chrysotile asbestos is used as reinforcing elements. The cement is used as a binder. The Superplasticizer Polyplast SP-1 is added to improve the rheological properties of the mixtures. The chemical analysis is made by X-ray fluorescence on the ARL Optim'X spectrometer. The XRD spectra are recorded using an Ultima IV Rigaku diffractometer ($\text{Cu K}\alpha$, $\lambda = 0.154059$ nm, in the range of $2\theta = 10^\circ$ to 110° at the step size of $\Delta(2\theta) = 0.02^\circ$ and scanning speed of 2.5 s). The spreadability of the mixture is determined for Suttarda viscometer. The correlational equation and a graph of the relative change of the stowing mixes spreadability from the content of reinforcing elements are presented. The spreadability mixture is reduced by 15–72% upon administration of reinforcing elements from 3 to 10% by weight of the binder. Content of asbestos fibers should not exceed 3.5% by weight of the binder to save transportability composition. The resulting relationship may be used to predict the spreadability of the mixture for the design of stowing compositions with reinforcing elements from a fibrous material.

Введение

Анализ отечественного и мирового опыта разработки месторождений полезных ископаемых (в том числе на территории Курской магнитной аномалии) показывает, что наиболее перспективной является система отработки с последующей твердеющей закладкой выработанного пространства [Монтянова, 2005; Ермолович, 2010].

Формирование закладочных массивов обусловлено рядом факторов:

1. За счет частичного или полного исключения рудных целиков и замены их искусственными, отработки охранных рудных целиков системами с высокими технико-экономическими показателями резко сокращаются потери, снижается разубоживание отбиваемой руды.

2. Помимо технических аспектов применение систем с закладкой выработанного пространства позволяет снизить негативное влияние горного производства на окружающую среду благодаря использованию отходов производства. Сокращение до минимума площадей хвостохранилищ или их ликвидация за счет использования хвостов обогащения для приготовления закладочных смесей позволит существенно сократить территории горных отводов, что особенно важно в районах с плодородными землями. Использование отходов производства для приготовления закладочной смеси имеет как экологический, так и экономический эффект [Требуков, 1981].

Закладочные материалы, используемые при создании искусственных массивов должны



обладать комплексом необходимых реологических свойств в соответствии с требованиями по их эксплуатации в реальных условиях.

Изучение реологических свойств закладочных смесей позволяет оценить транспортабельность смесей по трубопроводу. В процессе закладывания целикового массива закладочный раствор почти непрерывно находится в движении, следовательно, независимо от условий окружающей среды его свойства должны обеспечивать хорошую подвижность в течение заданного времени. Закладочный раствор должен оставаться в текучем состоянии в течение всего времени, необходимого для его транспортирования в закладываемую камеру [Хайрутдинов, 2007; Чистяков и др., 2009].

Для повышения прочности искусственных массивов и уменьшения относительной деформации усадки применяются армирующие элементы, которые также влияют на реологические свойства смеси.

Цель исследования – изучение влияния армирующих элементов на растекаемость закладочной композиции, формирующей искусственный массив.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – закладочные композиции на основе лежалых отходов обогащения железистых кварцитов ОАО «Комбинат КМАруда» с армирующими элементами.

Химический анализ, выполненный методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF) на спектрометре ARL Optim'X, показал, что лежалые отходы обогащения железистых кварцитов мокрой магнитной сепарации содержат по весу около: 47.71% SiO_2 ; 39.07% Fe_2O_3 ; 7.03% CaO ; 2.26% MgO ; 0.57% P_2O_5 ; 1.62% Al_2O_3 ; 0.86% K_2O ; 0.34% Na_2O ; 0.22% TiO_2 ; 0.19% MnO ; 0.13% SO_3 . Рентгеновские дифракционные спектры, полученные на дифрактометре Ultima IV Rigaku ($Cu\ K\alpha$, $\lambda = 0.154059$ нм, в области углов 2θ от 10 до 110° с пошаговым сканированием $\Delta(2\theta) = 0.02^\circ$ и временем экспозиции 2.5 с), представлены только дифракционными линиями кварца SiO_2 (#00-046-1045 ICDD PDF-2), гематита Fe_2O_3 (#01-086-0550 ICDD PDF-2), магнетита (#01-086-1346 ICDD PDF-2) Fe_3O_4 , суглинок и доломита $CaMg(CO_3)_2$ (#01-073-2361 ICDD PDF-2).

В качестве армирующих элементов применялся асбест хризотилловый – хризотил, выпускаемый ОАО «Ураласбест» по ГОСТ 12871-93, ТУ 5721-01-028-1476, ТУ 21-22-23.

В качестве вяжущего использовали цемент ЦЕМ II 32.5АШ.

Для улучшения реологических свойств в смесь добавляли суперпластификатор Полипласт СП-1.

Исследование проводилось согласно ГОСТ 5802-73 «Растворы строительные. Методы испытаний». Растекаемость композиций определялась по диаметру пятна расплыва на вискозиметре Суттарда.

Результаты и их обсуждение

В работе исследовались 7 составов закладочных композиций с содержанием армирующих элементов от 0 до 10% от вяжущего вещества по весу.

Полученные данные представлены в таблице.

Таблица
Table

Измерения растекаемости смесей на вискозиметре Суттарда
The spreadability of the mixture obtained for Suttarda viscometer

Содержание армирующих элементов, масс. % от вяжущего вещества	Диаметр пятна растекания, мм	Содержание армирующих элементов, масс. % от вяжущего вещества	Диаметр пятна растекания, мм
0	210	8	90
3	180	9	75
5	115	10	60
7	95	-	-

По результатам исследований была установлена корреляционная зависимость между относительным изменением растекаемости закладочной композиции от содержания в ней армирующих элементов:

$$d = -7.3622C + 100.3,$$

где d – относительное изменение растекаемости закладочной композиции, %; C – содержание армирующих элементов, % от вяжущего вещества.

График зависимости приведен на рисунке. Достоверность аппроксимации $R^2 = 0.9641$.

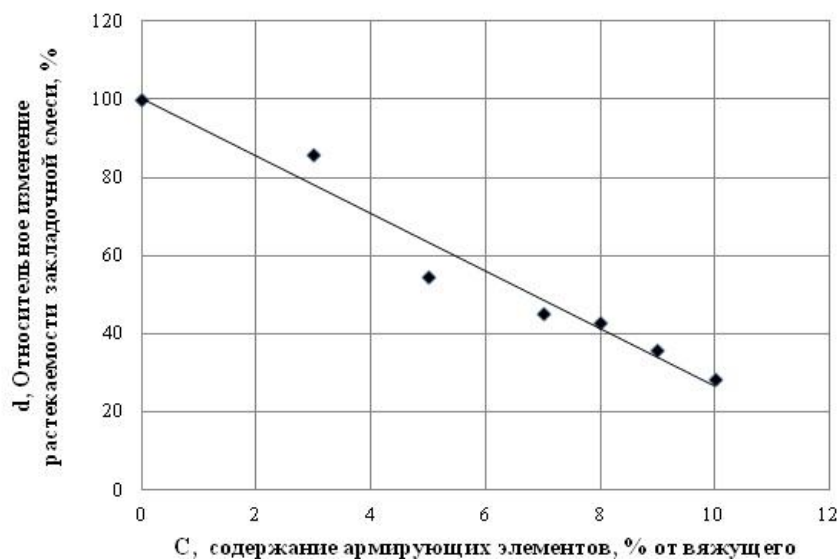


Рис. Зависимость растекаемости закладочной смеси, формирующей искусственный массив, от содержания асбестовых волокон
Fig. The variation of spreadability of forming an artificial massif stowing mixes as a function of mean content of reinforcing elements

Растекаемость закладочных смесей служит косвенной характеристикой их подвижности и может являться экспресс-методом стабильности выдерживания данного параметра в процессе производства закладочных композиций. Смеси пригодны для транспортирования по трубам при подвижности 9–14 см (полное погружение эталонного конуса) [Монтянова, 2005]. Такой подвижности соответствует растекаемость 15–20 см. Ранее авторами было доказано, что введение суперпластификатора в малоэлементные закладочные смеси существенно повышает их текучесть в среднем на 86% и позволяет транспортирование их трубопроводным транспортом и растекание в закладочной камере [Ермолович и др., 2012]. Однако анализ полученных данных уточняет, что введение в закладочные композиции армирующих элементов в виде асбестовых волокон существенно изменяет их реологические свойства, несмотря на наличие суперпластификатора в смеси, а условиям транспортабельности удовлетворяют композиции с содержанием армирующих элементов не более 3.5% от массы вяжущего вещества. Известны технические решения [Пономарев и др., 2000], в которых для увеличения прочности закладочного массива при сжатии и изгибе предлагается использование армирующих элементов в виде волокнистого материала в количестве 4–5% от массы твердеющей смеси. Это количество в 8–10 раз превышает предельное содержание, определенное в данном исследовании. Предлагаемое количество армирующих элементов, несомненно, упрочняет закладочный массив, но ограничивает подвижность формирующей его смеси, исключая ее транспортирование по трубам и растекание в заполняемой камере. Данная смесь может доставляться в камеру только ковшевыми погрузчиками или самосвалами и укладываться вручную, что приведет к усложнению технологической схемы, удорожанию работ и снижению безопасности. Для предотвращения подобной ситуации полученные результаты необходимо учитывать при проектировании искусственного массива на основе лежалых отходов обогащения железистых кварцитов с добавлением асбестового волокна для придания высокой прочности, уменьшения усадки при сохранении транспортабельности композиции, формирующей массив.

Закключение

1. Растекаемость смеси уменьшается на 15–72% при введении армирующих элементов от 3 до 10% по весу от вяжущего вещества.
2. Для сохранения транспортабельности композиции содержание асбестовых волокон не должно превышать 3.5% от массы вяжущего вещества.
3. Полученная зависимость может использоваться для прогнозирования растекаемости смеси при проектировании закладочных композиций с армирующими элементами из волокнистого материала.



Список литературы References

1. Ермолович Е.А. 2010. Применение закладки выработанного пространства шахт и рудников: состояние, недостатки, возможности совершенствования для улучшения экологического состояния среды. *В кн.: Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы 6-ой международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики (Тула, 27–29 октября 2010 г.). Тула, Изд-во ТулГУ, 2: 330–337.*
Ermolovich E.A. 2010. Application of back fills hardening out of space of mines: the state, weaknesses, opportunities for perfecting to improve the ecological state of the environment. *In: Sotsial'no-ekonomicheskie i ekologicheskie problemy gornoy promyshlennosti, stroitel'stva i energetiki. Materialy 6-oy mezhdunarodnoy konferentsii po problemam gornoy promyshlennosti, stroitel'stva i energetiki [Socio-economic and environmental problems of themining industry, building and energetic. Materials of the 6-st international conference on the mining industry, building and energetics problems (Tula, 27-29 October, 2010)]. Tula, Izd-vo TulGU, 2: 330–337. (in Russian)*
2. Ермолович Е.А., Шок И.А., Измest'ев К.А., Кирилов А.Н., Донецкий С.В. 2012. Исследование влияния суперпластификатора на свойства твердеющих бесцементных и малоцементных закладочных композитов на основе горно-металлургических отходов. *В кн.: Научный потенциал мира – 2012. Материалы VIII международной научно-практической конференции (София, 17–25 сентября, 2012 г.). София, ООД «Бял ГРАД-БГ», 17: 53–56.*
Ermolovich E.A., Shok I.A., Izmet's'ev K.A., Kirilov A.N., Donetskiiy S.V. 2012. Investigation of a super plasticizer influence on the properties of hardening cementless and low cement stowing composites based on mining and metallurgical waste. *In: Nauchnyy potentsial mira – 2012. Materialy VIII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Materials of the VIII international scientific and practical conference (Sofia, 17–25 September 2012)]. Sofia, OOD «Byal GRAD-BG», 17: 53–56. (in Russian)*
3. Монтянова А.Н. 2009. Формирование закладочных массивов при разработке алмазных месторождений в криолитозоне. М., Горная книга, 597.
Montyanova A.N. 2009. Formirovanie zakladochnykh massivov pri razrabotkealmaznykh mestorozhdeniy v kriolitozone [Formation of stowing massif in the development of diamond deposits in permafrost]. М., Gornaya kniga, 597. (in Russian)
4. Пономарев Л.Ф., Крупник Л.А., Амирханов З.С., Мандровский А.М., Омарбаев Н.О., Дериглазов В.Н., Шукман В.Р. 2000. Способ упрочнения закладочного массива. Патент РФ №2019712. Бюл. 27.
Ponomarev L.F., Krupnik L.A., Amirkhanov Z.S., Mandrovskiy A.M., Omarbaev N.O., Deriglazov V.N., Shukman V.R. 2000. A method of hardening of stowing massif. Patent RF №2019712. Bull. 27. (in Russian)
5. Требуков А.Л. 1981. Применение твердеющей закладки при подземной добыче руд. М.: Недра, 172.
Trebukov A.L. 1981. Primenenie tverdeyushchey zakladki pri podzemnoy dobyche rud. [Application of hardening back fill at underground mining]. М., Nedra, 172. (in Russian)
6. Хайрутдинов М.М. 2007. Выбор химических добавок для твердеющих закладок, улучшающих режим подачи трубопроводным транспортом. Горный информационно-аналитический бюллетень, (7): 278–281.
Khayrutdinov M.M. 2007. The choice of chemical additives in filling mixtures for improving feed mode pipeline. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin], (7): 278–281. (in Russian)
7. Чистяков М.М., Хайрутдинов М.М., Артюхов Е. В. 2009. Влияние различных способов активации на физико-механические свойства закладки. Горный информационно-аналитический бюллетень, (3): 232–246.
Chistyakov M.M., Khayrutdinov M.M., Artyukhov E. V. 2009. Influence of different ways of activation of the physico-mechanical properties of back fill. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'* [Mining informational and analytical bulletin], (3): 232–246. (in Russian)

УДК 622.271.452

**РАЗРАБОТКА ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ
ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ВНУТРЕННЕГО
ОТВАЛА КАРЬЕРА МЕЛА «ЗЕЛЕНАЯ ПОЛЯНА»**

**DEVELOPMENT OF ENGINEERING AND TECHNICAL MEASURES TO
ENSURE THE SUSTAINABILITY OF INTERNAL DUMP CHALK QUARRY
«GREEN MEADOW»**

**Б.А. Храмов¹, А.А. Ростовцева¹, О.А. Лубенская², А.С. Кравченко¹
B.A. Khramtsov¹, A.A. Rostovtseva¹, O.A. Lubenskaya², A.S. Kravchenko¹**

¹ Белгородский государственный национально-исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85

² ОАО «ВЮГЕМ», Россия, 308007, г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, 86

¹ Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

² PLC «VIOGEM», 86 B. Hmelnitckogo Ave., Belgorod, 308007, Russia,

E-mail: khramtsov@bsu.edu.ru; oksana.lubenskaya@gmail.com

Ключевые слова: внутренний отвал, деформации, откос, устойчивость, физико-механические свойства техногенных пород, инженерно-технические мероприятия.

Key words: the internal dump, deformation, slope, stability, physical and mechanical properties of man-made rocks, engineering and technical measures.

Аннотация. Увеличение объемов добычи мела требует больших площадей для размещения пород вскрыши и увеличения высоты отвалов. Наиболее опасные деформации происходят в откосах, сложенных песчано-глинистыми породами. Физико-механические свойства техногенных пород внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна» и грунтов его основания были определены лабораторными испытаниями и методом обратного расчета. Для разработки инженерно-технических мероприятий и выбора безопасных параметров ярусов внутреннего отвала построены объемные диаграммы зависимости высоты откоса внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна» от угла наклона откоса и сцепления техногенных пород, слагающих откос, с учетом прочностных свойств грунтов основания и угла его наклона.

Resume. One of the main industries in the KMA region is the production of building materials. One of the largest quarries in Belgorod region is "Zelonaya Polyana" ("Green Glade") chalk quarry. The planned increase in production of chalk requires large areas to accommodate the overburden dumps and an increase of their height. Sandy-argillaceous rocks that form the slopes, have relatively little resistance and strength characteristics change under the influence of external factors, leading to deformation of slopes.

The study of the physical and mechanical properties of loose rock dumps was performed by determining their quantitative characteristics on samples taken from dumps in laboratory conditions and on the basis of inverse calculation of landslides. To select the parameters of safe slopes tiers internal dump career chalk "Green meadow" it is recommended to use the strength characteristics of man-made rocks resulting from the reverse calculation, since their values are below the values that are obtained from laboratory tests.

For the development of engineering activities and choice of safe parameters of internal dump tiers on the basis of the analytical method for calculating safety factor of slope stability based on a gently sloping with the algebraic addition of forces and developed at NIU "BSU" on the basis of its program "Slope Stability Calculator", there were built three-dimensional diagrams of the dependence of chalk quarry "Green Glade" internal dump slope height on the angle of repose and clutch of man-made rock that form the slope, taking into account the strength properties of the soil base and the angle of inclination. Using the data of the three-dimensional diagrams allows to choose without additional calculations reasonably safe geometric parameters of slopes at any stage of the formation of tiers in the operation of internal dump.

Введение

Одной из основных отраслей промышленности региона КМА является производство строительных материалов. На территории Белгородской области действует около 100 карьеров, где добываются общераспространенные полезные ископаемые (мел, песок, глина), являющиеся основным сырьем для производства строительных материалов. Разработка месторождений полезных ископаемых ведется открытым способом. Одним из крупнейших карьеров мела в Белгородской области является карьер «Зеленая поляна» ОАО «Стройматериалы». Данное месторождение практически полностью удовлетворяет потребность предприятия в сырье.

Повышенный спрос на продукцию предприятия ведет к увеличению объемов производства, а, следовательно, и объемов добычи сырья. Планируемое увеличение объемов добычи мела потребует больших площадей для размещения пород вскрыши и увеличения высоты отвалов. Таким образом, проблема оценки устойчивости откосов ярусов отвалов остается актуальной и приобретает решающее значение в обеспечении промышленной безопасности.

По результатам натурных наблюдений за устойчивостью откосов, проведенных на карьере «Зеленая поляна», установлено, что более 70% наиболее опасных деформаций происходит в откосах, сложенных песчано-глинистыми породами. До 85% нарушений устойчивости откосов отвалов на карьерах строительной индустрии составляют оползни. В настоящий момент на внутреннем отвале карьера ежегодно наблюдаются деформации оползневого типа.

Для исключения подобных деформаций были разработаны инженерно-технические мероприятия, которые позволили обеспечить безопасность ведения горных работ. Для успешного решения этой проблемы потребовалось изучить физические основы процесса сдвижения техногенных пород при формировании внутреннего отвала, разработать теоретические основы обеспечения устойчивости откосов и эффективные мероприятия по борьбе с деформациями.

При проектировании отвалов важно правильно выбрать их параметры (высоту ярусов, углы их наклона, ширину берм безопасности), для чего необходимо знать физико-механические характеристики пород, слагающих отвал. Песчано-глинистые породы, слагающие откосы ярусов отвалов в регионе КМА, обладают относительно небольшой прочностью и изменяют прочностные характеристики под воздействием внешних факторов, что ведет к деформациям откосов, которые наносят существенный экологический ущерб окружающей природной среде и угрожают безопасности технологических процессов при формировании отвалов.

Как правило, изучение физико-механических свойств рыхлых пород отвалов проводится путем определения их количественных характеристик на образцах, отобранных из отвалов, в лабораторных условиях и на основании обратных расчетов оползней.

Инженерно-геологический разрез внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна» и грунтов, залегающих в его основании, представлен на рисунке 1. Техногенные массы отвала (ИГЭ-1) представлены породами вскрыши, а в основании отвала залегают суглинки тугопластичные (ИГЭ-2) и глина красно-бурая полутвердая (ИГЭ-3).

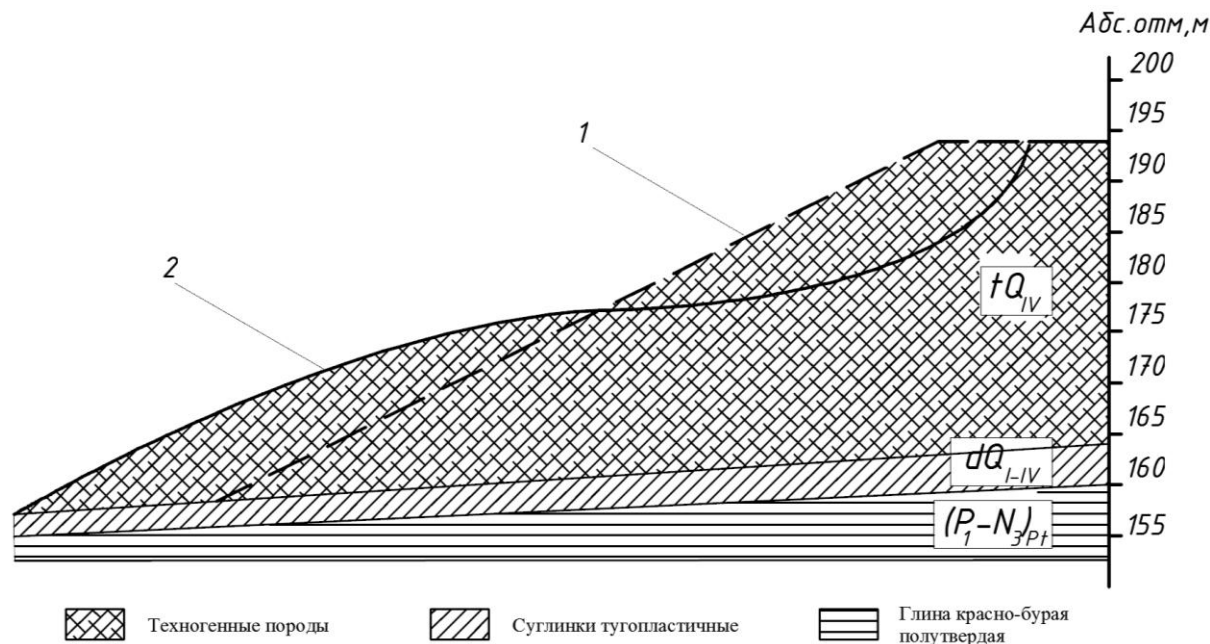


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна» и грунтов, залегающих в его основании: 1 – контур откоса до образования оползня; 2 – контур откоса после образования оползня

Fig. 1. Engineering and geological cross-section of internal dump career chalk «Green meadow» and soil lying at its base: 1 – contour of the slope until a landslide; 2 – contour of the slope after the formation of the landslide

Для определения физико-механических свойств техногенных пород внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна» и грунтов его основания были взяты пробы из отвала и основания, которые испытывались на сдвиговом приборе Гидропроекта ГПП-30 при вертикальных нагрузках 0.1; 0.2 и 0.3 МПа. Физико-механические свойства техногенных пород внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна» и грунтов, залегающих в его основании, приведены в таблице.

Таблица
Table

Физико-механические свойства техногенных пород отвала и грунтов, слагающих его основание, определенных лабораторным способом
Physical and mechanical properties of man-made rock dump and soil of its constituent base, certain laboratory method

Инженерно-геологические элементы	Название пород и грунтов	Геологический индекс	Мощность, м	Плотность ρ , 10^3 кг/м ³	Сцепление c , МПа	Угол внутреннего трения φ , градус
ИГЭ-1	Техногенные породы	tQ _{IV}	0–30	1.54	0.075	17
ИГЭ-2	Суглинки тугопластичные	dQ _{I-IV}	1.3–5.6	1.87	0.011	14
ИГЭ-3	Глина краснобурая полутвердая	(P ₁ _N ₃) _{pt}	1.2–7.7	2.0	0.016	26

В НИУ «БелГУ» на кафедре прикладной геологии и горного дела разработан графо-аналитический метод [Храмцов, Ростовцева, 2010], который позволяет с учетом происходящих на отвале оползней и их фактических поверхностей скольжения, которые формируются в результате оползневых явлений, достаточно надежно определять прочностные характеристики техногенных пород отвалов (сцепление c и угол внутреннего трения φ).

Маркшейдерские наблюдения позволили построить профили откоса внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна» до и после образования оползня, который произошел на юго-западном участке. На основе анализа съемки оползневого тела, характера и причин оползневого явления установили положение поверхности скольжения в техногенном массиве. Обратный расчет сцепления и угла внутреннего трения техногенных пород, слагающих отвал, осуществлялся с использованием графо-аналитического метода. При плотности техногенных пород отвала $\rho = 1.54 \cdot 10^3$ кг/м³ были получены следующие значения: угол внутреннего трения $\varphi = 16^\circ$ и сцепление $c = 0.025$ МПа.

Сравнение результатов лабораторных испытаний физико-механических свойств техногенных пород внутреннего отвала (см. табл.) с результатами обратных расчетов, выполненных графо-аналитическим способом, свидетельствует о том, что сцепление в техногенном массиве в три раза ниже, чем в образцах. Следовательно, при переходе от результатов испытаний на образцах к массиву необходимо учитывать коэффициент структурного ослабления $\lambda = 0.33$.

Для выбора безопасных параметров откосов ярусов внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна» рекомендовано использовать прочностные характеристики техногенных пород, полученные в результате обратного расчета – $c = 0.025$ МПа и $\varphi = 16^\circ$, так как их значения ниже значений, полученных в результате лабораторных испытаний, представленных в таблице.

Для разработки инженерно-технические мероприятий по снижению риска обрушения откосов ярусов отвала и повышения травмобезопасности рабочих мест были использованы аналитический метод расчета коэффициента запаса устойчивости откосов на слабом наклонном основании с учетом алгебраического сложения сил [Храмцов и др., 2012] и разработанная в НИУ «БелГУ» на его основе программа «Slope Stability Calculator». Для оценки устойчивости внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна» были приняты следующие исходные данные: угол внутреннего трения пород отвала $\varphi = 16^\circ$, сцепление пород отвала $c = 0.025$ МПа, угол внутреннего трения грунтов слабого наклонного основания $\varphi' = 14^\circ$, сцепление пород слабого наклонного основания $c' = 0.011$ МПа, плотность техногенных отвальных пород $\rho = 1.54 \cdot 10^3$ кг/м³, высота откоса $H = 30$ м, угол наклона откоса $\alpha = 27^\circ$, угол наклона основания отвала $\beta = 4^\circ$. В результате расчетов по программе «Slope Stability Calculator» получили коэффициент запаса устойчивости откоса равный 1, т. е. откос находится в предельно-напряженном состоянии, что подтверждается наблюдаемыми в действительности оползневыми явлениями, имеющими место на внутреннем отвале.

Безопасное ведение горных работ при формировании внутреннего отвала со сроком службы откосов ярусов более 5 лет обеспечивается при нормативном значении коэффициента запаса устойчивости $n_H = 1.2$ [Фисенко и др., 1972].

С помощью программы «Slope Stability Calculator» построены объемные диаграммы зависимости высоты откоса от сцепления техногенных пород отвала и угла наклона откоса при постоянных физико-механических свойствах грунтов, залегающих в основании отвала. Графики построены для $\varphi = 14^\circ$ (16° , 18° , 20°), $\varphi' = 14^\circ$, $c' = 0.011$ МПа, $\rho = 1.54 \cdot 10^3$ кг/м³, $\beta = 4^\circ$ при $n_H = 1.2$. Использование данных объемных диаграмм позволяет без проведения дополнительных расчетов обоснованно выбирать безопасные геометрические параметры откосов на любой стадии формирования ярусов при эксплуатации внутреннего отвала.

Для оценки устойчивости откосов ярусов внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна» на юго-западном участке, где произошел оползень, была использована объемная диаграмма зависимости высоты откоса от угла наклона откоса и сцепления техногенных пород отвала при угле внутреннего трения $\varphi = 16^\circ$ (рис. 2). С помощью данной диаграммы было установлено, что внутренний отвал на предельном контуре при проектной высоте $H = 30$ м и нормативном коэффициенте запаса устойчивости $n_H = 1.2$ рекомендовано формировать с генеральным углом наклона 22° (см. рис. 2) и шириной бермы безопасности $B = 3.4$ м.

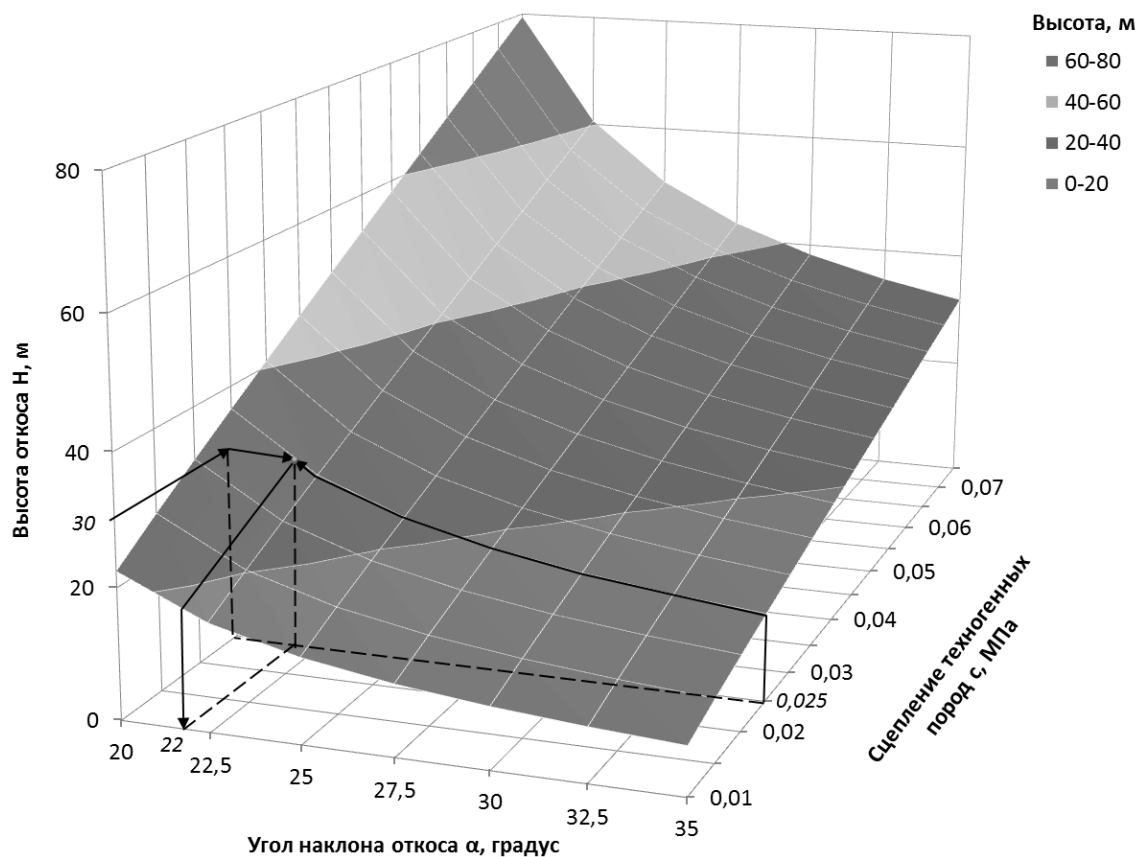


Рис. 2. Зависимость высоты откоса внутреннего отвала от угла наклона откоса и сцепления техногенных пород отвала на юго-западном участке (при $\varphi = 16^\circ$)

Fig. 2. Dependence of the height of the slope of the internal dump angle of slope and clutch manmade rock dump at the south-western region (at $\varphi = 16^\circ$)

При формировании внутреннего отвала на предельном контуре необходимо откос разделить предохранительной бермой на два яруса высотой по 15 м и уменьшить генеральный угол наклона откоса отвала с 27° до 22° , при котором коэффициенты запаса устойчивости ярусов и отвала соответствует нормативному значению (рис. 3).

Внедрение данного инженерно-технического мероприятия позволило снизить риск обрушения, тем самым повысить уровень безопасности и улучшить условия охраны труда работников, а также получить экономический эффект в связи с недопущением возникновения опасной ситуации, связанной с нарушением устойчивости отвала, и обеспечить соблюдение требований промышленной безопасности.

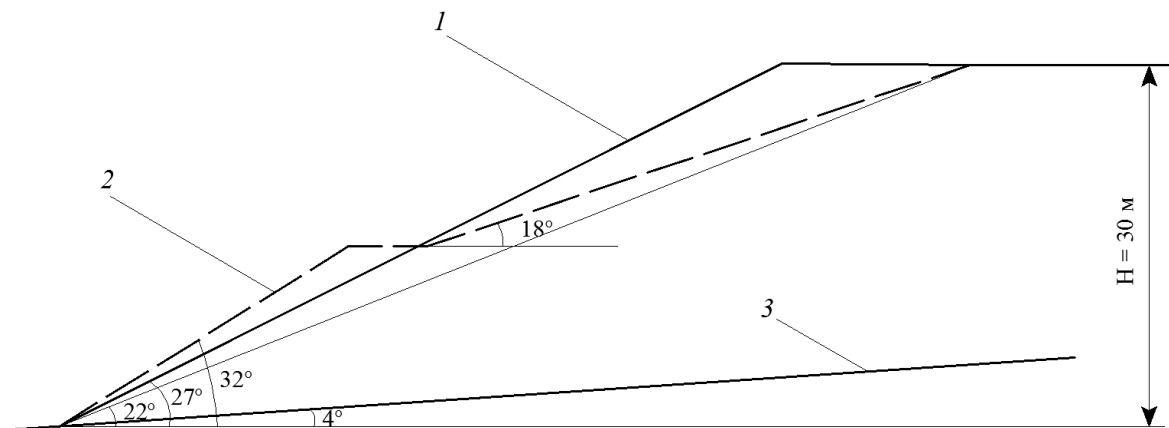


Рис. 3. Фактическое и проектное положение откосов ярусов внутреннего отвала карьера мела «Зеленая поляна»: 1 – фактический контур; 2 – проектный контур; 3 – наклонное основание

Fig. 3. The actual design position and slope tiers internal dump career chalk «Green meadow»: 1 – the actual circuit; 2 – circuit design; 3 – inclined base

Список литературы References

1. Фисенко Г.Л., Сапожников В.Т., Мочалов А.М., Пушкарев В.И., Козлов Ю.С. 1972. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. Л., ВНИМИ, 164.

Fisenko G.L., Sapozhnikov V.T., Mochalov A.M., Pushkarev V.I., Kozlov Ju.S. 1972. Methodological guidelines for determining the angular ramps, slopes and ledges dumps built and operated quarries. 1972. Leningrad, VNIMI, 164.

2. Храмов В.А., Ростовцева А.А. 2010. Определение физико-механических свойств массива горных пород по результатам обрушения откосов. Известия ТулГУ. Науки о Земле, 2: 292–298.

Hramov V.A., Rostovceva A.A., 2010. Determination of physical and mechanical properties of the rock mass as a result of the collapse of slopes. Izvestija TulGU. Nauki o Zemle, 2: 292–298. (in Russian)

3. Храмов В.А., Ростовцева А.А., Рыбка О.А. 2012. Аналитический метод расчета коэффициента запаса устойчивости откоса при наличии плоскости ослабления. Известия ТулГУ. Науки о Земле, 2: 265–270.

Hramov V.A., Rostovceva A.A., Rybka O.A., 2012. Analytical method for calculating the safety factor of the slope in the presence of a plane attenuation. Izvestija TulGU. Nauki o Zemle, 2: 265–270. (in Russian)



УДК 574:539.1.04:546.296

ОЦЕНКА РАДОНООПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНО-ТОПЛИВНОГО ЦИКЛА НА ПРИМЕРЕ ХВОСТОХРАНИЛИЩ ПРИДНЕПРОВСКОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАВОДА

ESTIMATION OF NUCLEAR-FUEL CYCLE OBJECTS RADON HAZARD BY THE EXAMPLE OF PRIDNEPROVSKY CHEMICAL PLANT

Н.С. Дурасова, Г.Д. Коваленко
N.S. Durasova, G.D. Kovalenko

Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем, Украина, 61166, г. Харьков, ул. Бакулина, 6

Ukrainian Research and Design Institute for Environmental Problems, 6 Bakulina St, Kharkiv, 61166, Ukraine

E-mail: durasova.nata@gmail.com, kovalenko@niiep.kharkov.ua

Ключевые слова: радон, дочерние продукты распада, хвостохранилище, дозовая нагрузка, радиационный риск.

Keywords: radon, progeny decay, tailing, radiation dose, radiation risk.

Аннотация. Хвостохранилища, образовавшиеся в результате работы урановых производств, являются источниками радиационной опасности. Они вносят свой вклад в формирование дозы облучения у населения, проживающего на прилегающих к ним территориях. Радон и его дочерние продукты распада были определены как основные дозообразующие факторы.

В ходе исследования была выполнена расчетная оценка дозовых нагрузок, и радиационных рисков, обусловленных выделением радона с хвостохранилищ Приднепровского химического завода, на население, проживающее в непосредственной близости от объектов. Обозначены основные пути облучения, проведено ранжирование хвостохранилищ по степени опасности и вкладу в формирование дозы и риска. Кроме того, были предложены некоторые меры по уменьшению радоноопасности объектов.

Resume. Tailings, formed as a result of uranium production, are sources of radiation hazard. They contribute to the formation of the radiation dose for the population living in adjacent territories. Radon and its progeny decay products have been identified as main dose-related factors.

At the moment, there are no reliable estimates of the impact of tailings on specific localities in the zone of their actions, so it is important to estimate the radiation doses and risks for the population.

For assessing radiation dose software package CAP88-PC was used.

Estimates of radiation dose and radiation risks posed by the radon release from the tailings of Pridneprovsky chemical plant on the population living in the vicinity of the objects were carried out in the study. The main exposure pathways were indicated, tailings were ranked according to the degree of danger and contribution of dose and risk formation. In addition, some measures to reduce radon hazard of objects were proposed. Tailings were ranked according to the contribution to the formation of radiation doses and risks. Based on their findings, it was found that in the formation of radiation dose and its decay products prevail three main ways: inhalation of radionuclides, the share of this pathway accounts for about 38.8% of the dose; food consumption, the share of this road for about 1.2% of the dose; external radiation from the soil surface, at a fraction of this pathways accounts for about 60% of the dose.

Введение

За годы существования урановой промышленности в Украине, на предприятиях по переработке урановой руды образовалось большое количество хвостохранилищ, общей площадью более 500 га и общей активностью более 5.7×10^{15} Бк, из которых хвостохранилища Приднепровского химического завода занимают около 270 га, с общей активностью около 3×10^{15} Бк.

Хвостохранилища, образовавшиеся в результате функционирования Приднепровского химического завода (ПО «ПХЗ»), после прекращения работы завода, не были приведены в экологически безопасное состояние в соответствии с действующими нормативно-законодательными требованиями по перепрофилированию урановых производств [Лисиченко, Ковач, 2011]. Это привело к загрязнению значительной территории Днепропетровска и прилегающих к хвостохранилищам населенных пунктов. Радиоактивное загрязнение связано с выделением радона, радиоактивной пыли с поверхности хвостохранилищ, попаданием нуклидов в подземные воды.

Радон (Rn^{222}) и его дочерних продуктов распада (Po^{218} , Pb^{214} , Bi^{214} , Po^{214} , Pb^{210} , Bi^{210} , Po^{210} , At^{218}) вносят основной вклад в формирование дозы облучения, и соответственно – радиационных рисков для населения. Ежегодно из хвостохранилищ ПО «ПХЗ» в воздух поступает



2.13×10^{13} Бк радона, а из хранилищ уранового производства – 2.3×10^{13} Бк радона [Коваленко, 2013].

В данной работе рассматриваются дозовые нагрузки и риски, обусловленные выделением Rn^{222} и его дочерними распада (далее ДПР).

Приднепровский химический завод был одним из крупнейших предприятий по переработке урановых руд в СССР. Годы работы: 1949–1991 гг., располагался в районе г. Днепро-дзержинска (Днепропетровская область, Украина).

В процессе переработки урановой руды были образованы хвостохранилища: «Юго-Восточное», «Центральный Яр», «Западное», «Днепровское», «Сухачевское» (1 и 2 секции), «Лантановая фракция» и два хранилища уранового производства «ДП-6», «База С». Общие характеристики хвостохранилищ и хранилищ уранового производства даны в таблице 1. Отходы уранового производства складировались в глиняных ярах и карьерах, которые не были для этого специально подготовлены. Единственное хвостохранилище, специально спроектированное для хранения отходов уранового производства – «Сухачевское», секция 2.

Таблица 1

Table 1

Общая характеристика хвостохранилищ ПО «ПХЗ» [по: Коваленко, 2013]
General characteristics of the PO «PCP» tailings

№	Название хвостохранилища	Период эксплуатации, гг.	Площадь, га	Масса отходов, млн. т	Объем отходов, млн. т	Общая активность, ТБк
1	Западное	1949–1954	4	0.77	0.35	180
2	Центральный Яр	1950–1954	2.4	0.22	0.10	104
3	Южно-Восточное	1956–1990	3.6	0.33	0.15	67
4	Днепровское	1954–1968	73	12	5.9	1400
5	Лантановая фракция	1965–1988	0.06	0.007	6.6	0.86
6	Доменная печь №6	1962–1982	0.2	0.04	0.04	1.3
7	База «С»	1960–1991	25	0.3	0.15	440
8	Сухачевское, секция 1	1968–1983	90	19	8.6	710
	Сухачевское, секция 2	1983	70	5.6	2.8	270

На данный момент нет достоверных оценок влияния хвостохранилищ на конкретные населенные пункты, находящиеся в зоне их действия, поэтому очень важно оценить дозовые нагрузки и риски для населения.

После эксхалации радона из хвостохранилищ он диффузионно-конвективным путем распространяется в приземном слое атмосферы, создавая радоноопасную обстановку, вокруг хвостохранилища [Porstendörfer, 2007]. Концентрация радона и его ДПР в приземном слое атмосферного воздуха широко варьируется в разное время суток и сезоны года. Изменение их концентрации определяется скоростью эксхалации радона, радиоактивным распадом, рекомбинацией и осаждением, а также перемещением за счет диффузии и с потоком воздуха.

Для оценки дозовых нагрузок, которые получают жители конкретных населенных пунктов, находящихся в непосредственной близости от хвостохранилищ, был использован программный комплекс CAP88-PC.

Полное название продукта – Clean Air Act Assessment Package-1988, он представляет собой компьютерную модель, которая состоит из набора компьютерных программ, баз данных и связанных с ними полезных программ для оценки доз и рисков от выбросов радионуклидов в воздух, был разработан Environmental Protection Agency (Агентство по охране окружающей среды, США).

Описание программного комплекса CAP88-PC приведено в работе R. Rosnick [2007].

В расчетах использовались файлы метеоусловий, характерных для северо-восточной части Приднепровской возвышенности, созданные на основе распределения по категориям стабильности атмосферы по данным метеостанции г. Никополь [Вітько и др., 2006]. Метеорологические показатели, используемые в расчетах: среднегодовая сумма осадков – 51.3 см, среднегодовая температура воздуха – 6.6°C, высота слоя перемешивания – 1038 м [Шапар, 2009]. Потребление пищевых продуктов на душу населения и сведения о количестве населения в населенных пунктах согласно Статистическому сборнику Украины, данные о годовом поступлении радона в атмосферу согласно [Вітько и др., 2006].

Кроме того, при расчетах принималось, что все выращенные продукты потребляются на месте.



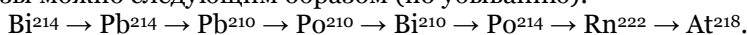
При расчетах учитывалось, что концентрация радона в воздухе внутри и вне помещений равна.

Исходя из полученных данных, было выяснено, что при формировании дозовых нагрузок и его продуктов распада, преобладают три основных пути:

- вдыхание радионуклидов (ингаляция), на долю этого пути приходится около 38.8% дозы;
- потребление продуктов питания, на долю этого пути приходится около 1.2% дозы;
- внешнее облучение от поверхности почвы, на долю этого пути облучения приходится порядка 60% дозы.

Также, следует отметить, что при формировании дозы, образованной, вследствие выделения радона из хвостохранилищ, основную дозообразующую роль играет не Rn^{222} , а его дочерние продукты распада. При том, что на долю самого радона приходится порядка 0.017%.

Отражировать радон и его дочерние продукты распада в зависимости от вклада в формирование дозы можно следующим образом (по убыванию):



На следующем этапе исследования были определены индивидуальные и коллективные дозы от каждого хвостохранилища, что в итоге, дало возможность оценить суммарные дозы от всех хвостохранилищ на конкретные населенные пункты, как за год, так и за весь период жизни (70 лет), результаты показаны в таблице 2.

Таблица 2

Table 2

Суммарная среднегодовая доза и доза за 70-летний период от радона и его дочерних продуктов распада от всех хвостохранилищ ПО «ПХЗ»
The total average annual dose and dose for a 70-year period from radon and its decay daughter products of all PO «PCP» tailings

Населенный пункт	Доза			
	Индивидуальная доза, мкЗв/год	Коллективная доза, чел-Зв/год	Индивидуальная доза, мкЗв за 70 лет	Коллективная доза, чел-Зв за 70 лет
Днепродзержинск	3.11E+02	7.55E+01	2.17E+04	5.29E+03
Куриловка	4.65E+01	1.23E-01	3.26E+03	8.64E+00
Карнауховка	3.16E+02	2.08E+00	2.21E+04	1.46E+02
Таромское	3.35E+02	5.31E+00	2.35E+04	3.72E+02
Горького	4.92E+02	4.80E-01	3.44E+04	3.36E+01
Ясное	2.89E+02	4.25E-02	2.02E+04	2.98E+00
Шевченко	2.51E+02	2.27E-01	1.76E+04	1.59E+01
Орджоникидзе	2.99E+02	9.52E-02	2.09E+04	6.66E+00
Николаевка ¹	2.91E+02	1.11E+00	2.04E+04	7.75E+01
Николаевка ²	6.19E+01	7.96E-02	4.33E+03	5.57E+00
Благовещенка	2.91E+02	9.99E-02	2.04E+04	6.99E+00
Долинское	3.10E+02	4.62E-02	2.17E+04	3.24E+00
Сухачевка	2.91E+02	3.14E+00	2.03E+04	2.20E+02
Пашена Балка	4.76E+02	1.80E-01	3.33E+04	1.26E+01
Новое	4.60E+02	2.94E-02	3.22E+04	2.06E+00

Важным фактором является то, что три хвостохранилища («Западное», «Центральный Яр», «Юго-Восточное») находятся на территории Днепродзержинска, а остальные («Сухачевское», секции 1, 2, «Днепровское», «База С») – на прилегающих территориях, это играет роль в формировании критических групп населения.

На территории Днепропетровской области 2 населенных пункта с названием Николаевка, для удобства в таблице они обозначены Николаевка¹ – Новомосковский район и Николаевка² – Днепропетровский район.

Согласно действующему украинскому законодательству, основная дозовая граница индивидуального облучения населения не должна превышать 1 мЗв/год, независимо от условий и путей формирования этих доз.

Как видно из таблицы, наибольшие индивидуальные дозы получает население поселков: Горького (4.92×10^2 мкЗв/год), Пашена Балка (4.76×10^2 мкЗв/год), Новое (4.6×10^2 мкЗв/год). Максимальные коллективные дозы у населенных пунктов, с максимальным количеством населения, таких как Днепродзержинск (75.5 чел-Зв/год), Таромское (5.31 чел-Зв/год), Карнауховка (2.08 чел-Зв/год).

Риск возникновения стохастических эффектов были рассчитан, согласно коэффициенту риска, указанному в Публикации №60 (МКРЗ) [ICRP, 1991], закрепленному в действующем

украинском законодательстве [Нормы ..., 1998], и по коэффициенту риска, согласно более новой Публикации №103 (МКРЗ) [ICRP, 2007]. Как можно заметить, риск стохастических эффектов заметно снизился. Результаты указаны в таблице 3.

Таблица 3
Table 3

Суммарный риск возникновения стохастических эффектов от радона и его дочерних продуктов распада от всех хвостохранилищ «ПХЗ» за 70 лет
The overall risk of stochastic effects of radon and its decay daughter products of all tailings PO «PCP» for 70 years

Населенный пункт	Публикация 60		Публикация 103	
	Индивидуальный риск	Коллективный риск	Индивидуальный риск	Коллективный риск
Днепродзержинск	1.59E-03	3.86E+02	1.24E-03	3.01E+02
Куриловка	2.38E-04	6.31E-01	1.86E-04	4.93E-01
Карнауховка	1.62E-03	1.06E+01	1.26E-03	8.31E+00
Таромское	1.71E-03	2.71E+01	1.34E-03	2.12E+01
Горького	2.51E-03	2.45E+00	1.96E-03	1.91E+00
Ясное	1.48E-03	2.17E-01	1.15E-03	1.7E-01
Шевченко	1.28E-03	1.16E+00	1E-03	9.07E-01
Орджоникидзе	1.53E-03	4.86E-01	1.19E-03	3.8E-01
Николаевка ¹	1.49E-03	5.66E+00	1.16E-03	4.42E+00
Николаевка ²	3.16E-04	4.07E-01	2.47E-04	3.17E-01
Благовещенка	1.49E-03	5.1E-01	1.16E-03	3.98E-01
Долинское	1.59E-03	2.36E-01	1.24E-03	1.84E-01
Сухачевка	1.49E-03	1.6E+01	1.16E-03	1.25E+01
Пашена Балка	2.43E-03	9.19E-01	1.9E-03	7.17E-01
Новое	2.35E-03	1.5E-01	1.84E-03	1.17E-01

Риск возникновения фатального рака рассчитывался с учетом коэффициента риска, закрепленного в документах [ICRP, 1991, Нормы ..., 1998], результаты указаны в таблице 4.

Таблица 4
Table 4

Суммарный риск возникновения фатального рака от радона и его дочерних продуктов распада от всех хвостохранилищ «ПХЗ» за 70 лет
The overall risk of fatal cancer from radon and its decay daughter products of all tailings PO «PCP» for 70 years

Населенный пункт	Индивидуальный риск	Коллективный риск
Днепродзержинск	1.09E-03	2.64E+02
Куриловка	1.63E-04	4.32E-01
Карнауховка	1.11E-03	7.29E+00
Таромское	1.17E-03	1.86E+01
Горького	1.72E-03	1.68E+00
Ясное	1.01E-03	1.49E-01
Шевченко	8.8E-04	7.95E-01
Орджоникидзе	1.05E-03	3.33E-01
Николаевка ¹	1.02E-03	3.88E+00
Николаевка ²	2.17E-04	2.78E-01
Благовещенка	1.02E-03	3.5E-01
Долинское	1.09E-03	1.62E-01
Сухачевка	1.02E-03	1.1E+01
Пашена Балка	1.66E-03	6.29E-01
Новое	1.61E-03	1.03E-01

Максимальный индивидуальный риск возникновения стохастических эффектов и фатального рака имеют жители поселков Горького (2.51×10^{-3} и 1.73×10^{-3} , соответственно), Пашена Балка (2.43×10^{-3} и 1.66×10^{-3} , соответственно), Новое (2.35×10^{-3} и 1.61×10^{-3} , соответственно). Максимальный коллективный риск возникновения стохастических эффектов и фатального рака – Днепродзержинск (3.86×10^2 и 2.64×10^2 , соответственно), Таромское (27.1 и 18.6, соответственно), Сухачевка (10.6 и 11, соответственно).



Отранжируем хвостохранилища, по вкладу в формирование доз и радиационных рисков (по уменьшению):

«База С» → «Сухачевское», секция 1 → «Западное» → «Юго-Восточное» → «Центральный Яр» → «Днепровское» → «Сухачевское», секция 2.

Выводы

Результаты исследования показали, что хранилище уранового производства «База С» вносит наибольший вклад в формирование дозы от радона и его дочерних продуктов распада для населения.

Индивидуальная доза от радона и его дочерних продуктов распада, в населенных пунктах, расположенных в непосредственной близости от этого объекта, таких как поселки Горького, Пашена Балка, Новое, составляет около 50% от допустимой годовой дозы, согласно Закону Украины «Про защиту человека от ионизирующего излучения».

Получаемые населением дозы от радона и его дочерних продуктов распада можно существенно уменьшить, переработав урановую руду, составляющую большую часть хранилища «База С».

Оценка возможности доизвлечения урана дает положительные результаты. На данный момент, такие исследования были проведены только для хвостохранилища «Западное» [Сорока и др., 2011]. При ранжировании по вкладу в формирование дозы от радона и его ДПР данное хвостохранилище стоит на третьем месте, это может быть объяснено высоким содержанием урана в его отвалах. Следует провести исследования возможности доизвлечения урана для хвостохранилища «Сухачевское», секция 1, оценить экономическую выгоду.

Что касается оставшихся четырех хвостохранилищ – «Центральный яр», «Юго-Восточное», «Днепровское», «Сухачевское», секция 2, следует провести их реабилитацию.

Особое внимание необходимо уделить хвостохранилищу «Днепровское», его вклад в формирование дозы от радона, по сравнению с другими хвостохранилищами незначительный, однако, согласно выводам экспертов МАГАТЭ [Коровин и др., 2004] это хвостохранилище является самым опасным для подземных вод и реки Днепр, так как является источником попадания в них радионуклидов.

Список литературы References

1. Вітько В.І., Гончарова Л.І., Коваленко Г.Д., Карташов В.В., Кузін А.І., Якименко М.П. 2006. Наукова еколого-експертна оцінка радіаційного впливу хвостосховищ та інших радіаційно небезпечних об'єктів колишнього ВО «ПХЗ» (м. Дніпродзержинськ). Харків, УкрНІИЭП, 143.

Vit'ko V.I., Goncharova L.I., Kovalenko G.D., Kartashov V.V., Kuzin A.I., Jakimenko M.P. 2006. Naukova ekologo-ekspertna ocinka radiacijnogo vplivu hvostoshovishh ta inshih radiacijno nebezpechnih ob'ektiv kolishn'ogo VO «PHZ» (m. Dniprodzerzhins'k) [Scientific ecological and expert assessment of radiation exposure tailings and other radioactive facilities of the former PO «PCP» (Dneprodzerzhinsk)]. Kharkiv, UkrNIIJeP, 143. (in Ukrainian)

2. Коваленко Г.Д. 2013. Радиоэкология Украины. Харків, ИД «ИНЖЕК», 344.

Kovalenko G.D. 2013. Radiojekologija Ukrainy [Radioecology of Ukraine]. Kharkiv, ID «INZhEK», 344. (in Russian)

3. Коровин В.Ю., Семенец Г.А., Лебедев В.Н. 2004. Влияние радиоактивных отходов хвостохранилища «Днепровское» на окружающую среду. В кн.: Материалы 1-ой международной конференции «Сотрудничество для решения проблем отходов» (г. Харків, 5–6 февраля 2004 г.). Электронный ресурс. URL: <http://waste.ua/cooperation/2004/thesis/korovin.html> (25 января 2015).

Korovin V.Ju., Semenec G.A., Lebedev V.N. 2004. The impact of radioactive waste tailings «Dneprovskoe» on the environment. In: Materialy 1-oj mezhdunarodnoj konferencii «Sotrudnichestvo dlja reshenija problem othodov» (g. Har'kov, 5–6 fevralja 2004 g.) [Proceedings of the 1st International conference «Cooperation for solving problems of waste» (Kharkiv, 5–6 February 2004)]. Available at: <http://waste.ua/cooperation/2004/thesis/korovin.html> (accessed 25 January 2015). (in Russian)

4. Лисиченко Г.В., Ковач В.Е. 2013. Мировой опыт реабилитации урановых производств. В кн.: Збірник наукових праць «Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист». Вип. 6. Київ-Кременчук: 4–12.

Lisichenko G.V., Kovach V.E. 2013. World experience of rehabilitation of uranium production. In: Zbirnik naukovih prac' «Tehnogenno-ekologichna bezpeka ta civil'nij zahist». Vip. 6 [Collection of scientific papers «Man-caused environmental security and civil protection». Vol. 6]. Kiev-Kremenchug: 4–12. (in Russian)

5. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи. Дата введення 01.01.1998.

Radiation Safety Standards of Ukraine (RSSU-97). Public hygiene standards. Date of introduction 01.01.1998. (in Ukrainian)

6. Сорока Ю.Н., Мочанов А.И., Подрезов А.А., Каулько Е.А., Коровин В.Ю., Погорелов Ю.Н., Меркулов В.А., Валяев А.М. 2011. Оценка возможности доизвлечения урана из радиоактивных отходов хвостохранилища «Западное». В кн.: Материалы 8-ой международной конференции «Сотрудничество для решения проблем отходов» (г. Харьков, 23–24 февраля 2011 г.). Электронный ресурс. URL: <http://waste.ua/cooperation/2011/theses/soroka.html> (25 января 2015).

Soroka J.N., Mochanov A.I., Podrezov A.A., Kaul'ko E.A., Korovin V.J., Pogorelov J.N., Merkulov V.A., Valjaev A.M. 2011. Assessing the possibility of additional recovery of uranium from radioactive waste tailings «Zapadnoe». In: Materialy 8-oy mezhdunarodnoj konferencii «Sotrudnichestvo dlja reshenija problem othodov» (g. Har'kov, 23–24 fevralja 2011 g.) [Proceedings of the 8th International conference «Cooperation for solving problems of waste» (Kharkiv, 5–6 February 2011)]. Available at: <http://waste.ua/cooperation/2011/theses/soroka.html> (accessed 25 January 2015). (in Russian)

7. Шапар А.Г. 2009. Экологический атлас Днепропетровской области. Днепропетровск: Монолит, 64.

Shapar A.G. 2009. Jekologicheskij atlas Dnepropetrovskoj oblasti [Environmental Atlas of the Dnipropetrovsk region]. Dnepropetrovsk, Monolit, 64. (in Russian)

8. Porstendörfer J. 1994. Properties and behaviour of radon and thoron and their decay products in the air. *Journal of Aerosol Science*, 25 (2): 219–263.

9. ICRP. 1991. The 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60. Ann. ICRP 21 (1–3).

10. ICRP. 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2–4).

11. Rosnick R. 2007. CAP88-PC Version 3.0 User Guide. Washington, DC, Environmental Protection Agency, 210.



УДК 911.8, 911.9, 551.4.08

**ШУМОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ В ГОРОДАХ В СВЯЗИ
С ХАРАКТЕРОМ РЕЛЬЕФА ТЕРРИТОРИИ (ДЛЯ КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ
В ГГ. КУРСК И ТАМБОВ)**

**NOISE POLLUTION IN THE CITIES IN CONNECTION WITH THE LANDFORMS
(CASE STUDY ON KEY SITES IN THE KURSK AND TAMBOV)**

**С.В. Харченко
S.V. Kharchenko**

*Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова, Россия,
305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, д. 70*

I.I. Ivanov Kursk State Agricultural Academy, 70 Karl Marks St, Kursk, 30502170, Russia

E-mail: xar4enkkoff@rambler.ru

Ключевые слова: рельеф, топографическое строение, распространение шума, акустическое загрязнение.
Key words: relief, topographic pattern, noise propagation, noise pollution.

Аннотация. Проанализирована изученность рельефа как фактора акустического загрязнения в крупных городах. Выявлено, что роль рельефа в дифференциации шумовой обстановки на территории часто недооценивается, а его шумозащитные свойства – не используются. Приводится интерпретация результатов натурных акустических измерений в городах Курске и Тамбове, проводимых на ряде ключевых участков, обладающих морфологически принципиально различным рельефом. Выявлены закономерности изменений уровней звука при удалении от источника в зависимости от топографического положения источников шума – автодорог и железных дорог.

Resume. The problem of urban acoustical pollution has been getting a big importance in the last decades. A lot of publications are devoted to this problem. Landforms of urban areas have an impact on noise propagation from road lines. Landform's impact are (1) restriction of direct propagation of noise, (2) soil influence on adsorption of sound waves and (3) indirect influences through building planning and road-network planning and their morphology. But, the terrain effect on sound propagation is poorly studied.

This research is based on the results of noise-level measurements on some key sites in the Kursk and Tambov (summer, 2014). The single measurement was made in relation with GOST methods. We did a series of such single measurements in several characteristic points of ground relief at a different distance from roads. At the same time, the measurements were carried out simultaneously on two points – the "base-point" (distance from road are 5-7 meters) and the "station-point" (different distance from road).

We got about 25 000 single results of noise-level measurement. Numerical analysis of that data watch revealed: (1) landforms of thin belt near road has the greatest impact on traffic's sound propagation. Usually, these landforms have anthropogenic origin; (2) location of the source of noise on positive or negative terrain forms have different consequences; (3) sound waves of low frequency bend around the topographic barriers better than sound wave of middle and high frequencies.

Введение

Последние десятилетия все большее значение приобретает проблема шумового загрязнения в населенных пунктах. Ей посвящено значительное количество научных трудов как российских специалистов, так и зарубежных исследователей. Физические закономерности распространения звуков в воздухе описаны аналитически и, более того, учтены в нормативных актах. Однако в преломлении с характером реального участка территории – конфигурацией застройки, свойствами зеленых полос и других барьеров – шумовая картина приобретает большую мозаичность. В литературе описаны звукопоглощающие и отражающие свойства растительности, различных типов естественной и антропогенной подстилающей поверхности, специальных шумозащитных экранов. Важнейшую роль играют также текущие метеорологические параметры – температура и влажность воздуха, их вертикальный профиль (наличие или отсутствие инверсий), направление и скорость ветра. Совокупность таких факторов формирует реальные «рамки» и условия распространения звуков от источника. Естественно, некоторую роль в распространении звуков в приповерхностном слое атмосферы играет и рельеф места.

Пожалуй, вклад рельефа в формирование шумовой картины заключается, прежде всего, в трех аспектах. Первый – ограничение прямого распространения звуковых волн, формиро-

вание зон «звуковой тени» за положительными формами или элементами рельефа (в т. ч. «рельефоидами» зданий [Розанов, 2001]). Второй аспект состоит в том, что различный характер почвогрунтов на участках с разным геоморфологическим положением обуславливает отличия звукоотражающих и звукопоглощающих свойств собственно поверхности земли. Третий аспект – территориальные отличия топографических характеристик и литологии верхних метров грунтовой толщи сказываются на распределении на участке растительности, застройки или прочих объектов инфраструктуры. А они являются, в свою очередь, самостоятельными ограничителями шума. Сюда же нужно отнести топографические эффекты формирования микроклимата места, определяющего условия прохождения звуковых волн в воздухе. Естественно, что роль собственно рельефа последовательно убывает от первого к третьему аспекту. В первом эта роль носит непосредственный характер, в последнем – весьма опосредованный. Особый, четвертый аспект влияния рельефа на формирование шумовой картины – это его воздействие на размещение источников шума (магистралей, промышленных объектов, мест большого скопления людей).

Вместе с этим, вклад рельефа не учитывается рядом наиболее популярных компьютерных программ для расчета уровней шума в проектной застройке, другими программами учитывается явно не в полной мере. Цель настоящей работы – показать роль рельефа в распространении шумов в крупных городах в различных геоморфологических условиях и обстановках.

Изученность проблемы

В современной геоморфологии сделаны первые, пока еще осторожные попытки рассуждать о месте топографического устройства в шумовой картине ландшафта, в том числе – городского [Лихачева, Тимофеев, 1996; Большов, Харченко, 2014].

Вообще, наиболее ранние источники, так или иначе затрагивающие проблему, написаны еще в первой четверти прошлого века. Однако, умозаключения авторов в них носили почти исключительно дедуктивный характер. Нам известна, например, работа профессора «метеорологической физики» В. Хамфри, посвященная атмосферной акустике в связи с метеоусловиями [Humphreys, 1921]. Часть объема статьи отведена феномену усиления громкости звука от источника, находящегося у основания склона «горы» с наветренной стороны, для наблюдателя, расположившегося на вершине или гребне. Такой феномен автор связывал с концентрированием (сужением) фронта звуковой волны и, соответственно, увеличением удельного звукового давления. Описанное явление иллюстрирует рисунок 1.

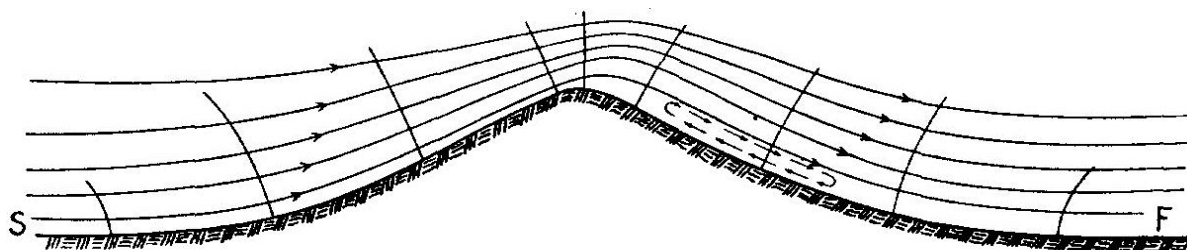


Рис. 1. Преодоление звуком «горы» в направлении с наветренной стороны к подветренной [Humphreys, 1921]

Fig. 1. Sound overcomes the "mountain" from the upwind side to the downwind side [Humphreys, 1921]

Исключительно использованию рельефа для защиты жилой застройки от шума посвящены методические рекомендации, изданные в ТбилЗНИИЭП Госгражданстроя СССР [Буадзе и др., 1981]. Эти рекомендации, вышедшие малым тиражом, не получили широкого использования при развитии застройки в городах Европейской России, ведь они изначально были ориентированы на города горных и гористых районов СССР (в частности, Грузинской ССР). Тем не менее, это пособие содержит немало замечаний о влиянии форм микрорельефа и элементов форм мезорельефа на распространение шума над ними, применимых и к территориям равнинных городов. Действительно, самое большое значение имеет характер рельефа узкой полосы, непосредственно прилегающей к магистрали, а не общий характер рельефа региона.

В этом же пособии дается конкретная схема учета рельефа в распространении шума от магистралей и других источников шума. Влияние рельефа местности на уровень шума в точке, находящейся на некотором удалении от автодороги, зависит от «расположения транспортной магистрали по отношению к элементам рельефа и угла наклона примаягистральной территории

к горизонтальной плоскости». В зависимости от положения магистрали, поправочный коэффициент «на рельеф» берется либо со знаком «+», либо со знаком «-». При расположении магистрали у подошвы склона коэффициент берется со знаком «+», у бровки – берется со знаком «-». А величина снижения (или увеличения) уровня шума определяется крутизной склона. Если магистраль проходит по днищу балки либо, например, выемки – то есть фактически у подошвы двух противоположных склонов, – их крутизна суммируется. То же справедливо для вершины насыпи, вала, или, скажем, гребня оза, по которым в Финляндии часто прокладываются шоссе. Если же дорога протягивается по неширокой террасе – у основания более приподнятого уступа и у бровки более пониженного, – требуется брать разность величин их крутизны.

Соотношение крутизны прилегающих к магистрали склонов с величиной снижения (повышения) эквивалентного уровня шума характеризует таблица 1.

Таблица 1

Table 1

Изменение уровня шума от автодороги в зависимости от характеристик смежных склонов
[по: Буадзе и др., 1981]
Changes of traffic-noise level in relation with features of neighboring slopes

Расположение транспортной магистрали по отношению к элементам рельефа	Угол или сумма углов (для одного или двух склонов), град	Поправочный коэффициент, дБ(А)
У подошвы склона	20	0.5
	35	1
	50	1.5
	65	2
	80	2.5
	90	3
На бровке склона	20	0.5
	45	1
	75	1.5
	105	2

Из «свежих» публикаций нужно отметить серию статей И. М. Сенюценоквой, посвященных акустическим условиям овражно-балочных комплексов в городах (на примерах гг. Брянска, Смоленска и т. д.) [Сенюценова, 2008, 2010]. Для каждого из нескольких ключевых профилей (через источник шума и овраг/балку) автором выводились эмпирические зависимости эквивалентного уровня шума от планового расстояния от источника. Совершенно очевидно, что такие зависимости вовсе не универсальны – они будут оправдываться лишь на изученных участках, ведь опираются только на одну переменную (удаленность от источника). Отбрасывается характеристика профиля склона и перепады высот. Однако для исследованных участков выявленные закономерности, скорее всего, будут долговременно справедливы, ведь и профиль склона, и перепад высот на этих участках меняется незначительно.

Справочные издания, предназначенные для градостроителей [Самойлюк, 1975; Осипов, 1993], указывают на эффективность и дешевизну использования естественного и антропогенного рельефа в деле ограничения шума. Сообразуя плановую структуру магистральных линий с (возможно, выгодной для этого) конфигурацией эрозионной сети, можно добиться ощутимого повсеместного снижения уровня шума на величины до 20 дБ, а в некоторых случаях и более (пример – на рисунке 2).

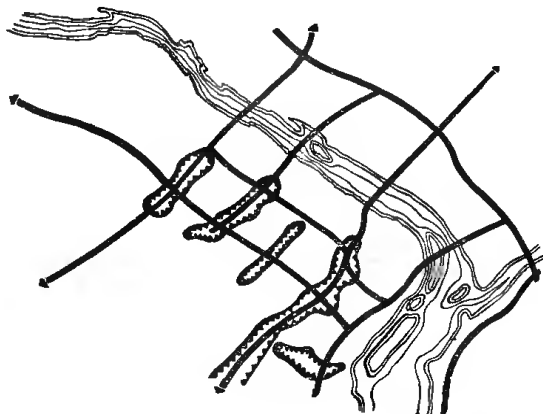


Рис. 2. Принципиальная схема использования балок и оврагов для трассирования сети магистральных улиц [Самойлюк, 1975]

Fig. 2. The principal scheme of using of the ravines for building of highway network [Samoylyuk, 1975]

Возможность вписать дороги в линейные отрицательные формы рельефа ценна еще и по другой причине. Продольный профиль дороги, идущей по днищу балки, при прочих равных более пологий, нежели продольный профиль дороги, идущей вдоль бровки этой балки или вообще на удалении от нее. А величина уклона дорожного полотна непосредственно влияет на повышение уровня шума, о чем наглядно свидетельствует таблица 2.

Таблица 2

Table 2

Изменение уровня транспортного шума в зависимости от уклона дороги и доли тяжелого транспорта в потоке [по: Заборов, 1989]
Changes of traffic-noise level in relation with the slopes of road and share of heavy transport in the traffic

Продольный уклон улицы или дороги, %	Поправка к $L_{A_{экв}}$, +дБ(А)						
	Доля грузового и общественного транспорта в потоке, %						
	0	5	20	30	40	70	100
20	0.5	1	1	1	1.5	1.5	1.5
40	1	1.5	2.5	2.5	2.5	3	3
60	1	2.5	3.5	3.5	4	4.5	5
80	1.5	3.5	4.5	5	5.5	6	6.5
100	2	4.5	6	6.5	7	7.5	8

Важную роль в подавлении шума играет антропогенный рельеф: выемки, земляные валы и насыпи. Определяющими их эффект параметрами являются – удаленность стенки выемки или насыпи от источника шума (у выемок обычно меньше, чем у валов), ее крутизна и высота. В дополнение к этим морфометрическим характеристикам, ощутимо на снижении уровня шума сказывается характер поверхности стенки. Так, при одинаковой высоте и крутизне уступа, поверхность грунта, покрытая снегом, снижает суммарный уровень шума еще на 2–4 дБ относительно шумозащитного эффекта не покрытой снегом стенки. Такие отличия обусловлены разницей звукопоглощения снега (пористой среды) и грунта. Соответственно, и виды грунтов с различной пористостью тоже гасят звуковые волны с разной интенсивностью.

Большой интерес представляют результаты эмпирических исследований. В совместной работе голландских и австрийских акустиков [Van Renterghem et al., 2007], рассматривающих пример железной дороги в одной из долин в австрийских Альпах, отмечается, что на склонах хребта, поднимающихся над железнодорожной линией, регистрируются превышения уровня шума (относительно смоделированного без учета рельефа) до 30 дБ(А). И это притом, что моделирование с учетом топографии и натурные данные показывают существенную сходимость – нигде они не отличаются более чем на 3 дБ(А).

Весомый вклад в изучение закономерностей распространения звуков над неоднородной земной поверхностью внесли работы датского специалиста К. Расмуссена [Rasmussen, 1981, 1982, 1985]. Для ряда типовых поперечных профилей через насыпи и валы различной формы им проведены расчеты, подкрепленные результатами данных шумомеров. Важной деталью, на которую, в частности, указали его работы, является то, что звуковые волны разной частоты с различной интенсивностью преодолевают геоморфологические барьеры. В разных случаях (при отличном положении источника и приемника звука на профиле) та часть частотного интервала, на которую приходится наибольшее снижение уровня шума, – оказывается разная.

Впоследствии эмпирические данные К. Расмуссена и британского акустика Дж. Басса [Bass, 1992] обобщил в статье «К моделированию влияния профиля земной поверхности для расчетов шума в окружающей среде» Ю Лам [Lam, 1993].

На наш взгляд, со всей очевидностью можно утверждать, что вопрос геоморфологического фактора в распространении шума в приземном слое атмосферы разработан слабо. Кроме того, действующие нормативные документы и рекомендации не отражают ни современного уровня понимания атмосферной акустики, ни требований социального заказа на экологически комфортную среду. А между тем, нормативы рекомендуют все же «использовать шумозащитные свойства рельефа местности» (например, [СП 51.13330.2011]).

Материал и методы

Данное исследование базируется на результатах шумомерных работ, проведенных автором на нескольких ключевых участках в г. Курске и г. Тамбове летом 2014 года. В измерениях использовались шумомеры второго класса точности [по ГОСТ Р 53188.1-2008] с предельной инструментальной погрешностью – 1.5 дБ(А).

Для выявления собственно геоморфологического сигнала в изменении уровней шума проводились синхронные замеры эквивалентных уровней шума в точке на заданном удалении от автодороги (обычно 5–10 м) и в ряде характерных точек топографического профиля по линии перпендикуляра к ней. Первая точка – у дороги – получала наименование «база». Все точки на разных удалениях от базы именовались «станциями» с порядковым номером. Работа операторов шумомеров синхронизировалась – либо устно (на небольших расстояниях), либо с помощью раций (в условиях высокой зашумленности или на больших расстояниях). В зависимости от степени равномерности движения автомашин продолжительность замера могла составлять 1, 3 или 5 минут, в течение которых брались элементарные отсчеты уровней шума через каждые 2/3 секунды на высотах 1.2–1.5 метров над уровнем поверхности земли. Продолжительность замеров у железных дорог соответствовала времени прохождения поезда.

Перед началом замеров фиксировались метеорологические параметры, оказывающие существенное влияние на распространение шума: температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра на высоте около 1.5 метра над поверхностью земли. После серии замеров описывался собственно рельеф поверхности по линии профиля – расстояния и превышения между базой и каждой из станций.

Показания на дисплеях шумомеров снимались на видеофиксаторы вместе с дорожным трафиком. При обработке это позволяло обоснованно отсеивать экстремальные или просто сомнительные значения, а также определять причины резкого расхождения формы графиков уровней шума на базе и на станции (например, в случае быстрого смещения спектра шума в высокочастотную область при прохождении трамвая).

Для выявления различий в преодолении звуком разной частоты топографических барьеров на некоторых участках осуществлялись замеры в режиме А- и С-шумомера, т. е. с поправками по коррекционным кривым А и С. При измерении по кривой А «вес» низких частот в интегральной величине уровня звука занижается, низкие частоты как бы «угнетены» (рис. 3). Однако звук именно низких частот за счет рефракции волн у препятствий (в частности, перегибов поверхности) способен их огибать. Это происходит по причине того, что длина звуковых волн в низкочастотной части спектра сопоставима с размерами препятствий в реальном ландшафте – от метров до первых десятков метров. По предположению, в зонах звуковой тени, куда звуковые волны низких частот проникают лучше, чем волны более высоких частот, измерения с корректированием по кривой А должны были давать заниженные значения в сравнении с корректированием по кривой С.



Рис. 3. Коррекционные кривые для измерений уровней звука А и С
Fig. 3. A-weighting and C-weighting correction curves

Результаты исследования и их интерпретация

За все время проведения полевых работ получено около 25 000 единичных отсчетов уровней шума. Синхронные отсчеты сводились в таблицы Excel, позволяющие проводить с показателями уровней шума числовую обработку. Рассчитывались разницы синхронных отсчетов и среднее значение разницы за всю продолжительность замера. Именно показатели средней разницы уровней шума на базе и станциях взяты нами как основной показатель, демонстрирующий снижение (а иногда и относительное увеличение) уровней шума. Кроме того, вычислялся показатель корреляции рядов парных (база–станция) данных. Степень корреляции показывает, как с увеличением расстояния от магистралей растет значимость прочих источников шума и убывает значимость транспортного шума. Очевидно, что степень несхожести этих двух рядов уровней шума обуславливается, прежде всего, ростом роли прочих источников звука в

интегральном показателе. На рисунке 4 показаны фрагменты кривых уровней шума, измеренных на Курской объездной автодороге.

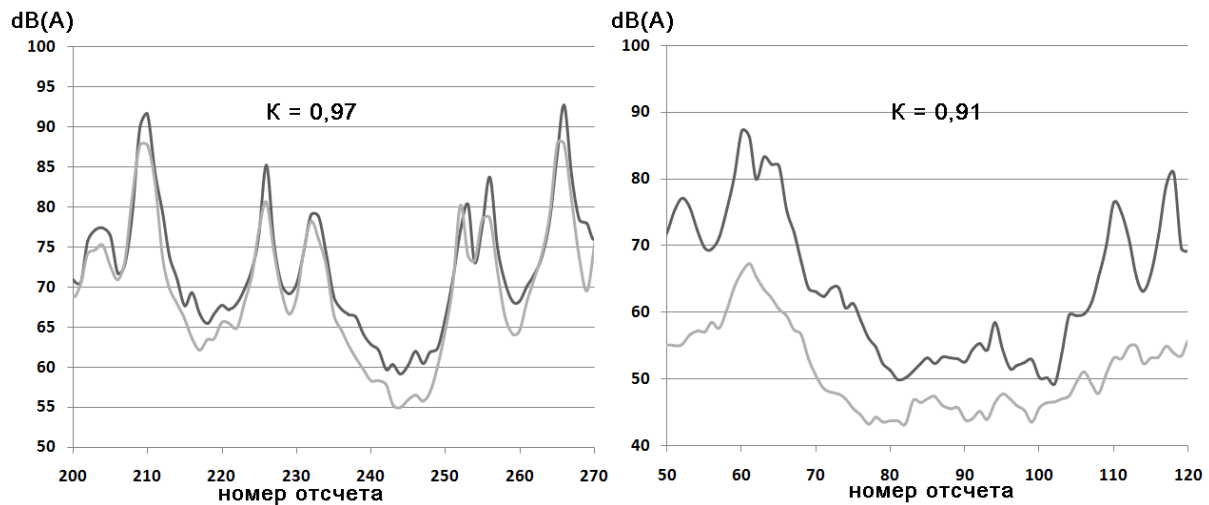


Рис. 4. Фрагменты кривых уровней шума на участке Курская объездная автодорога (КОАД) для замеров «база – станция №1» (слева) и «база – станция №4» (справа). Указаны коэффициенты парной корреляции рядов

Fig. 4. Fragments of noise level curves on the site «Kursk bypass highway» for measurement «base – station №1» (left) and «base – station №4» (right). K – coefficient of Pearson correlation for two rows

Левое изображение характеризует различия хода уровня шума для базы и ближайшей к ней станции, находящихся на одной высоте и разделенных лишь расстоянием в 3 метра. Правое изображение характеризует ход уровня шума на базе и наиболее удаленной от нее станции. Станция эта не имеет прямого визуального контакта с движущимся автомобильным потоком, находится в зоне звуковой тени за бровкой выемки примерно в 8 метрах от самой бровки. Однако, на описываемом участке совершенно нет сколько-нибудь существенного источника постороннего шума (ни древесной растительности, ни людей, ни примыкающих к основной артерии других дорог). Поэтому несмотря даже на значительные снижения уровней шума при движении от базы к станции №4 – до 20 дБ(А), – ход уровней шума на базе и станции обнаруживает значительное сходство (коэффициент парной корреляции равен 0.91). Иначе дело обстояло, когда замеры проводились в небольших рощицах с густой лиственной (особенно, мелколиственной) растительностью. В этих случаях (например, на последней станции участка «Кировский мост») разница между уровнями шума на базе и станции могла даже сокращаться. Т.е. уровни шума на станции приближались к исходным уровням шума от дороги, даже несмотря на общее удаление от нее.

Обобщенные результаты измерений по ряду наиболее интересных, на наш взгляд, участков сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Table 3

Средние разницы уровней шума на базе и станциях по профилям на ключевых участках и топографические особенности этих профилей
Mean differences of noise level on the base-point and the station-points on some profiles and topographic features of these profiles

Города	Участки (расстояние базы от источника, м)	Параметры	Б – Ст.1	Б – Ст.2	Б – Ст.3	Б – Ст.4	Б – Ст.5	Б – Ст.6	Характер рельефа по профилю (а также сторонние источники постоянного шума, вносящие систематическую ошибку)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курск	КОАД (3.5)	удаленность, м	6	9.5	12.5	20.5	-	-	Днище выемки (дорога) → склон выемки → исходная субгоризонтальная поверхность
		превышение, м	0	3.5	6	6	-	-	
		разница, дБ(А)	2.5	2.1	2.9	17.5	-	-	

Окончание таблицы 3
End of Table 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курск	Ул. За- польная (3.5)	удаленность, м	11.2	19.2	29.2	39.2	56	80	Гребень насыпи (дорога) → склон насыпи → подошва насыпи (шелест листвы)
		превышение, м	-3	-5.5	-9.5	-13	-14	-15	
		разница, дБ(А)	13.2	16.7	17.4	17.4	20	22.1	
	Парк Боро- дино (7.5)	удаленность, м	14	38	65	-	-	-	Плоская субгоризонтальная поверхность парка
		превышение, м	0	0	0	-	-	-	
		разница, дБ(А)	1.3	7.1	9	-	-	-	
	КГМУ (5)	удаленность, м	13	32	72	185	-	-	Гребень насыпи (дорога) → склон насыпи/балки → днище балки (шелест лист- вы) → дальняя бровка бал- ки
		превышение, м	-4	-9	-11	2	-	-	
		разница, дБ(А)	24	22.8	22.3	17	-	-	
	Кировский Мост (7.5)	удаленность, м	10.5	16	22.6	48.6	74.6	-	Гребень насыпи (дорога) → склон насыпи → подошва насыпи (шелест листвы)
		превышение, м	-1	-3.3	-7.9	-8.9	-8	-	
		разница, дБ(А)	7	17.2	15.8	15.2	11	-	
Тамбов	Ул. Карла Маркса (7.5)	удаленность, м	20	38	54	-	-	-	Плоская субгоризонтальная поверхность бульвара
		превышение, м	0	0	0	-	-	-	
		разница, дБ(А)	4	8.2	10.8	-	-	-	
	Ж/Д (6.8)	удаленность, м	12	28	49	-	-	-	Гребень насыпи (ж/д) → основание насыпи → субго- ризоньтальная поверхность
		превышение, м	-2	-2.5	-2.5	-	-	-	
		разница, дБ(А)	3.8	8.6	8.9	-	-	-	
	Озеро (3.5)	удаленность, м	8.5	41.5	70	75	-	-	Гребень насыпи (дорога) → основание насыпи → субго- ризоньтальная поверхность → бровка уступа котловины водохранилища → основа- ние этого уступа (шелест прибрежной высокой тра- вянистой растительности)
		превышение, м	-1.7	-0.5	-1.5	-	-	-	
		разница, дБ(А)	9.2	8.8	20	30.6	-	-	

Участки «Парк Бородино» в Курске и «Ул. Карла Маркса» в Тамбове были выбраны специально, чтобы показать, как убывает уровень звука при удалении от магистрали по субгоризонтальной поверхности, т.е. без влияния рельефа. На обоих участках обнаружили весьма схожие закономерности снижения уровней шума с удалением. График величины разницы между уровнями шума на базе и станциях имеет вид перевернутой гиперболы. Иными словами, сначала шум затухает быстро, но с удалением от шоссе затухание происходит все медленнее.

Участок «Курская объездная автомобильная дорога» (КОАД) является типовым при прохождении дороги в выемке. Станция №1 располагалась у основания склона выемки, станция №2 – в средней части склона, станция №3 – у бровки, станция №4 – в 8 метрах за бровкой, в области звуковой тени. На первых трех станциях снижения уровней шума характеризуются весьма близкими значениями – в пределах погрешности шумомеров. Однако, на наш взгляд, здесь проявляется «аккумулирующий», усиливающий эффект замкнутого пространства выемки (за счет интерференции звуковых волн). Поясним. На станции №2, больше удаленной от дороги, нежели первая станция, – разница с уровнями шума на базе даже чуть меньше (т.е. сами уровни шума в среднем выше). Более того, среди 426 пар элементарных синхронных отсчетов в данном замере в 121 случае уровни шума на станции даже выше, чем на базе. Для первой станции это значение – 70 из 426 элементарных отсчетов. Для третьей станции – на бровке – 87 из 428 отсчетов. В то время как на четвертой станции каждый отсчет меньше синхронного ему на базе.

На участке КОАД мы пытались оценить еще и другое проявление рельефа – влияние его на прохождение волн разной частоты. Для этого на станциях №№3 и 4 эквивалентные уровни звука оценивались двумя способами – с поправками по коррекционным кривым А и С. Исходное предположение о некоторой индифферентности звуковых волн низкой частоты к рельефу подтвердилось. Если на станции №3, на бровке выемки, разница между А и С замерами составила лишь 0.1 дБ, то на станции №4 – за бровкой, в зоне звуковой тени – эта разница составила сразу 7.4 дБ. Иными словами, уровень шума с учетом низких частот (режим С) существенно выше, нежели уровень шума, измеренный в режиме А-шумомера.

Интересны случаи, когда источник шума приурочен к гребню насыпи. Здесь, в зависимости от крутизны и высоты стенок, могут наблюдаться самые различные результаты. Это либо резкое снижение уровня шума к подошве насыпи, а затем – с удалением от нее – снова некоторое увеличение уровней шума (наблюдалось на участках «Кировский мост» и «Озеро»). Либо резкое же снижение до основания насыпи, а затем – до некоторого удаления – постоянные значения уровней шума (на участке «Железная дорога»). Естественно, что при удалении дальше некоторого предела, эти значения также начнут снижаться. Либо же, в третьем случае, снижение уровней шума до основания насыпи и дальнейшее понижение при удалении от нее (на участке «ул. Запольная»).

Особый интерес представляет участок «КГМУ», находящийся на ул. Перекальского г. Курска. Дорога здесь проходит по насыпи, ограничивающей с юга крупную балку. Таким образом, исходный рельеф участка оказался «подчеркнут» созданной антропогенной формой – насыпью. Замеры проводились в вечернее время, в отличие от остальных участков. Ближайшая к базе и дороге станция находилась в средней части высокого полигенетического склона насыпи-балки, следующая за ней – у основания склона, третья – у тальвега балки, в зарослях, последняя – у дальней бровки балки. Средняя разница между измеренными уровнями шума на базе и последней станции – несмотря на большое удаление – составила 17 дБ(А). В то же время, чем ближе находились остальные станции, тем меньше был средний уровень шума (и больше разница с базой). Самая «тихая» станция оказалась на склоне, уступают ей станции у основания склона и у тальвега балки, и еще более – самая удаленная станция. На наш взгляд, здесь к топографическому эффекту присовокупился эффект метеорологический. Проводя аналогии с прочими участками на насыпях, следовало бы ожидать, что наиболее «тихой» окажется либо станция у основания склона, либо станция у тальвега балки. Однако, эта закономерность нарушается – чем более удалена станция, тем более шумной она является. По всей видимости, это может быть связано с вечерней температурной инверсией. Ведь условные линии распространения звука – перпендикуляры к фронту звуковых волн – отклоняются в сторону более холодного воздуха, где скорость прохождения звука больше, тем самым компенсируя возникающую разницу звукового давления. При температурных инверсиях звуковые волны как бы «прижимаются» к земле. Другая вероятная причина состоит в том, что на последней станции на показатель интегрального уровня шума могли влиять сторонние источники – эта станция находится на жилой улице, однако это не объясняет аномалию значений, полученных на трех остальных станциях.

Заключение

Резюмируя, обозначим основные, полученные в работе, положения.

1) Геоморфологические и, в частности, топографические эффекты распространения шума на городских территориях изучены в слабой мере и почти не учтены в действующих нормативных актах. На деле, это приводит к тому, что в проектируемой застройке санитарные нормы по шуму могут соблюдаться фиктивно – расчетные данные будут показывать выполнение норм, в то время как данные шумомеров показали бы их несоблюдение.

2) Наибольшее влияние на распространение шума оказывает рельеф узкой полосы, непосредственно прилегающей к источнику шума, для автодорог обычно этот рельеф – антропогенный.

3) Принципиально отличаются по своему шумозащитному эффекту валы и насыпи любой природы, с одной стороны, и линейные понижения – с другой. Прокладка дорог по понижениям создает «аккумулирующий» эффект, когда на восходящих склонах уровни шума бывают не меньше, чем в нескольких метрах от источника звука. Однако, сразу за бровкой наблюдается резкое снижение уровней шума – формируется звуковая тень. В случаях, когда дорога проходит по насыпи, эффект иной – максимальная звуковая тень формируется в той или иной части склона, в зависимости от его крутизны, но обычно – в нижней части. А следом – при удалении от основания склона – уровни звука в разных ситуациях ведут себя по-разному, зачастую даже возрастая.

4) Звуковые волны низких частот существенно чаще огибают топографические барьеры, нежели волны средних и высоких частот. Происходит это за счет рефракции волн у препятствий, имеющих линейные размеры, сопоставимые с длинами волн.

Благодарности

Автор признателен Российскому фонду фундаментальных исследований (РФФИ) за финансовую поддержку работы (проект №14-05-31010 мол_а).

Список литературы References

1. Большов С.И., Харченко С.В. 2014. Экологические аспекты городского рельефа. В кн.: Экологическая геоморфология. Новые направления. М., Изд-во МГУ: 42–54.
Bolysov S.I., Kharchenko S.V. 2014. Environmental properties of urban terrain. In: *Ekologicheskaya geomorfologiya. Novye napravleniya* [Environmental geomorphology. New ways]. Moscow, Izd-vo MGU: 42–54. (in Russian)
2. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. (отв. ред.). 1996. Город-экосистема. М., ИГ РАН, 336.
Likhacheva E.A., Timofeev D.A. (otv. red.). 1996. *Gorod-ekosistema* [City-ecosystem]. Moscow, IG RAN, 336. (in Russian)
3. ГОСТ Р 53188.1-2008. Шумомеры. Часть 1. Технические характеристики. Дата введения 01.12.2009.
GOST R 53188.1-2008. Noise-level meters. Part 1. Technical characteristics. Date of introduction 01.12.2009. (in Russian)
4. Осипов Г.Л. (ред.). 1993. Защита от шума в градостроительстве. М., Стройиздат, 96.
Osipov G.L. (red.). 1993. *Zashchita ot shuma v gradostroitel'stve* [Noise protection in urban planning]. Moscow, Stroiizdat, 96. (in Russian)
5. Буадзе В., Овесов Г., Какабадзе М. 1981. Методические рекомендации и мероприятия по защите от шума жилой застройки с учетом сложного рельефа местности. Тбилиси, ТбилЗНИИЭП, 70.
Buadze V., Ovesov G., Kakabadze M. 1981. *Metodicheskie rekomendatsii i meropriyatiya po zashchite ot shuma zhiloy zastroyki s uchetom slozhnogo rel'efa mestnosti* [Guidelines and measures for noise protection on residential areas considering complex terrain]. Tbilisi, TbilZNIIEP, 70. (in Russian)
6. Розанов Л.Л. 2001. Технолитоморфная трансформация окружающей среды. М., Изд-во НЦ ЭНАС, 184.
Rozanov L.L. 2001. *Tekhnolitomorfnyaya transformatsiya okruzhayushchey sredy* [Techno-lithomorphological transformation of environment]. Moscow, Izd-vo NTs ENAS, 184. (in Russian)
7. Самойлюк Е.П. 1975. Борьба с шумом в градостроительстве. Киев, Будивельник, 128.
Samoilyuk E.P. 1975. *Vor'ba s shumom v gradostroitel'stve* [Noise protection in urban planning]. Kiev, Budivel'nik, 128. (in Russian)
8. Сеньющенко И.М. 2008. Анализ методов борьбы с транспортным шумом в городах на пересеченном рельефе. Вестник МГСУ, (4): 134–138.
Senyushchenkova I.M. 2008. Analysis of methods of traffic noise restriction in the cities with complex terrain. *Vestnik MGSU* [Vestnik MGSU], (4): 134–138. (in Russian)
9. Сеньющенко И.М. 2010. Акустические особенности распространения шума в пониженных формах рельефа местности. Известия высших учебных заведений. Строительство, (5): 91–99.
Senyushchenkova I. M. 2010. Acoustical features of noise propagation in terrain depression. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitel'stvo* [News of higher educational institutions. Construction], (5): 91–99. (in Russian)
10. СП 51.13330.2011. Защита от шума. Дата введения 20.05.2011.
SP 51.13330.2011. Noise protection. Date of introduction 20.05.2011. (in Russian)
11. Заборов В.И. (ред.). 1989. Справочник по защите от шума и вибрации жилых и общественных зданий. К., Будивельник, 160.
Zaborov V.I. (red.). 1989. *Spravochnik po zashchite ot shuma i vibratsii zhilykh i obshchestvennykh zdaniy* [Handbook of noise and vibration protection in residential and public buildings]. Kiev, Budivel'nik, 160. (in Russian)
12. Bass J.H. 1992. Noise assessment at Carland Cross wind farm site. In: Proc. of the wind turbine noise workshop. Energy technology support unit of the UK department of trade and industry. UK, Harwell: 137–142.
13. Humphreys W.J. 1921. Meteorological acoustics. *Journal of the Franklin Institute*, 191 (5): 581–606.
14. Lam Y.W. 1993. On the modelling of the effect of ground terrain profile in environmental noise calculations. *Applied Acoustic*, (42): 99–123.
15. Rasmussen K.B. 1981. Sound propagation over grass covered ground. *Journal of Sound and Vibration*, 78 (2): 247–255.
16. Rasmussen K.B. 1982. Propagation of road traffic noise over level terrain. *Journal of Sound and Vibration*, 82 (1): 51–61.
17. Rasmussen K.B. 1985. On the effect of terrain profile on sound propagation outdoors. *Journal of Sound and Vibration*, 98 (1): 35–44.
18. Van Renterghem T., Botteldooren D., Lercher P. 2007. Comparison of measurements and predictions of sound propagation in a valley-slope configuration in an inhomogeneous atmosphere. *Journal of Acoustic Society of America*, 121 (5): 2522–2534.

УДК 911.(571.55)

**МОНОСПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ГОРОДСКИЕ ПОСЕЛЕНИЯ
ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ: ТИПОЛОГИЯ И ПРОБЛЕМЫ
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

**MONOSPECIALIZED URBAN SETTLEMENTS OF ZABAYKALSKY KRAI:
TYPOLOGY AND PROBLEMS OF SOCIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT**

**О.Н. Гурова
O.N. Gurova**

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, Россия, 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а, а/я 521

Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the Siberian Branch RASciences, 16a Nedorezov St, Chita, 672014, Russia, p.o. box 521

E-mail: lesg@bk.ru

Ключевые слова: Забайкальский край, моноспециализированные поселения, типы монопоселений, социально-экономические проблемы монопоселений, перспективы.

Key words: Zabaikalsky kraj, monospecialized settlements, types of monosettlements, social and economic problems of monosettlements, prospects.

Аннотация. В настоящее время проблема функционирования и социально-экономического развития моногородов в России, возникших исторически, приобрела особую актуальность. В статье рассматриваются моноспециализированные населенные пункты Забайкальского края, включенные в перечень, составленный на основе предложений субъектов РФ и одобренный Рабочей группой по модернизации моногородов при Правительственной комиссии по повышению устойчивости российской экономики. Автором анализируется классификация, проблемы и перспективы, а также подсчитан индекс устойчивости данных поселений. Отмечена общность проблем поселений, зависимость перспектив развития поселений от численности населения.

Resume. At present the problem of functioning and socio-economic development of historically emerged monotowns in Russia acquired a special urgency. In the article the monospecialized settlements of Zabaykalsky Krai included in the list made on the basis of offers of territorial subjects of the Russian Federation and approved by the Working group on modernization of monotowns at the Government commission on increase of stability of the Russian economy are considered. The author analyzes the classification, problems and prospects of monosettlements and has calculated the stability index of these settlements. The community of problems of settlements, dependence of prospects of development of settlements on population is noted. The economy of many monospecialized cities is concentrated and depends on one city-forming enterprise. In such settlements (the city, the settlement) life and wellbeing of people are closely connected with the activity of one (or several) city-forming enterprises. The city-forming enterprise carries out not only economic, but also social loading, in the prevailing measure providing activity conditions in the settlement. Because of sharp drop of demand in the markets for production of the city-forming enterprises their owners had to reduce outputs, to send workers on forced leaves, to transfer them to a part-time work, or to dismiss altogether. Primary branches of economy of monotowns are the metallurgy, mining and the forest industry. The objective of this research – to analyse regional specificity of monospecialized settlements of Zabaykalsky Krai. In connection with that the following problems were solved: to reveal features and problems of monosettlements, to carry out typology of monosettlements of the area. The accent of research is moved to city settlements, as overwhelming number of monospecialized settlements – the city and the settlement of city type. The analysis is based on data of the official site of the Ministry of economic development of Zabaykalsky Krai, web resources, the literature analysis with application of comparative and geographical, cartographical methods. The object of research were monospecialized settlements of Zabaykalsky Krai.

The carried-out typology of the considered monospecialized settlements of Zabaykalsky Krai showed a community of their problems: high degree of monostructure of economy of settlements, negative demographic processes, economic problems at the city-forming enterprises. The share of the city-forming enterprises in the main socio-economic indexes of monospecialized settlements is high. Budgets of the considered settlements are subsidized: the most part is made by gratuitous receipts of budgets of other levels (on average 50%). The main share of the entering receipts is formed at the expense of the city-forming enterprises and taxes on the income of individuals. Thus, dependence of settlements on the activity of the city-forming enterprises remains. Now the differentiated policy in the solution of problems of monospecialized settlements is offered: actions and mechanisms of development and support depending on a social and economic situation. In the consideration of prospects of monosettlements the criterion of population is very important. Development of alternative productions (diversification of economy due to implementation of projects in spheres of economy, non-adjacent activity of the city-forming enterprise) is the most difficult and important point in the solution of problems of monotowns. For such settlements overcoming of a monoprofile, activity diversification that is in turn connected with existence of investment projects is promising.



Введение

Моноспециализированные поселения образовывались как способ адаптации территориальной организации производительных сил к основным экономическим, геополитическим, климатическим и географическим условиям государства. По данным Экспертного института (г. Москва) в 2001 г. в список монопоселений вошло 467 городов и 332 поселка городского типа, в которых проживало около 25% всего городского населения страны (25 млн. чел.) Согласно критериям Миррегионразвития РФ в начале 2009 г. в России насчитывалось 466 моногородов, в которых проживало около 15% населения страны [Анимича и др., 2010]. Экономика многих моноспециализированных городов сконцентрирована и зависит от одного градообразующего предприятия. В таких поселениях (город, поселок) жизнь и благополучие людей тесно связано с деятельностью градообразующего (или нескольких) предприятия. Градообразующее предприятие выполняет не только экономическую, но и социальную нагрузку, в преобладающей мере обеспечивая условия жизнедеятельности в населенном пункте. Из-за резкого падения на рынках спроса на продукцию градообразующих предприятий их владельцам пришлось сократить объемы производства, отправлять рабочих в вынужденные отпуска, переводить их на частичную занятость, или вовсе увольнять. Основными отраслями экономики моногородов являются металлургия, добыча полезных ископаемых и лесная промышленность.

Актуальность данной темы состоит не только в том, что моногорода являются «болевыми точками всей экономики и очагами социальной напряженности, но и в отсутствии полной инвентаризации моногородов, их комплексной оценки, анализа населения, факторов и условий развития» [Дугарова, 2012, с. 17]. Цель данного исследования – проанализировать региональную специфику моноспециализированных поселений Забайкальского края. В связи с чем решались следующие задачи: выявить особенности и проблемы монопоселений, провести типологию монопоселений края. Акцент исследования переносится на городские поселения, так как подавляющее количество моноспециализированных поселений – город и поселок городского типа.

Объекты и методы исследования

В географических исследованиях широко используется типологический подход, предполагающий систематизацию территориально-общественных систем на основе общих признаков. Классификация и группировка систем по определенным типам дает возможность использовать модели и конструкции, выявить тенденции перспективного развития, которые учитываются в прогнозных и программных документах. Сравнительно-географический метод является не только обязательным этапом региональной диагностики, но и важным, востребованным атрибутом экономической и социальной географии [Шарьгин, Столбов, 2007]. Исходя из этого, нами анализировались следующие признаки: численность населения, безработица, удаленность от краевого центра, отрасли промышленности, доля работающих на градообразующем предприятии от численности экономически активного населения, финансовый результат предприятия, типы ситуаций и перспективы. Анализ основывается на данных официального сайта министерства экономического развития Забайкальского края, веб-ресурсах, литературном анализе с применением сравнительно-географического, картографического методов. Объектом исследования явились моноспециализированные поселения Забайкальского края.

Результаты и обсуждение

Читинская область (с 1 марта 2008 г. Забайкальский край), достаточно богатая природными ресурсами, являлась регионом с сырьевой направленностью экономики, что отразилось на специализации городских населенных пунктов. Особенности природно-минерального потенциала территории обусловили специфику населенных пунктов, выражающуюся в привязке к данным ресурсам (табл. 1).

Структура монопоселений по численности населения (по классификации В.М. Булаева) [Булаев, Федотова, 2000] показывает преобладание в ней малых (менее 5 тыс. чел.) поселений. Два поселения относятся к средним (с численностью жителей от 5 до 9 тыс.) и два к большим (более 10 тыс. чел.). По численности населения только г. Краснокаменск относится к средним по размеру моногородам (от 50 до 100 тыс. чел.). Численность населения в данных поселениях Забайкальского края составляет 9,8% от численности населения Забайкальского края (рис.).

Таблица 1
Table 1

Моноспециализированные поселения Забайкальского края
Monospecialized settlement of Zabaykalsky Krai

№ пп	Населенный пункт	Численность населения (на начало года, чел.)		Градообразующее предприятие	Численность работающих на градообразующем предприятии, 2012 г. (чел.)
		2007	2013		
1	г. Краснокаменск (Краснокаменский район)	57781	55200	ОАО «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ОАО «ППГХО»)	9281
2	пгт. Шерловая Гора (Борзинский)	14273	12522	ОАО «Разрез Харанорский» (входит в состав ОАО «СУЭК»)	982
3	пгт. Первомайский (Шилкинский)	12987	12138	ОАО «Забайкальский горно-обогатительный комбинат»	450
4	пгт. Кокуй (Сретенский)	8275	7462	ООО «Сретенский судостроительный завод»	320
5	пгт. Вершино-Дарасунский (Тунгокоченский)	6566	6054	ООО «Дарасунский рудник»	577
6	пгт. Новопавловка (Петровск-Забайкальский)	4010	3780	ООО «Мебельный комбинат "Рассвет"»	62
7	пгт. Жирекен (Чернышевский)	4156	4559	ОАО «Жирекенский горно-обогатительный комбинат», ООО «Жирекенский ферромолибденовый завод»	849 382
8	пгт. Новоорловск (Агинский)	2927	3100	ЗАО «Новоорловский ГОК»	485
9	пгт. Усть-Карск (Сретенский)	2039	1912	ОАО «Прииск Усть-Кара»	477
	Всего:	114275	108264		

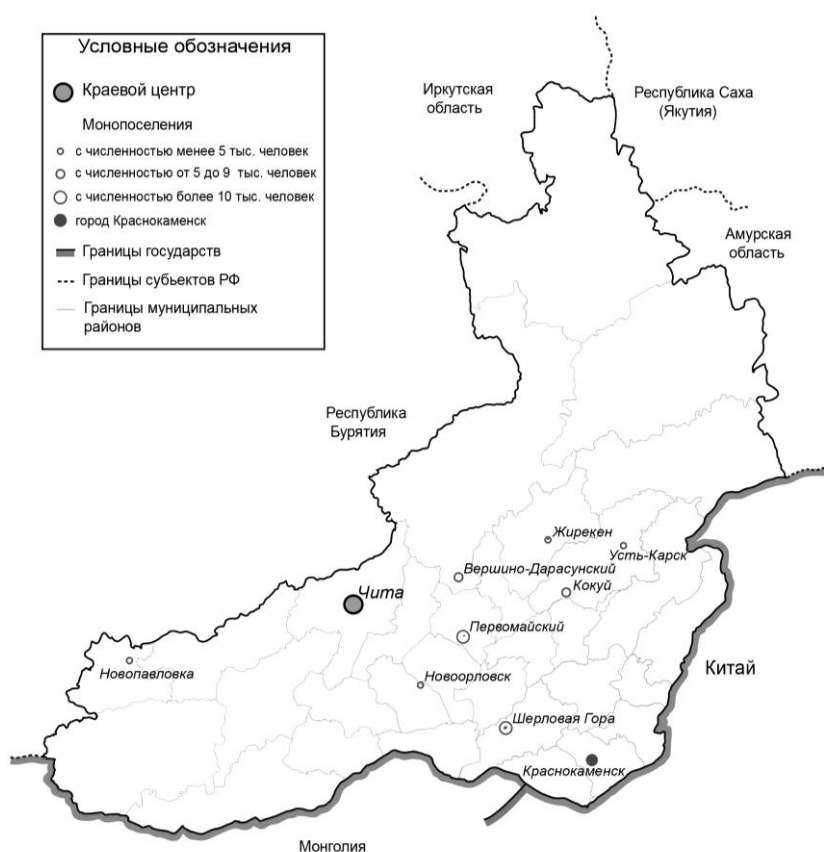


Рис. Моноспециализированные поселения Забайкальского края
Fig. Monospecialized settlement of Zabaykalsky Krai



Демографическую ситуацию в поселениях можно охарактеризовать как проблемную, что обусловлено влиянием ряда негативных факторов, в числе которых можно выделить миграционный отток населения, отрицательный естественный прирост. Миграционная убыль объясняется оттоком экономически активного населения с целью поиска стабильной работы. По степени безработицы преобладают монопоселения с низким уровнем официально зарегистрированной безработицы (в пределах от 0,7% в Краснокаменске до 3,3% в Новопавловке). Реальный уровень безработицы в этих цифрах не отражен. Еще в 2000 г. В.М. Булаев отмечал, что «неблагоприятными в отношении использования трудового потенциала являются горнорудные поселения, определяющие общее состояние в моноструктурных единицах региона. К 1998 г. 52% горнорудных поселков превысили среднеобластной уровень безработицы» [Булаев, Федотова, 2000, с. 40]. По официальным данным уровень безработицы в Забайкальском крае в 2012 г. составил 2,1%, а по данным поселениям – 14,1%.

По классификации монопоселений по видам отраслей промышленности [Дроздецкая, 2011] из выделенных моноспециализированных поселений Забайкальского края можно выделить несколько групп.

1. Поселения, связанные с природно-ресурсным потенциалом страны. Как правило, возникшие в связи с разработкой и промышленным освоением тех или иных природных ресурсов. Сюда относятся большинство поселений: г. Краснокаменск, Вершино-Дарасунское, Усть-Карское, Новоорловск, Первомайское, Шерловогорское, Жирекенское.

2. Поселения, монопрофильность которых обусловлена узкоспециализированными предприятиями обрабатывающей промышленности (в т. ч. по первичной переработке сырья). Сюда относится г.п. Новопавловское.

3. Поселения, в которых в качестве основных градообразующих предприятий являются объекты промышленного комплекса. Сюда относится г.п. Кокуйское, основными производственными функциями градообразующего предприятия поселения являются судостроение, судоремонт, судовое машиностроение.

Для монопоселений характерна большая зависимость от деятельности градообразующего (или нескольких) предприятий. Таким образом, все монопоселения делятся на поселения с одним крупным предприятием или с несколькими предприятиями одной отрасли или направленными на выполнение одной функции. Различают два вида моноспециализированных поселений с крупным предприятием – находящиеся в зоне влияния крупных холдинговых компаний и поселения, с самостоятельными предприятиями традиционных отраслей промышленности [Дроздецкая, 2011]. По этой классификации в крае выделяется три поселения, находящиеся в зоне влияния крупных компаний – город Краснокаменск, пгт. Шерловогорское и пгт. Жирекен. Градообразующим предприятием в городском поселении «Город Краснокаменск» является открытое акционерное общество «Приаргунское производственное горно-химическое объединение» (ОАО «ППГХО»). ОАО «ППГХО» входит в состав Уранового холдинга «АРМЗ» (ОАО «Атомредметзолото») – одного из лидеров мировой добычи урана, крупнейшей уранодобывающей компании. На долю ППГХО приходится 8,3% мирового объема добычи урана. Развитие городского поселения Шерловогорское связано, прежде всего, с развитием предприятия угольной отрасли, расположенного на территории поселения – ОАО «разрез Харанорский», которое входит в состав ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания» (ОАО «СУЭК»). Градообразующее предприятие п. Жирекен «Жирекенский ГОК» входит в структуру крупнейшего в России производителя ферромолибдена – ЗАО «Союзметаллресурс».

Остальные поселения относятся к поселениям с самостоятельными предприятиями традиционных отраслей промышленности. В поселении «Кокуйское» – градообразующее предприятие ООО «Сретенский судостроительный завод» финансово неустойчиво. Предприятие нуждается в увеличении производственной загрузки для стабилизации финансового положения. С 2002 года завод не имеет заказов по основному профилю (судостроению), находясь на грани выживания за счет заказов местных предприятий.

В п. «Новопавловское» на градообразующем предприятии ООО «МК «Рассвет» в 2011 г. наблюдалось снижение показателей деятельности предприятия (сокращения занятых, снижение объемов производства) и в 2014 г. предприятие подало документы на банкротство. В городском поселении «Первомайское» с конца 1980-х годов действует градообразующее предприятие, недропользователь ОАО «Забайкальский горно-обогатительный комбинат» (ОАО «ЗабГОК»). Вся инфраструктура поселка была создана при участии этого предприятия. В 2009 году среднесписочная численность работающих на градообразующем предприятии составляла 652 человека, а на 1 января 2012 года – 394 человека. Такое сокращение обусловлено снижением объемов производства. Тяжелое финансовое положение комбината вызвано не только кризисными явлениями в финансово-экономической деятельности предприятий-потребителей продукции, снизивших спрос и цены на флюорит, но и значительным ростом тарифов на топливно-энергетические ресурсы. Большинство подразделений комбината простаивают по причине отключения пара и тепловой энергии в связи с большой задолженностью перед ОАО

«ТГК-14» за топливно-энергетические ресурсы. По состоянию на 2014 г. предприятие на грани банкротства.

В 2008–2009 годах градообразующие предприятия поселка Жирекен – ОАО «Жирекенский ГОК» и ООО «Жирекенский ферромолибденовый завод» работали в режиме неполной занятости, что обусловлено снижением объемов производства. Градообразующее предприятие «Жирекенский ГОК» в конце 2013 г. был законсервирован из-за снижения мировых цен на молибден.

Серьезной по значимости проблемой монопоселений Забайкальского края является экологическая. Общей задачей для рассматриваемых поселений является реконструкция очистных сооружений, давно введенных в эксплуатацию и имеющих 100% износ. Проекты по их развитию имеют высокую степень экологической эффективности, поскольку имеет место превышение норматива сброса загрязненных сточных вод в водные объекты. Например, в Краснокаменске имеющиеся производственные мощности очистных сооружений не обеспечивают требуемую степень очистки сточных вод, что планируется устранить после ввода новых и реконструкции существующих очистных сооружений. Системы водоочистки очистных сооружений п. Шерловая Гора не отвечают установленным требованиям к их эксплуатации. Существующее оборудование (отстойники, биофильтры и прочее) устарело и находится в аварийном состоянии. Срок использования оборудования очистных составляет более 30 лет и, ввиду значительного износа и потери его технологических характеристик, не позволяет обеспечивать нормативный уровень очистки. Реализация мероприятий по реконструкции очистных сооружений позволит достичь повышения качества предоставляемых услуг, улучшение экологической ситуации, улучшения показателей очистки и нормативов допустимого сброса веществ.

В соответствии с методикой, представленной в статье А. Габуева [Габуев, 2014], нами был подсчитан индекс устойчивости данных поселений Забайкальского края к кризисам (уровень проблемности) (по состоянию на 2012 г.) (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Индекс устойчивости моногородов к кризисам (уровень проблемности) (на 2012 г.), в баллах*

Sustainability Index monocities to crises (level of problem) (in 2012), in points

Населенный пункт	Доля работающих на ГРОП от численности экономически активного населения	Финансовый результат ГРОП на 2012 г.	Безработица в населенном пункте	Удаленность от краевого центра	Общая оценка социальной напряженности	Итого
Вершино-Дарасунское	20	25	0	10	0	55
Шерловгорское	20	5	0	10	0	35
Усть-Карское	25	15	0	10	0	50
Новопавловское	5	-	5	10	5	25**
Кокуйское	10	-	0	10	5	25
Краснокаменск	25	30	0	10	10	75
Жирекенское	25	25	0	10	0	60
Новоорловск	25	15	5	5	0	50
Первомайское	15	15	0	10	0	40

Примечание: * – баллы начислялись в соответствии с методикой, представленной в работе [Габуев, 2014]; ** – Новопавловка в 2011 г. по подсчетам попала в группу со средним уровнем риска, в 2012 г. резкое сокращение численности работников на градообразующем предприятии (ГРОП) формально снизило уровень риска, реально он более высокий – (средний).

Индекс дает представление о том, в каких населенных пунктах ситуация на градообразующем предприятии грозит перерасти в социальные взрывы. Уровень проблемности оценивался по пяти критериям, которые имеют различный удельный вес в итоговой оценке города. Наибольший вес среди критериев имеют финансовые показатели градообразующего предприятия. Максимальные 35 баллов получают обанкроченные или находящиеся в стадии ликвидации предприятия или с убытком более 1 млн. руб. Второй важный критерий – доля работников градообразующего предприятия в населении города. Максимально 25 баллов начислялось населенным пунктам, в которых на градообразующем предприятии работает более 20% от численности экономически активного населения. Максимальные 10 баллов дают два критерия: удаленность от региональных экономических центров и общая оценка социальной напряженности в городе. Наименьший вес в индексе имеют данные по безработице, так как цифры офи-



циальной статистики по безработице отличаются от реальных. В итоге монопрофильные населенные пункты разделены по уровню рисков на группы: средний уровень (35–45 баллов) – Кокуйское, Новопавловское, Первомайское, Шерловая Гора; высокий уровень (50–60 баллов) – Усть-Карское, Жирекен, Новоорловск, Вершино-Дарасунский; критический (65 и более баллов) – Краснокаменск. Поселения попали в группу с высоким и критическим уровнем риска в связи с тем, что высока доля работающих на градообразующих предприятиях этих поселений, она выше 20% и в финансовом результате предприятия имеется убыток. Непростая ситуация сложилась на ОАО «ППГХО» к весне 2014 г., когда появилась угроза массового сокращения работников. В городе прошли акции протеста против массового сокращения. На предприятии с 2009 года наблюдается тенденция по снижению выпуска концентрата природного урана в связи с сокращением содержания урана в руде, что ведет к росту издержек производства. В связи с чем назрела необходимость в разработке мероприятий, направленных на сокращение затрат производства и недопущение массового сокращения. Возможный механизм поддержки поселений приводится в таблице 3.

Таблица 3
Table 3

Типы монопоселений по проблемам и перспективам развития
Types monoposeleny on problems and prospects of development

Населенный пункт	Вид моноструктурности	Характерные проблемы градообразующего предприятия	Тип монопоселения (ситуации)*	Индекс устойчивости к кризисам (уровень социальных рисков (в баллах))	Возможный механизм развития и поддержки (модель) (по исследованию Базэла)**
г. Краснокаменск	горнодобывающее	рост издержек производства, (снижение прибыли), износ основных фондов, недостаточность трудовых ресурсов	Производственная площадка	75 (критический)	Индустриальная диверсификация
пгт. Шерловая Гора	горнодобывающее	износ основных фондов, сокращение объемов добычи	Слабеющее	35 (средний)	Стабильный моногород
пгт. Первомайский	горнодобывающее	снижение объемов производства, спроса на продукцию	Слабеющее	40 (средний)	Стабильный моногород
пгт. Кокуй	(профиль: судостроение). В настоящее время: строительство и производство оборудования	снижение спроса на продукцию предприятия, неопределенность перспектив развития основного производства	Угасающее	25 (средний)	Стабильный моногород
пгт. Вершино-Дарасунский	горнодобывающее	снижение объемов добычи (снижение прибыли)	Слабеющее	55 (высокий)	Стабильный моногород
пгт. Новопавловка	заготовка и первичная обработка древесины	снижение объемов производства, сокращение численности занятых	Угасающее	25 (средний)	Стабильный моногород
пгт. Жирекен	горнодобывающее	консервация (2014 г.)	Угасающее	60 (высокий)	Управляемое сжатие
пгт. Новоорловск	горнодобывающее	недостаточность квалифицированных кадров, снижение прибыли	Слабеющее	50 (высокий)	Стабильный моногород
пгт. Усть-Карск	горнодобывающее	снижение прибыли	Слабеющее	50 (высокий)	Стабильный моногород

Примечание: * – по [Жога, 2010]; ** – группа компаний «Базовый Элемент» (Базэл) – российская финансово-промышленная группа. Структуры «Базового Элемента» управляют активами и владеют значительными долями в десятках компаний. Исследование, посвященное поиску новых моделей функционирования моногородов России, было проведено Центром стратегических разработок (ЦСР) в 2013 году по заказу «Базового Элемента».

Типы монопоселений выделяются исходя из анализа ситуации в поселении. Например, выделяются следующие типы монопоселений [Жога, 2010]: «точки роста», «производственные площадки», «слабеющие». В монопоселениях края типа «точки роста» нет, т. к. сюда относятся сильные, сравнительно крупные города с позитивной демографической ситуацией, центры, обладающие, несмотря на монопрофильность диверсифицированной экономикой. Тип «производственные площадки» – города с якорным предприятием, но неблагоприятной демографической обстановкой. К нему можно отнести г. Краснокаменск. Тип «слабеющий» – преобладают негативные демографические процессы, – это небольшие поселения, с характерными проблемами на градообразующем предприятии. Нами дополнен тип «угасающие». На наш взгляд это те поселения, ситуация на градообразующем предприятии которых критическая. Таких из рассмотренных поселений выделено три (см. табл. 3).

В настоящее время предлагается [Базовый Элемент, 2014] дифференцированная политика в решении проблем моноспециализированных поселений: мероприятия и механизмы развития и поддержки в зависимости от социально-экономической ситуации. Предлагаются три модели: «управляемое сжатие», «стабильный моногород» и «индустриальная диверсификация». Модель «Управляемое сжатие» применима для монопоселений, в которых градообразующее предприятие закрывается и представляет собой комплекс мер по оптимизации территории поселения и обеспечению занятости/переселения жителей при консервации или закрытии градообразующего предприятия. Отъезду переселенцев предшествует поиск нового места работы. Не желающие уезжать, остаются. При расконсервации предприятия возможен запуск производства. По России эта модель может быть применена к 20% монопоселений. Модель «Индустриальная диверсификация» может быть применена для городов, имеющих инвестиционный потенциал. Ядром модели могут стать муниципальные индустриальные парки, которые являются наиболее удобной формой организации деятельности среднего бизнеса. Модель «Стабильный моногород» – для поселений с работающим градообразующим предприятием, но без потенциала развития альтернативной экономики. Развитие этих монопоселений связывается с политикой направленной на точечное решение ключевых инфраструктурных и социальных проблем. Как отмечал В.М. Булаев, «...исключается перспектива не только их полной ликвидации, но даже перехода в сельский статус, поскольку регион «сдаёт» тогда важнейшие форпосты хозяйственного освоения территории» [Булаев, Федотова, 2000, с. 72].

Заключение

Проведенная типология рассмотренных моноспециализированных поселений Забайкальского края показала общность их проблем: высокая степень моноструктурности экономики поселений, негативные демографические процессы, экономические проблемы на градообразующих предприятиях.

Доля градообразующих предприятий в основных социально-экономических показателях моноспециализированных поселений высока. Так доля работающих на предприятиях от численности экономически активного населения в среднем составляет 30% (на 2012 г.) (33% в 2009 г.). Доля поступлений сумм налогов от градообразующих организаций в местный бюджет (%) – 49.9 (2012 г.) (45.6% в 2009 г.). Доля градообразующих предприятий в объеме отгруженных товаров, выполненных работ и услуг собственного производства (в среднем по поселениям) – 67.5% (2012 г.) (77.8% в 2009 г.). Бюджеты рассмотренных поселений являются дотационными: большую часть составляют безвозмездные поступления из бюджетов других уровней (в среднем 50%). Основная доля входящих поступлений формируется за счет градообразующих предприятий и налогов на доходы физических лиц. Таким образом, сохраняется зависимость поселений от деятельности градообразующих предприятий.

При рассмотрении перспектив монопоселений очень важное значение имеет критерий численности населения. Закрытие (консервация) производства, порождающее безработицу и социальные проблемы жизнедеятельности населения в небольших по численности поселках при выработанном месторождении и высоком миграционном оттоке, наиболее вероятно, ожидает перспектива их угасания. Крупные по численности монопрофильные поселения, в которых процесс узкоспециализированной экономики охватывает большое число населения, имеют большую вероятность социальных взрывов и сложностей при экономической нестабильности их градообразующих предприятий. Для крупных поселений также более высока вероятность привлечения финансовой федеральной поддержки.

Развитие альтернативных производств (диверсификация экономики за счет реализации проектов в сферах экономики, несмежных деятельности градообразующего предприятия) является наиболее сложным и важным пунктом в решении проблем моногородов. Перспективным для таких поселений является преодоление монопрофильности, диверсификация деятельности, что в свою очередь связано с наличием инвестиционных проектов. В рассмотренных монопоселениях края разработаны мероприятия, направленные, в основном, на реконструкцию коммунальной инфраструктуры, развитие малого бизнеса, а альтернативные инвестиционные проекты не реализуются.



Необходима не только разработка планов по развитию монопоселения, но и их выполнение. Только два поселения (г. Краснокаменск и пос. Первомайский) в 2011 г. получили государственную поддержку из федерального бюджета на строительство объектов инженерной инфраструктуры для реализации альтернативных инвестиционных проектов и развитие малого предпринимательства [Бартош, 2012]. Очевидно, что проблемы моногородов не удастся решить быстро. Инвестиции на восстановление экономики в моногородах первоначально должны направляться не только на реконструкцию градообразующего предприятия, но и в отрасли, обеспечивающие удовлетворение текущих потребностей населения: переработка продукции растениеводства и животноводства; индивидуальный пошив одежды и обуви; производство строительных материалов из местного сырья (дерева, камня, песка); ремонт бытовой техники и транспортных средств; различные услуги, включая рекреационные, туристические, информационные. Такая направленность инвестиций позволит сделать экономику моногорода многоотраслевой и многофункциональной [Анимица и др., 2010].

Список литературы References

1. Анимица Е.Г., Бочко В.С., Пешина Э.В., Анимица П.Е. 2010. Концептуальные подходы к разработке стратегии развития монопрофильного города. Екатеринбург, Изд-во УрГЭУ, 81.
Animica E.G., Bochko V.S., Peshina Je.V., Animica P.E. 2010. Konceptual'nye podhody k razrabotke strategii razvitiya monoprofil'nogo goroda [Conceptual approaches to working out of strategy of development of a monoprofile city]. Ekaterinburg, Izd-vo UrGJeU, 81. (in Russian)
2. «Базовый элемент» представляет результаты исследования, посвященного поиску новых моделей функционирования моногородов России. 2014. Электронный ресурс. URL: http://www.basel.ru/sectornews/basel_29_01_14/ (2 апреля 2014).
«Basic Element» represents results of the research devoted to search of new models of functioning of monocities of Russia. 2014. Available at: http://www.basel.ru/sectornews/basel_29_01_14/ (accessed 2 April 2014). (in Russian)
3. Бартош А.А. 2012. Моногорода: пути и механизмы социально-экономической реабилитации. В кн.: Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Географические исследования экономических районов ресурсно-периферийного типа» (г. Чита, 4–5 октября 2012 г.). Чита: 55–58.
Bartosh A.A. 2012. Monocities: ways and mechanisms of social and economic rehabilitation. In: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Geograficheskie issledovaniya jekonomicheskikh rajonov resursno-periferijnogo tipa» (g. Chita, 4–5 oktjabrja 2012 g.) [Materials of the All-Russia scientifically-practical conference «Geographical researches of economic region of resursno-peripheral type» (Chita, 4–5 October 2012)]. Chita: 55–58. (in Russian)
4. Булаев В.М., Федотова В.К. 2000. Проблемы моноструктурных поселений в Восточном Забайкалье: Методология исследования. Практика. Улан-Удэ, Изд-во БНЦ СО РАН, 84.
Bulaev V.M., Fedotova V.K. 2000. Problemy monostrukturnyh poselenij v Vostochnom Zabajkal'e: Metodologija issledovaniya. Praktika [Problems of monostructural settlements in East Transbaikalia: Research methodology. Practice]. Ulan-Ude, Izd-vo BNC SO RAN, 84. (in Russian)
5. Габуев А.Т. 2014. Моногороде. Коммерсантъ Власть, (2): 15.
Gabuev A.T. 2014. Monogorod'e. Kommersant# Vlast', (2): 15. (in Russian)
6. Дугарова Г.Б. 2012. Социально-экономические аспекты развития моноспециализированных городов. В кн.: Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Географические исследования экономических районов ресурсно-периферийного типа» (г. Чита, 4–5 октября 2012 г.). Чита: 17–21.
Dugarova G.B. 2012. Social and economic aspects of development of monospecialized cities. In: Materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Geograficheskie issledovaniya jekonomicheskikh rajonov resursno-periferijnogo tipa» (g. Chita, 4–5 oktjabrja 2012 g.) [Materials of the All-Russia scientifically-practical conference «Geographical researches of economic region of resursno-peripheral type» (Chita, 4–5 October 2012)]. Chita: 17–21. (in Russian)
7. Дроздецкая А.А. 2011. Виды и типология моногородов современной России. Московское научное обозрение, (8): 58–62.
Drozdeckaja A.A. 2011. Kinds and typology of monocities of modern Russia. Moskovskoe nauchnoe obozrenie, (8): 58–62. (in Russian)
8. Жога Г. 2010. Печалька для городков. Эксперт Урал, (1). Электронный журнал. URL: <http://www.expert-ural.com/archive/1-449/pechalka-dlya-gorodkov.html> (16 апреля 2014)
Zhoga G. 2010. Little sadness for towns. Jekspert Ural, (1). Jelektronnyj zhurnal. Available at: <http://www.expert-ural.com/archive/1-449/pechalka-dlya-gorodkov.html> (accessed 16 April 2014). (in Russian)
9. Шарыгин М.Д., Столбов В.А. 2007. Введение в экономическую и социальную географию. М., Дрофа, 60.
Sharygin M.D, Stolbov V.A. 2007. Vvedenie v jekonomicheskiju i social'nuju geografiju: uchebnoe posobie dlja vuzov [Introduction in economic and social geography]. Moscow, Drofa, 60. (in Russian)



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абрамова Лариса Михайловна – доктор биологических наук, профессор, заведующая лабораторией; Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН. г. Уфа, Башкортостан, Россия
- Анненков Сергей Алексеевич – аспирант; Курский государственный университет . г. Курск, Россия
- Атемасова Татьяна Андреевна – кандидат биологических наук, доцент; Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина. г. Харьков, Украина
- Балабина Наталья Андреевна – кандидат биологических наук, доцент; Курский государственный университет. г. Курск, Россия
- Белеванцев Валерий Григорьевич – старший преподаватель; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Белоконь Артем Леонидович – аспирант; Курский государственный университет. г. Курск, Россия
- Буряк Жанна Аркадьевна – младший научный сотрудник; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Васюкова Инна Анатольевна – инженер; Научно-образовательный центр «Нанотехнологии и наноматериалы» Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина. г. Тамбов, Россия
- Венгеров Петр Дмитриевич – доктор биологических наук, профессор; Воронежский государственный педагогический университет. г. Воронеж, Россия
- Геннадиев Александр Николаевич – доктор географических наук, профессор; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет. г. Москва, Россия
- Грибановский Сергей Львович – ведущий специалист; Научно-образовательный центр «Нанотехнологии и наноматериалы» Тамбовского государственного университета имени .Р. Державина. г. Тамбов, Россия
- Григорьева Олеся Ивановна – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Гурова Ольга Николаевна – кандидат географических наук, научный сотрудник; Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, г. Чита, Россия
- Гусев Александр Анатольевич – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией; Научно-образовательный центр «Нанотехнологии и наноматериалы» Тамбовского государственного университета имени Г.Р. Державина. г. Тамбов, Россия
- Гусев Александр Викторович – кандидат географических наук, директор; Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования «Станция юных натуралистов Новооскольского района Белгородской области». г.Новый Оскол, Россия
- Донецкий Сергей Владимирович – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Дунаев Александр Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник; Ботанический сад Белгородского государственного национального исследовательского университета. г. Белгород, Россия
- Дунаева Елена Николаевна – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом; Ботанический сад Белгородского государственного национального исследовательского университета. г. Белгород, Россия
- Дурасова Наталья Сергеевна – аспирант; Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем. г. Харьков, Украина
- Ермакова Елена Ивановна – заместитель директора; Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования «Станция юных натуралистов Новооскольского района Белгородской области». г. Новый Оскол, Россия
- Ермолович Елена Ахмедовна – доктор технических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Жидкин Андрей Петрович – кандидат географических наук, научный сотрудник; Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Географический факультет. г. Москва, Россия
- Калугина Светлана Викторовна – кандидат биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Карабутов Александр Петрович – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник; Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН. г. Белгород, Россия
- Кирилов Александр Николаевич – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Кистерная Наталья Юрьевна – бакалавр; Дальневосточный федеральный университет. Школа педагогики. г. Усурийск, Россия
- Коваленко Григорий Дмитриевич – доктор физико-математических наук, профессор; Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем. г. Харьков, Украина
- Кожевникова Валерия Павловна – ведущий специалист-эколог; ООО «Технопроект НВТИСИЗ». г. Волгоград, Россия
- Комарова Екатерина Валентиновна – аспирант; Пензенский государственный университет. г. Пенза, Россия
- Кравченко Александра Сергеевна – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия



- Кумани Михаил Владимирович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Курский государственный университет. г. Курск, Россия
- Лубенская Оксана Александровна — инженер; Всероссийский научно-исследовательский институт по осущению месторождений полезных ископаемых, защите инженерных сооружений от обводнения, специальным горным работам, геомеханике, геофизике, гидротехнике, геологии и маркшейдерскому делу, Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Мамонтов Александр Константинович — кандидат биологических наук, научный сотрудник; Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН) Россия, 127276, Москва
- Маркова Татьяна Олеговна — кандидат биологических наук, доцент; Дальневосточный федеральный университет. Школа педагогики. г. Уссурийск, Россия
- Маслов Михаил Вениаминович — кандидат биологических наук, научный сотрудник; Государственный природный заповедник «Уссурийский» им. В.Л. Комарова ДВО РАН. г. Уссурийск, Россия
- Маслова Ольга Олеговна — кандидат биологических наук, доцент; Воронежский государственный педагогический университет. г. Воронеж, Россия
- Мерзлякова Анна Сергеевна — лаборант ООО «ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка». г. Волгоград, Россия
- Неведров Николай Петрович — ассистент; Курский государственный университет. г. Курск, Россия
- Негробов Олег Павлович — доктор биологических наук, профессор; Воронежский государственный университет. г. Воронеж, Россия
- Околелова Алла Ароновна — доктор биологических наук, профессор; Волгоградский государственный технический университет. г. Волгоград, Россия
- Павлюк Ярослава Валерьевна — младший научный сотрудник; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Проценко Александр Александрович — кандидат биологических наук, доцент; РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. г. Москва, Россия
- Проценко Елена Петровна — доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Курский государственный университет. г. Курск, Россия
- Пученкова Анна Викторовна — аналитик; Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии г. Курск, Россия
- Репш Наталья Викторовна — кандидат биологических наук, доцент; Дальневосточный федеральный университет. Школа педагогики. г. Уссурийск, Россия
- Ростовцева Анна Александровна — кандидат технических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Селиванова Ольга Владимировна — заведующая лабораторией; Воронежский государственный университет. г. Воронеж, Россия
- Соловьева Юлиана Александровна — кандидат географических наук старший научный сотрудник ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии г. Курск, Россия
- Стойко Тамара Григорьевна — кандидат биологических наук, доцент; Пензенский государственный университет. г. Пенза, Россия
- Терехин Эдгар Аркадьевич — кандидат географических наук, старший научный сотрудник; Федерально-региональный центр аэрокосмического мониторинга объектов и природных ресурсов, Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Титов Сергей Витальевич — доктор биологических наук, профессор; Пензенский государственный университет. г. Пенза, Россия
- Ткачев Алексей Григорьевич — доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией; Тамбовский государственный технический университет. г. Тамбов, Россия
- Уваров Геннадий Иванович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Усманова Лариса Сугатовна — преподаватель; Кушнаренковский педагогический колледж. с. Кушнаренково, Кушнаренковский р-н, Башкортостан, Россия
- Харченко Сергей Владимирович — кандидат географических наук, преподаватель; Курская государственная сельскохозяйственная академия им. И.И. Иванова. г.Курск, Россия
- Храмцов Борис Александрович — кандидат технических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Чендев Юрий Георгиевич — доктор географических наук, доцент, заведующий кафедрой; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Червонный Василий Васильевич — кандидат биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет. г. Белгород, Россия
- Чурсина Мария Александровна — аспирантка; Воронежский государственный университет. г. Воронеж, Россия
- Ямалов Сергей Маратович — доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник; Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН. г. Уфа, Башкортостан, Россия