

№ 21 (140) 2012
Выпуск 21

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1995 г.

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

Учредитель:

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

Издатель:

НИУ «БелГУ»,
Издательско-полиграфический комплекс
НИУ «БелГУ»

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору за соблюдением
законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охраны культурного наследия

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС 77-21121 от 19 мая 2005 г.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
ЖУРНАЛА**

Главный редактор

О.Н. Полухин,
и.о. ректора НИУ «БелГУ», доктор
политических наук, профессор

Зам. главного редактора

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

Ответственные секретари:

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

О.В. Шевченко

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
СЕРИИ ЖУРНАЛА**

Главный редактор серии

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

Заместители главного редактора:

О.Е. Лебедева,
доктор химических наук, профессор
(НИУ «БелГУ»)

А.Г. Корнилов,

доктор географических наук, профессор
(НИУ «БелГУ»)

Ответственный секретарь

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

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

Естественные науки

**Belgorod State University
Scientific Bulletin
Natural sciences**

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ

Изменения в сообществе микромитозов в процессе восстановления южного чернозема Кулунды. **Коробова Л.Н.** 5

Восприимчивость и устойчивость к *Phytophthora infestans* новых сортов картофеля. **Грязнов В.П.** 12

Изменчивость морфологических признаков *Adonis vernalis* L. в популяциях юго-западе Среднерусской возвышенности. **Коняева И.А., Тохтарь В.К.** 16

Изменчивость семян *Ambrosia artemisiifolia* L. различного географического происхождения. **Тохтарь В.К., Волобуева Ю.Е.** 19

Результаты испытания местных и интродуцированных видов рода *Salix* на европейском севере России. **Демидова Н.А., Дуркина Т.М.** 23

Изменчивость морфологических признаков красной смородины в бассейне Средней Лены. **Сабарайкина С.М.** 30

Характеристика сапробности мелководий и пелагиали Волжского плёса Рыбинского водохранилища по фитопланктону. **Соловьева В.В., Корнева Л.Г.** 34

Новые данные по адвентивной фракции флоры Белгородской области. **Сухоруков А.П., Кушунина М.А.** 40

Использование древесно-кольцевых хронологий при проведении экологического мониторинга **Шабанов С.И., Тохтарь В.К.** 47

Эффективный способ регенерации побегов тополя из почек и листьев. **Эрт А.А., Бакулин В.Т.** 53

Двустворчатые моллюски как индикаторы геоэкологического состояния прибрежно-морских вод Южной Балтики. **Пономарёва Е.А., Краснов Е.В.** 59

Рационы питания «желтых» трясогузок (Passeriformes, Motacillidae, Motacillinae). **Артёмьева Е.А., Муравьев И.В.** 63

Прижизненное определение пола у пеночки-зарнички *Phylloscopus inornatus inornatus* (Blyth, 1842) на Дальнем Востоке России. **Лелюхина Е.В.** 69

Симпатрическая дифференциация форм в эволюционно молодом комплексе «желтых» трясогузок (Passeriformes, Motacillidae, Motacillinae). **Муравьев И.В., Артёмьева Е.А.** 73

Трансформация естественных местообитаний и изменение состояния популяций копытных уссурийского заповедника и прилегающих территорий под влиянием антропогенного пресса. **Маслов М.В.** 82

Влияние температуры и длительности инкубации на миграционную активность и резистентность ядерных эритроцитов рыб, лягушек и птиц. **Чернявских С.Д., Федорова М.З., Нгуен Тхи Тхук,**

То Тхи Бик Тхуи 89

Применение метода геометрической морфометрии для оценки флуктуации морфометрических показателей формы тела клопа-солдатика (*Pyrrhocoris apterus* L.) из природных популяций Шебекинского района Белгородской области. **Бондаренко В.В., Батлуцкая И.В.,**

Маканина О.А., Сорочкомягина Л.А.,

Прохорова Е.А. 94

Члены редколлегии:

Л.Н. Балютинская, доктор химических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

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

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

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

А.Ф. Колчанов, кандидат биологических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

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

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

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

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

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

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

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

В.С. Шилова, доктор педагогических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

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

E-mail: prisniy@bsu.edu.ru
Подписано в печать 27.11.2012
Формат 60×84/8
Гарнитура Georgia, Imract
Усл. п. л. 21,39
Тираж 1000 экз.
Заказ 379

Подписной индекс в каталоге агентства
«Роспечать» – 81466

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

Изменчивость биоиндикационных признаков клопа-солдатика, обитающего на территории расположения опытно-экспериментальной установки по производству лизина в Шебекинском районе Белгородской области. **Батлуцкая И.В., Макашина О.А., Сорокотягина Л.А., Прохорова Е.А. 99**

Экологическая оценка влияния химических и биологических инсектицидов в различных слоях почвенного профиля **Каменек Л.К., Кашицин А.Н. 105**

Фармакокинетика «Биофрада» в организме порослят. **Буханов В.Д., Везенцев А.И., Зуев Н.П., Фролов Г.В., Зуев С.Н., Шапошников А.А. 110**

Изучение влияния ветеринарного препарата «Биофрада» на морфофункциональные характеристики внутренних органов белых крыс и свиней. **Везенцев А.И., Буханов В.Д., Зуев Н.П., Фролов Г.В., Науменко Л.И., Зуев С.Н. 114**

Продуктивность и биохимический статус цыплят – бройлеров при использовании в их диете цитратов и малатов биометаллов. **Кочеткова Н.А., Шапошников А.А., Афанасьев П.И., Гориков Г.И., Шенцева Е.А., Шевченко Т.С. Яковлева И.Н., Гай И.Е., Бронникова А.М. 118**

Некоторые показатели обмена веществ у телят при использовании в рационах солодовых ростков. **Шапошников А.А., Афанасьев П.И., Алтухов А.А., Мартынова И.А., Илющенко С.В., Григорьева С.Л., Калинин Ю.В., Шевченко Т.С. 123**

Баклажаны как источник антоцианов – водорастворимых природных антиоксидантов. **Чулков А.Н., Дейнека В.И., Дейнека Л.А. 126**

ХИМИЯ

Конформационный анализ 1,2-о-цианоэтилиденных производных углеводородов методом молекулярной механики. **Литвак М.М. 130**

Гидродинамические и математические аспекты получения устойчивых микросуспензий монтмориллонитовых наноструктурных глин для птицеводства. **Перистый В.А., Везенцев А.И., Буханов В.Д., Перистая Л.Ф., Добродомова Е.В., Богданов В.Н., Фролов Г.В., Шапошников А.А. 133**

Окислительная деструкция смеси ксенобиотиков пероксидом водорода в присутствии ионов железа (II). **Устинова М.Н., Лебедева О.Е. 137**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Об оценке экологической ситуации агрохозяйственных территорий, обусловленной внепроизводственной антропогенной нагрузкой. **Белицкая Ю.С., Корнилов А.Г. 140**

Использование интегрального анализа данных дистанционного зондирования и цифровых моделей рельефа при картографировании почвенного покрова Черноземной зоны. **Бульгин С.Ю., Ачасов А.Б., Лисецкий Ф.Н. 143**

Результаты радиоэкологического мониторинга агроэкосистем Белгородской области. **Лукин С.В., Хижняк Р.М. 154**

Анализ пространственно-временных закономерностей изменчивости гидрохимических показателей р. Болховец (притока р. Северский Донец). **Прядко М.П., Голушов П.В., Корнилов А.Г., Колмыков С.Н., Гордеев Л.Ю. 160**

Паспорт мониторинга содержания гумуса в почвах агроландшафтов Центральной лесостепи – предварительный этап землеустроительного проектирования. **Серикова Е.В., Мелентьев А.А. 168**

Геоэкологическое обоснование функционального зонирования территории ботанического сада НИУ «БелГУ». **Лопина Е.М., Стаценко Е.А., Корнилов А.Г., Тохтарь В.К. 174**

Сведения об авторах 179

Информация для авторов 182

№ 21 (140) 2012
Issue 21

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

Founded in 1995

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

Founder:

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

Publisher:

Belgorod National Research University.
Belgorod National Research University Press

The journal is registered in Federal service of control over law compliance in the sphere of mass media and protection of cultural heritage

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

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Editor-in-Chief

O.N. Polukhin,

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

Deputy Editor-in-Chief

I.S. Konstantinov,

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

Assistant Editors

V.M. Moskovkin,

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

O.V. Shevchenko,

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

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL SERIES

Chief editor:

A.V. Prisky,

Doctor of biological sciences, professor (Belgorod National Research University)

Deputies of chief editor:

O.E. Lebedeva,

Doctor of chemical sciences, professor (Belgorod National Research University)

A.G. Kornilov,

Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod National Research University)

Responsible secretary:

Yu.A. Prisky,

Candidate of biological sciences (Belgorod National Research University)

**Belgorod State University
Scientific Bulletin**

Natural sciences

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

Естественные науки

CONTENTS

BIOLOGY

Changes in the Micromycetes Community in Restoration of Kulunda Southern Chernozem. **Korobova L.N. 5**

Susceptibility and Resistance of the New Potato Varieties to *Phytophthora infestans*. **Gryaznov V.P. 12**

Variability of Morphological Features in *Adonis vernalis* L. Populations in the South-West of Central Russian Upland. **Konyaeva I.A., Tokhtar' V.K. 16**

Variability of *Ambrosia artemisiifolia* L. Seeds of Various Geographical Origin. **Tokhtar V.K., Volobuyeva Yu.E. 19**

Test Results of the Local and Introduced *Salix* Species in the European North of Russia. **Demidova N.A., Durkina T.M. 23**

Variability of the Morphological Characters of Red Currant in the Middle Lena Basin. **Sabaraikina S.M. 30**

Phytoplankton Characteristic of Shallow Waters Saprobity and Pelagial Zones in the Volga Reach of the Rybinsk Reservoir. **Solovyeva V.V., Korneva L.G. 34**

New Data on the Alien Flora of the Belgorod Region. **Sukhorukov A.P., Kushunina M.A. 40**

Use of Dendrological-and-Ring Chronology in Carrying out Environmental Monitoring. **Shabanov S.I., Tokhtar V.K. 47**

Effective Way of Shoots Regeneration of the Poplar Buds and Leaves. **Erst A.A., Bakulin V.T. 53**

Bivalve Mollusks as Indicators of Geoecological State of Coastal-Marine Waters of the Southern Baltic. **Ponomareva E.A., Krasnov E.V. 59**

Feed Rations of Yellow Wagtails (Passeriformes, Motacillidae, Motacillinae). **Artemyeva E.A., Muravjev I.V. 63**

Intravital Sex Determination of Yellow-Browed Warbler *Phylloscopus inornatus inornatus* (Blyth, 1842) in the Russian Far East. **Leliukhina E.V. 69**

Sympatric Differentiation of Forms in Evolutionary Young Complexes of Yellow Wagtails (Passeriformes, Motacillidae, Motacillinae). **Muravjev I.V., Artemyeva E.A. 73**

Transformation of Natural Habitats and Change of the Populations Condition of Hoofed Animals of the Ussuriysk Reserve and Adjacent Territories under the Influence of the Anthropogenic Press. **Maslov M.V. 82**

Influence of Incubation Temperature and Length on Migratory Activity and Resistance of Fish, Frogs and Birds Nuclear Erythrocytes.

Chernyavskikh S.D., Fedorova M.Z., Nguyen Thi Chuc, To Thi Bich Thuy 89

Application of a Method of Geometrical Morphometry for a Fluctuation Assessment of Morphometric Indicators of the Form of Firebug's (*Pyrrhocoris apterus* L.) Body from the Natural Population of Shebekino District of Belgorod Region. **Bondarenko V.V., Batlutskaya I.V., Makanina O.A., Sorokotyagina L.A., Prokhorova E.A. 94**

Variability of Bioindicative Signs of Firebug Inhabiting the Area of Location of Experimental Installation for Lysine Production in Shebekino District, Belgorod Region. **Batlutskaya I.V., Makanina O.A., Sorokotyagina L.A., Prokhorova E.A. 99**

Members of editorial board:

L.N. Balyatinskaya, Doctor of chemical sciences, professor (Belgorod National Research University)

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

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

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

A.F. Kolchanov, Candidate of biological sciences, professor (Belgorod National Research University)

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

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

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

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

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

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

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

V.S. Shilova, Doctor of pedagogical sciences, professor (Belgorod National Research University)

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

Passed for printing 27.12.2012
Format 60×84/8
Typeface Georgia, Impact
Printer's sheets 21,39
Circulation 1000 copies
Order 379

Subscription reference
in Rospechat' agency catalogue – 18078

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

Ecological Assessment of Influence of Chemical and Biological Insecticides in Various Layers of the Soil Profile. **Kamenek L.K., Kashitsin A.N.** 105

"Biofrad's" Pharmacokinetics in the Body of Piglets. **Bukhanov V.D., Vezentsev A.I., Zuyev N.P., Frolov G.V., Zuyev S.N.** 110

Studies of the Effect of Veterinary Drug "Biofrada" on Morphofunctional Characteristics of the Internal Organs of White Rats and Pigs. **Vezentsev A.I., Buhanov V.D., Zuev N.P., Frolov G.V., Naumenko L.I., Zuev S.N.** 114

Productivity and Biochemical Status of the Broiler Chickens when Using in their Diet Citrates and Malates of Biometals. **Kochetkova N.A., Shaposhnikov A.A., Afanasyev P.I., Gorshkov G.I., Shentseva H.A., Shevchenko T.S., Jakovleva I.N., Gay I.E., Bronnikova A.M.** 118

Calves' Metabolism Indexes Using the Malt Sprouts Rations. **Shaposhnikov A.A., Afanasyev P.I., Altukhov A.A., Martynova I.A., Ilyushchenko S.V., Grigoryeva S.L., Kalinin Yu.V., Shevchenko T.S.** 123

Eggplants as a Source of Anthocyanins – Water Soluble Natural Antioxidants. **Chulkov A.N., Deineka V.I., Deineka L.A.** 126

CHEMISTRY

Conformational Analysis of 1,2-o-cyanoethylidene Derivative of Carbohydrates Using the Method of Molecular Mechanics. **Litvak M.M.** 130

Hydrodynamic and Mathematical Aspects of Obtaining of Stable Microsuspensions of Montmorillonite Nanostructural Clays for Poultry Breeding. **Peristy V.A., Vezentsev A.I., Bukhanov L.F., Dobrodomova E.V., Bogdanov V.N., Shaposhnikov A.A., Frolov G.V.** 133

Oxidative Degradation of Mixture of Xenobiotics by Hydrogen Peroxide in the Presence of Iron (II) Ions. **Ustinova M.N., Lebedeva O.E.** 137

EARTH SCIENCES

On the Assessment of the Ecological Situation of Agroecological Territories Caused by Extra Production Anthropogenic Load. **Belitskaya Y.S., Kornilov A.G.** 140

The Use of Integral Analysis of Remote Sensing Data and Digital Elevation Model for Soil Mapping of Black Soil Zone. **Bulygin S.Y., Achasov A.B., Lisetskii F.N.** 143

The Results of Radioecological Monitoring of Agroecosystems of Belgorod Region. **Lukin S.V., Khizhnyak R.M.** 154

The Analysis of Space-Time Patterns of the Hydrochemical Indices Variability of the Bolkhovetz River. **Pryadko M.P., Goleusov P.V., Kornilov A.G., Kolmykov S.N., Gordeev L.Y.** 160

The Passport of Monitoring of the Humus Content in Soils of Agro-landscapes of the Central Forest-Steppe – a Preliminary Stage of Land Management Design. **Serikova E.V., Melentyev A.A.** 168

Geoecological Study of the Belgorod National Research University Botanical Garden Functional Zoning. **Lopina E.M., Statsenko E.A., Kornilov A.G., Tokhtar V.K.** 174

Information about Authors 179

Information for Authors 182

БИОЛОГИЯ

УДК 631.466:1

ИЗМЕНЕНИЯ В СООБЩЕСТВЕ МИКРОМИЦЕТОВ В ПРОЦЕССЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЮЖНОГО ЧЕРНОЗЕМА КУЛУНДЫ

Л.Н. Коробова

*Новосибирский государственный аграрный университет,
Россия, 630039, г. Новосибирск,
ул. Добролюбова, 160*

E-mail: lnkorobova@mail.ru

Показано, что в пахотном южном черноземе Кулунды (Западная Сибирь) происходит экологическая перестройка сообщества микромицетов по температурному фактору в сравнении с целиной. При этом таксономическая структура микоценоза освоенной почвы утрачивает региональную эндемичность по отношению к европейским аналогам. В залежи 5-8 лет своеобразие структуры микоценоза южного чернозема постепенно восстанавливается. Видовое богатство грибов в процессе восстановления бросового чернозема меняется согласно классической схеме сукцессии: обедненность видами окультуренной почвы, их накопление в промежуточных залежных сообществах и некоторое снижение в климаксовом целинном микоценозе. В составе почвенного грибного сообщества Кулунды содержится больше потенциально патогенных для человека и животных и фитотоксичных форм грибов, чем в европейской части страны. Эти виды микромицетов больше свойственны освоенной почве.

Ключевые слова: микромицеты, видовая структура, видовое богатство, токсичные грибы, южный чернозем, залежь, целина, агроценоз.

Введение

Микромицеты (почвенные грибы) – это важнейшая экологическая группа, участвующая в почвообразовательных процессах и функционировании почвы. Она осуществляет минерализацию органических остатков, синтез гумусовых веществ, влияет на физико-химические характеристики почвы и ее структуру, агрегируя почвенные частицы [1-4 и др.]. Поэтому микромицеты играют важную роль в восстановлении плодородия залежей. Актуальность таких исследований для Сибири несомненна, поскольку здесь в 90-е годы прошлого века по экономическим причинам было заброшено не менее 20% пашни [5], и задача возврата плодородных залежей в пахотный клин считается приоритетной.

Селективную роль в формировании ризосферных сообществ (ценозов) играют растительные ассоциации, влияя на микрофлору через состав корневых экссудатов и корневого депозита [6, 7]. Отсюда в определенном биотопе микоценоз представляет собой стабильное сообщество, способное в конкретное время года поддерживать свою структуру [8].

Цель настоящих исследований – проанализировать структуру и обилие сообщества микромицетов травяных экосистем Кулунды в процессе их восстановления от пашни до залежей разных лет и целины.

Объекты и методы исследования

Работа выполнялась в южной части Северной Кулунды, на территории землепользования АОЗТ «Верный путь» Купинского района Новосибирской области, в степной зоне с годовым количеством осадков 270-290 мм. Исследовался чернозем южный маломощный малогумусный (табл. 1).

Микромицеты изучали на протяжении четырех, разных по влагообеспеченности лет. Два года были засушливыми, один год умеренно-влажный и один с повышенным количеством осадков и пониженной температурой воздуха. Залежь 3-6 лет (с доминирующими корнеотпрысковыми и стержнекорневыми многолетниками) и 5-8 лет (доминировали виды полыней и однолетние злаки) сравнивали с некосимым лугом со злаково-полынной ассоциацией и агроценозом яровой пшеницы (почвозащитное земледелие).



Таблица 1
Гумус и рН освоенного, залежного и целинного южного чернозема

Вариант	Гумус, %	рН
Агроценоз (пашня)	3.21	6.7
Залежь 5 лет	4.25*	6.6
Залежь 8 лет	4.45*	6.7
Целина	4.45*	6.8

* $P_{0,1}$ по сравнению с агроценозом.

Отбор образцов для микологических исследований проводили на стационарных площадках в период нарастания максимальной первичной продуктивности, 15–20 июля. Образцы почвы брали из горизонта А₁, а на пашне из слоя 0–20 см. Численность грибов определяли методом посева на агар Чапека. Изоляты микромицетов идентифицировали до вида по соответствующим определителям. Для характеристики α -разнообразия микоценозов использовали индекс видового богатства d .

Результаты и их обсуждение

Видовое инвентаризационное разнообразие микромицетов в южном черноземе Кулунды в июле составляет 85 видов, принадлежащих к 36 родам, и в каждом из исследованных вариантов (агроценоз → залежи → целина), насчитывается по 30–40 видов грибов (табл. 2).

Широкая адаптированность микромицетов рода *Penicillium* к различным субстратам и условиям окружающей среды, а также их высокая конкурентноспособность обеспечили роду доминирующее положение в видовой структуре всех степных микоценозов. Род *Penicillium* представлен 37 видами (43,5 % от числа видов в черноземе южном), среди которых наибольшей частотой встречаемости отличаются *P. funiculosum*, *P. purpurogenum*, *P. simplicissimum*, *P. stoloniferum*.

Таблица 2
Таксономическая структура и обилие грибов в южном черноземе Кулунды

Виды	Обилие, тыс. в 1 г абс.-сух. почвы			
	агроценоз	залежь 3-6 лет	залежь 5-8 лет	целина
1	2	3	4	5
<i>Acremonium album</i> Preuss	2.7	0.7	0.8	1.4
<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	0.5	0.4	1.4	0.5
<i>Aspergillus awamorii</i> Nakazawa	-	1.6	2.9	0.5
<i>A. flavus</i> Link	-	0.3	-	-
<i>A. fumigatus</i> Fres.	-	0.35	0.3	0.7
<i>A. niger</i> van Tieghem	0.65	3.2	-	2.15
<i>A. ustus</i> Bainier	18.7	6.15	12.15	8.75
<i>A. versicolor</i> (Vuill.) Tiraboschi	-	0.35	-	-
<i>A. wentii</i> Wehmer	-	-	0.8	-
<i>Bipolaris sorokiniana</i> (Sacc.) Shoemaker	+	+	+	+
<i>Botryotrichum piluliferum</i> Saccardo et March.	0.3	-	-	-
<i>Chaetomium</i> sp. Kunze	+	+	+	+
<i>Chrysosporium pannorum</i> (Lk.) Hughes.	-	-	0.15	0.35
<i>Cladosporium</i> sp. Lk.	+	+	+	+
<i>Cylindrocarpon candidum</i> (Lk.) Wr.	-	-	0.3	-
<i>Cylindrocarpon magnusianum</i> Wr.	2.35	-	0.3	-
<i>Dicoccum asperum</i> (Corda) Saccardo	0.35	0.35	0.45	-
<i>Fusarium gibbosum</i> App. et Wr.	-	0.25	-	-
<i>F. oxysporum</i> Schlecht.	0.3	-	-	-
<i>F. solani</i> (Mart.) App. et Wr.	0.3	0.35	-	0.35
<i>F. solani</i> var. <i>solani</i>	2.7	-	-	-
<i>F. sp.</i> Lk.	0.7	0.8	1.65	2.15
<i>Geotrichum candidum</i> Link ex Persoon	-	-	-	0.35
<i>Gliocladium penicilloides</i> Corda	-	-	0.3	0.7
<i>Gliomastix cerealis</i> Karst.	-	-	-	1.35
<i>Humicola grisea</i> Traaen	0.1	0.25	4.25	-
<i>Macrosporium</i> sp. Fr.	+	+	+	+
<i>Melanospora anomala</i> Hotson	0.3	-	-	-
<i>Mucor racemosus</i> Fres.	2.55	8.0	0.8	6.8
<i>M. ramosissimus</i> Samutsevitsch	-	-	-	0.45
<i>Myrothecium roridum</i> Tode	0.3	-	-	-
<i>Paecilomyces carneus</i> Bain.	-	1.05	0.15	-

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
<i>Papularia pullulans</i> (d By) Berkh	+	+	+	+
<i>Papulaspora irregularis</i> Hotson	0.3	-	-	-
<i>Penicillium albo-cinereascens</i> Chalabuda	-	-	0.15	-
<i>P. atrovenetum</i> Smith	0.3	0.65	0.45	-
<i>P. brevicompactum</i> Dierckx.	-	-	0.15	-
<i>P. canescens</i> Sopp.	-	-	0.6	2.75
<i>P. citrinum</i> Thom	-	-	-	3.2
<i>P. commune</i> Thom	-	-	-	0.7
<i>P. cremo-griseum</i> Chalabuda	-	-	0.45	-
<i>P. chrysogenum</i> Thom	2.15	-	-	-
<i>P. cyclopium</i> var. <i>echinulatum</i> Abe	-	0.4	-	-
<i>P. decumbens</i> Thom	-	-	-	0.9
<i>P. estinogenum</i> Komatsu et Abe: Smith	-	0.65	-	0.35
<i>P. echinulo-nalgiouense</i> Abe	-	-	0.3	-
<i>P. expansum</i> Link emend. Thom	0.3	0.35	7.8	-
<i>P. frequentans</i> Westl.	-	-	0.8	-
<i>P. funiculosum</i> Thom	0.7	0.5	1.65	0.7
<i>P. glauco-lanosum</i> Chalabuda	-	0.25	-	1.05
<i>P. implicatum</i> Biourge	-	-	-	2.05
<i>P. janthinellum</i> Biourge	1.45	-	-	0.9
<i>P. lanoso-viride</i> Thom	0.3	-	-	-
<i>P. lilacinum</i> Thom	-	-	0.3	-
<i>P. luteo-aurantium</i> Smith	-	-	0.15	-
<i>P. martensii</i> Biourge	-	2.85	0.3	-
<i>P. nigricans</i> Bainier	-	-	1.7	-
<i>P. ochro-chloron</i> Biourge	-	-	-	0.9
<i>P. paxilli</i> Bain	-	0.65	-	-
<i>P. purpurogenum</i> Stoll	-	0.8	0.8	0.7
<i>P. purpurescens</i> (Sopp.) Rap. et Thom	0.9	-	-	-
<i>P. restrictum</i> Gilman et Abbot	-	-	-	4.45
<i>P. roqueforti</i> Thom	2.9	-	-	-
<i>P. roseo-purpureum</i> Dierckx	-	-	-	0.35
<i>P. rubrum</i> Stoll	0.6	-	0.15	-
<i>P. simplicissimum</i> (Oud.) Thom	1.15	0.5	0.8	0.9
<i>P. stoloniferum</i> Thom	2.15	0.35	-	1.7
<i>P. urticae</i> Bain.	-	-	0.45	-
<i>P. variabile</i> Sopp	-	-	-	1.7
<i>P. verruculosum</i> Peynonel	-	2.6	-	-
<i>P. waksmanii</i> Zal.	0.7	0.35	-	-
<i>Phoma</i> sp. Fr.	0.35	0.15	0.12	0.13
<i>Pullularia</i> sp. Berkh.	+	+	+	+
<i>Radiomyces spectabilis</i> Embree	-	-	-	0.45
<i>Rhizoctonia</i> sp. DC.	+	+	+	+
<i>Rhizopus nigricans</i> Ehrenb.	1.75	0.35	-	0.35
<i>Spicaria violacea</i> Abb.	-	0.35	0.8	-
<i>Sporotrichum carnis</i> Brooks et Hansf.	-	-	0.65	2.05
<i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	-	-	0.45	0.45
<i>T. viride</i> Pers.	0.35	0.25	3.35	2.3
<i>Trichothecium roseum</i> (Pers.) Lk.	+	+	+	+
<i>Verticillium</i> sp. Nees	-	-	0.8	-
<i>Micellia sterilia</i>	-	-	0.15	-
Пикнидиальные грибы	-	-	0.3	-
Всего видов	36	38	46	41

Примечание.

(-) – вид не встречается;

4.8 – выделены токсинообразующие виды;

(+) – вид выделен методом флотации или растительных приманок.

В систематическом положении выделенных видов рода *Penicillium* прослеживается преобладание секции *Asymmetrica* Raper & Thom (58,8%). Остальные виды принадлежат к секциям *Monoverticillata* Raper & Thom и *Biverticillata* Raper & Thom. При этом в агроценозе и за-

лежах представительство *Monoverticillata* составляет от 16 до 8%, а на целине – в два раза больше. Для видов *Biverticillata* это соотношение противоположное. Если проанализировать температурные требования пенициллов согласно общепринятым в последнее время определениям Д. Питта, то оказывается, что секция *Monoverticillata* содержит только треть видов, способных к росту при температуре 37°C, зато в секции *Biverticillata* таких грибов подавляющее большинство (80%) [9]. Следовательно, увеличение представительства видов секции *Biverticillata* в пахотных и залежных почвах указывает не только на видовую, но и на экологическую (по температурному фактору) перестройку грибных сообществ по отношению к целинным аналогам.

При общем доминирующем положении пенициллов в структуре грибного сообщества южного чернозема по обилию они уступают грибам рода *Aspergillus*. Например, под посевом пшеницы на долю *A. ustus* приходится почти 39% численности грибов. Но микромицеты рода *Aspergillus* менее разнообразны, чем пенициллы. Из 85 видов микоценоза они составляют только 9%. Род *Fusarium* объединяет 6 видов (7%).

В агроценозах степи разнообразнее, чем в залежах и целине, видовой состав целлюлозоразрушающих грибов. На их долю приходится 56% видового богатства. В залежи 3-6 лет число видов целлюлозолитиков уменьшается до 46%, в дальнейшем до 43,5-43,9%. Темноцветные грибы, имеющие темно-коричневые пигменты типа меланинов и обладающие повышенной толерантностью, больше представлены в пахотной почве и в почве, восстанавливающейся в течение первых 5 лет, – 21,6%. По мере зацеplинения чернозема их численность снижается до 17%.

В ряду агроценоз → залежи → целина общее видовое богатство грибного сообщества достигает максимума к 8 годам залежности (табл. 2). В целинной почве его видовая структура несколько упрощается, что согласуется с исследованиями [10, 11 и др.], свидетельствующими об обеднении видового спектра в завершающемся (климаксовом) сообществе сукцессии по сравнению с ее промежуточными этапами.

Видовое богатство самого представительного рода *Penicillium* тоже подчиняется этой закономерности: в агроценозе выявляется 12 видов пенициллов, через восемь лет залежности – 17, позже – 16 видов. У рода *Aspergillus* представленность в агроценозе составляет 2 вида, в залежи 3-6 лет – 6 видов, а к 8 годам зацеplинения и на целине – 4 вида. В последних вариантах растет распространенность видов *Trichoderma spp.* и *Mucor spp.*, а рода *Fusarium* снижается.

Итак, южный чернозем степной Кулунды Сибири, в отличие от европейских почв, имеет повышенное содержание видов *Penicillium* секции *Asymmetrica* Raper & Thom, что связано с особенностями сибирского климата. По температурным требованиям представители этой секции чаще способны к росту при пониженных температурах. Поэтому в европейских почвах *Asymmetrica* обильнее выделяется в северных широтах [9, 12]. Для окультуренного чернозема Кулунды характерно увеличение представительства видов *Penicillium*, способных расти при 37°C. Такая экологическая перестройка сближает сельскохозяйственно освоенный южный чернозем Кулунды с зональными европейскими почвами, нарушая его эндемичность.

В целом для сообщества микромицетов освоенного южного чернозема характерно самое низкое видовое разнообразие, которое в процессе восстановления почвы повышается, а при переходе к целине вновь снижается, что в интегральном виде может быть выражено изменением индекса видового богатства (*d*) (рис. 1). Его значения подтверждают закономерности взаимосвязи биоценоза с биотопом, обозначенные А. Тинеманом как экологические принципы разнообразия и отклонения условий существования от нормы. Разнообразный состав растительности залежных участков приводит к накоплению видов почвенных грибов по сравнению с эталонной целинной почвой.

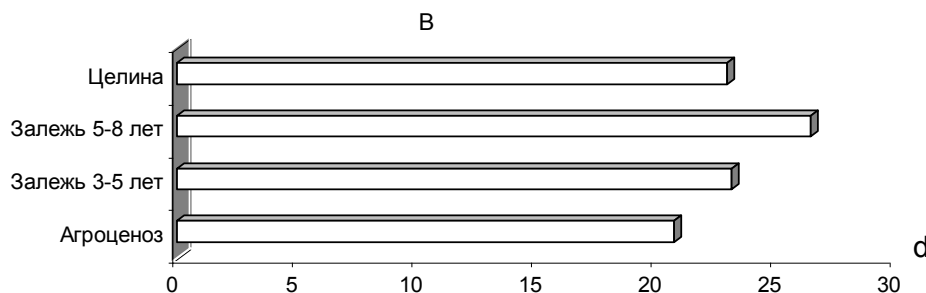


Рис. 1. Изменение видового богатства микромицетов в процессе восстановления южного чернозема

Представляет интерес анализ сообщества почвенных микромицетов с точки зрения накопления опасных для человека и животных видов. Проблема «fungi of medical interest» активно отслеживается в литературе в последние годы [9]. Медики назвали почвенные грибы, способные вызывать заболевания человека, потенциально патогенными. Они вызывают аллергии или локальные микозы, но в организме ослабленных людей распространяются шире, чем у здоровых. Сейчас известно примерно 350 видов подобных оппортунистических мицелиальных грибов и дрожжей. Оценку содержания этой группы микромицетов в восстанавливаемом черноземе провели, основываясь на руководстве по идентификации патогенных и условно патогенных для человека грибов, подготовленном Справочной микологической лабораторией Медицинского центра при Техасском университете [13].

Из чернозема Кулунды было выделено 22 вида оппортунистических микромицетов. Основная часть их относится к группе грибов, которые сравнительно редко вызывают заболевания, а треть известны как возбудители глубоких микозов человека. Это, прежде всего, аспергиллы, широко представленные в теплых сухих зонах: *Aspergillus fumigatus*, *A. flavus*, *A. niger*, *A. ustus*, а также *Fusarium oxysporum*, *F. solani* и др.

В агроценозах доля видов потенциально и условно патогенных видов колеблется в пределах 50-60%. В залежах опускается до 40% (рис. 2). Обилие грибов (в долях от общего обилия) повторяет эту закономерность, за исключением целинного чернозема, где их содержание падает.

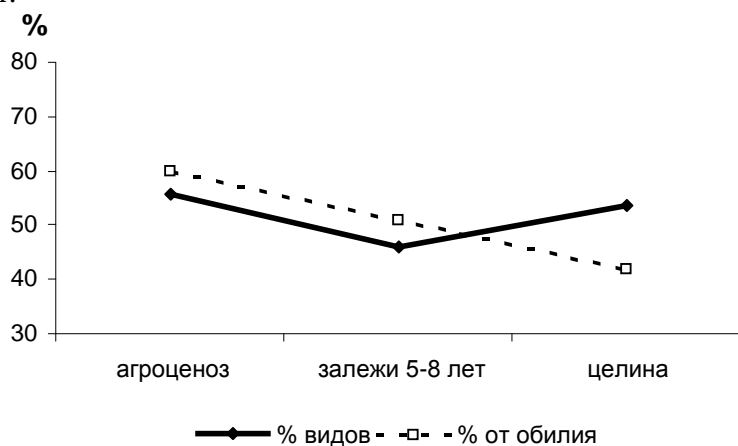


Рис. 2. Потенциально патогенные грибы в восстанавливаемом южном черноземе

Другая сторона характеристики почвенного грибного сообщества – наличие в нем микроорганизмов, образующих фитотоксические вещества. Экологическая роль токсинов сапрофитных грибов проявляется как во влиянии на микроорганизмы почвы, так и в воздействии через почву на растения [14]. В последнем случае снижается фотосинтетическая активность растений, и нарушаются их обменные процессы, что для сельскохозяйственных культур влечет падение урожайности. В таблице 2 (отмечено жирным шрифтом) можно видеть, что фитотоксины продуцировали многие выделенные нами грибы. Среди них наиболее токсичными были виды: *A. fumigatus*, *A. niger*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *P. canescens*, *P. citrinum*, *P. expansum*, *P. funiculosum*, *P. martensii*, *P. paxilli*, *P. rubrum*. Большая доля токсинообразователей в структуре грибного сообщества приходилась на агроценоз. Она достигала в среднем по шести учетам (30 анализов) 80-89,1%. В залежах и целине видовое богатство микоценозов определялось токсинообразующими видами ~ на 60%.

В соответствии с изменениями структуры микоценоза менялась фитотоксичность почвы. Суммарное присутствие токсинов в почве показано на рисунке 3 по их биологическому действию на проростки биотеста редиса (сорт редис с красным кончиком). На залежах ростовые процессы в редисе нарушались слабо. В пашне выявлена максимальная фитотоксичность, что связано с развитием утомляемости почвы. Основной вклад в ее создание вносили почвенные грибы, поскольку между их численностью и прорастанием тест-культуры установлена тесная обратная корреляция, $r = -0,80 \pm 0,16$.

Таким образом, южный чернозем Западной Сибири в составе микоценозов содержат гораздо больше токсичных форм грибов, чем в европейской части страны, где, по данным ВНИИСХМикробиологии [15] их количество колеблется в пределах 15-26% от числа выделенных. Токсичные виды микромицетов распространены больше в освоенной почве.

Выводы

1. Южному чернозему Кулунды Западной Сибири, в отличие от европейских аналогов,

свойственна высокая насыщенность грибных сообществ видами *Penicillium* секции *Asymmetrica* Raper & Thom.

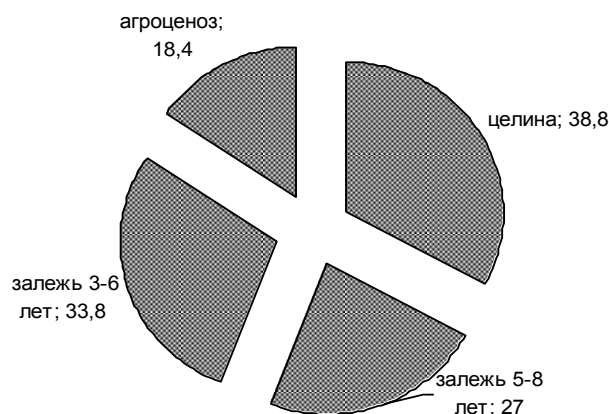


Рис. 3. Фитотоксический эффект южного чернозема разной степени восстановления по отношению к растениям редиса (площади секторов соответствуют суммарной длине проростков редиса в см, по 100 повторениям)

2. Для пахотного южного чернозема характерно обеднение видовой структуры микоценоза и экологическая перестройка по температурному фактору по отношению к целинному аналогу, что свидетельствует о потере региональной эндемичности.

3. Процесс восстановления южного чернозема сопровождается классическим преобразованием видовой структуры сообщества: накоплением видов микромицетов в залежных (промежуточных сукцессионных) сообществах и некоторым обеднением в целинном (климаксовом) микоценозе.

4. В составе грибных сообществ южного чернозема Кулунды содержится гораздо больше потенциально патогенных для человека и животных и фитотоксичных форм грибов, чем в европейской части страны. Эти виды микромицетов больше свойственны освоенной почве.

Список литературы

1. Мирчинк Т.Г. Почвенная микология. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 220 с.
2. Заварзин Г.А. Развитие микробных сообществ в истории Земли // Тр. института микробиологии им. С.Н. Виноградского. – М.: Наука, 2004. – Вып. 12. – С. 149-160.
3. Newell S.Y. Estimating fungal biomass and productivity in decomposing litter // The Fungal Community. 2nd Ed. / ed. G.C. Carroll, D.T. Wicklow – New York, Basel, Marcel, Dekker, 1992. – P. 521-562.
4. Carlile M.J., Watkinson S.C., Gooday G.W. The Fungi // 2nd Ed. Academic press. – San Diego. San Francisco. New York. Boston, 2001. – 588 p.
5. Концепция развития агропромышленного комплекса Сибири до 2010 года / РАСХН. Сиб. отделение. – Новосибирск, 2001. – 112 с.
6. Grayston S.J., Shenquiang Wang, Colin D. Campbell, Anthony C. Edwards. Selective influence of plant species on microbial diversity in the rhizosphere // Soil Biol. Biochem. – 1998. – V. 30, № 3. – P. 369-378.
7. Gransee A., Wittenmayer L. Qualitative and quantitative analysis of water-soluble root exudates in relation to plant species and development // Plant Nutrition and Soil Science. – 2000. – V. 163, № 4. – P. 381-385.
8. Gochenaur S.E. Distribution patterns of mesophilous and thermophilous microfungi in two Bahamian soils / S.E. Gochenaur // Mycopathology. – 1975. – Vol. 57, N 3. – P. 155-164.
9. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. – М.: Медицина для всех, 2005. – 195 с.
10. Whittaker R.H. New concepts of kingdoms of organisms // Science. – 1969. – Vol. 163. – P. 160-170.
11. Ryszkowski L., Zyczynska-Baloniak I. Homestaza ekosystemow // Zesz. probl. post. nauk. rol. – 1985. – Vol. 306. – P. 105-125.
12. Сизова Т.П. Географическая зональность и распространение пенициллов и эволюция в пределах этого рода // Бюллетень МОИП. Отд. Биологии. – 1953. – Т. 58. – С. 71-75.
13. Саттон Д., Фотергилл А., Ринальди М. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. – М.: Мир, 2001. – 468 с.
14. Мирчинк Т.Г. Фитотоксины почвенных сапрофитных грибов и их роль в системе почва-растение // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л.: ВНИИ с.-х. микробиологии, 1978. – С. 31-39.
15. Берестецкий О.А. Фитотоксины почвенных микроорганизмов и их экологическая роль // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. – Л.: ВНИИ с.-х. микробиологии, 1978. – С. 7-31.

CHANGES IN THE MICROMYCETS COMMUNITY IN RESTORATION OF KULUNDA SOUTHERN CHERNOZEM

L.N. Korobova

*Novosibirsk State Agrarian University,
Dobrolyubova St., 160, Novosibirsk,
630039, Russia*

E-mail: lncorobova@mail.ru

It is shown that in the arable land of southern chernozem in Kulunda (West Siberia) the ecological reconstruction of micromycets community is going on in connection with temperature factor compared with the virgin lands. Herewith the taxonomic structure of the micocenosis of arable soil loses the regional endemicity in respect to European standards. In the fallow land of 5-8 years micocenosis structural pattern of the southern chernozem is gradually restored. Species richness of fungi in the process of the fallow land restoration varies according to the classical scheme of succession: depletion of species of cultivated soil, their accumulation in the intermediate communities of fallow land and a certain drop in the climax micocenosis of the virgin land. Kulunda soil fungal community structure contains more potentially pathogenic and phytotoxic forms of fungi for humans and animals than the European part of the country. These species of micromycets are more characteristic for arable soil.

Keywords: fungi, species structure, species richness, toxic fungi, southern chernozem, fallow land, virgin lands, agrocenosis.



УДК 633.112.78:631

ВОСПРИИМЧИВОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ К *PHYTOPHTHOZA INFESTANS* НОВЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ

В.П. Грязнов

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

В полевом опыте проведены фенологические наблюдения за развитием *Phytophthora infestans*, определена интенсивность развития болезни на листьях картофеля и её распространённость, выявлен сорт с наибольшей устойчивостью к фитофторозу.

Ключевые слова: *Phytophthora infestans*, восприимчивость, распространённость, устойчивость.

Введение

Несмотря на большое народнохозяйственное значение картофеля, изучению физиологии этой культуры уделено гораздо меньше внимания, чем физиологии зерновых культур и сахарной свёклы.

В последние годы в Белгородскую область завозится много сортов картофеля из Голландии, Германии и разных регионов России, которые без предварительного изучения нельзя рекомендовать производству.

Картофель подвержен самым разнообразным грибным, бактериальным, вирусным и функциональным заболеваниям, а также нападению различных вредителей насекомых. Наиболее часто посадки картофеля поражаются грибными болезнями.

Из грибных болезней, в настоящее время, большое распространение получил фитофтороз. Возбудитель болезни *Phytophthora infestans* относится к классу фикомицетов. Патоген поражает все органы растения, кроме корней. При заражении растения на нём образуются темно-бурые пятна.

Фитофтороз приносит огромные убытки сельскому хозяйству. Так, в 1978 году в Белгородской области к концу вегетационного периода было поражено 100% картофеля всех сортов [2]. В засушливые годы фитофтороз имеет слабое развитие, но все равно поражается не менее 30% растений. Борьба с этим заболеванием и его предотвращение является одной из основных задач при возделывании картофеля.

В популяциях *P. infestans* на территории России идентифицировано: в 1980 г. 23 расы гриба паразитирующего на картофеле, каждая раса обладает колоссальной способностью к размножению и различной вирулентностью, что обеспечивает патогену высочайшие приспособительные возможности.

Сорт картофеля может быть устойчив к одним расам, но поражаться другими. Новый сорт, при расширении районирования, может встретиться с теми расами, к которым он неустойчив. Большое значение в этих условиях имеет работа по определению устойчивости новых сортов с хорошими хозяйственно-ценными свойствами [5]. Инфекция сохраняется в слабо пораженных клубнях, при посадке которых на растениях образуются спорангии гриба. В почве спорангии и мицелий долго не могут сохраняться и погибают, поэтому почвенная инфекция не имеет большого значения.

Объекты и методы исследования

Полевые опыты проводились в 2009–2011 гг. в Корочанском районе Белгородской области, предшественник – морковь, посадка картофеля проводилась квадратногнездовым способом (60×60 см) по зяби 3–5 мая, удобрения не вносились, повторность – четырёхкратная. Размер учетной делянки 100 м². Все исследования проводились с сортами: Невский (раннеспелый, районированный), Ресурс (среднеспелый, новый, не районированный), Аспия (среднеспелый, новый), Аякс (среднеспелый, новый – завезённый из Голландии), Луговской (позднеспелый, районированный). Посадка всех сортов картофеля

проводилась одновременно и всхожесть в среднем за три года исследований отмечалась с 10 по 14 мая.

Фенологические наблюдения за развитием *Ph. infestans* проводились по следующим фазам: появление первых характерных признаков болезни в виде пятен;

обнаружение спороношения с образованием спорангиеносцев с зооспорами; массовое распространение болезни среди растений данного сорта (количество пораженных растений более 50%).

Таблица 1

Фенологические наблюдения за развитием *Ph. infestans*

Сорт картофеля	Дата наступления фазы цветения у картофеля	Дата наступления фазы у <i>Ph. infestans</i>		
		первые признаки болезни	спороношение	массовое поражение
Невский	15.06	15.06	28.06	06.07
Ресурс	30.06	28.06	08.07	15.07
Аспия	04.07	30.06	08.07	21.07
Аякс	04.07	23.06	08.07	21.97
Луговской	26.07	19.07	30.07	25.07

Анализируя полученные данные, следует отметить о значительных колебаниях сроков появления первых признаков заболевания и сроках массового поражения картофеля, несмотря на одинаковые для всех сортов метеорологические условия и сходный возраст тканей.

Ph. infestans не поражает молодые растения и первые признаки заболевания появлялись через 37-92 дня (в разные годы исследований) от начала вегетации, что указывает на зависимость от погодных условий года. Однако следует отметить, что первые признаки поражения совпадают с фазой бутонизации у всех сортов и лишь у сорта Невский они приходятся на начало фазы цветения. Наиболее благоприятным для развития *Ph. infestans* был 2009 год.

Различия в восприимчивости фитофтороза у различных сортов объясняется их различиями в генотипах. Что обуславливает различия в ритме развития растений, физиологических процессах, биохимических и морфологических особенностях сортов.

Интенсивность фотосинтеза больных растений значительно ниже, чем здоровых и это объясняется нарушением фотосинтетического аппарата (в нашей работе исследовалась и фотосинтетическая продуктивность растений картофеля). Происходит значительное падение числа хлоропластов на единицу площади листа, объема хлоропластов, концентрации хлорофилла.

Нарушение пигментного аппарата у растений *Ph. infestans* приводит к блокированию циклического транспорта электронов и процесса фосфорилирования. Все эти процессы приводят к нарушению метаболизма больного растения и снижению урожая [1,3].

Обследование растений изучаемых сортов в течение всего вегетационного периода позволило установить, что восприимчивость и устойчивость их различная.

Устойчивость растений связана с генотипом и условиями внешней среды и является следствием взаимодействия генотипов картофеля и *Ph. infestans*. Определяется разными факторами: ритмом роста и развития, анатомическими особенностями листьев, стеблей, клубней и др., но в большей степени устойчивость зависит от факторов внешней среды: кислотности почвы, продолжительности фотопериода, температуры, влажности. Все это обуславливает различия в степени поражаемости растений по годам и сортам.

Интенсивность поражения листьев оценивается в балльной системе, интенсивность развития болезни отражает среднюю степень поражения и рассчитывается по уравнению:

$$R = (\sum (a \times b)) N, \text{ где}$$

R – интенсивность развития болезни, %;

$\sum(a \times b)$ – сумма произведений числа растений на соответствующий им балл или процент поражения; N – общее количество учтенных растений на учётной площади.

Распространенность, или частота встречаемости болезни – это количество больных растений или отдельных пораженных листьев в процентах, рассчитана по уравнению:

$$P = (n \times 100) : N, \text{ где}$$

P – распространенность болезни, в %; n – количество больных растений;

N – общее количество растений на учетной площади.

Интенсивность и распространенность фитофтороза позволяет изучить устойчивость изучаемых сортов к *P. infestans*. Данные, средние за три года исследований, приведены в таблице 2.

Анализируя полученные данные можно сделать вывод, что изучаемые сорта восприимчивы к *P. infestans*, но обладают разной устойчивостью и выносливостью.



Таблица 2

Распространённость и интенсивность развития болезни на листьях, %

Сорт	Фаза развития картофеля							
	20 дней после всходов		Бутонизация		Цветение		Созревание	
	распро- стран.	интен- сивн.	распро- стран.	интен- сивн.	распро- стран.	интен- сивн.	распро- стран.	интен- сивн.
Невский	0.6	0.6	5.	8.3	84.0	143.6	100.0	311.6
Ресурс	0.3	0.3	3.3	3.3	50.3	67.0	100.0	262.0
Аспия	0.0	0.0	1.6	1.3	27.0	36.0	99.3	214.3
Аякс	0.0	0.0	4.0	5.0	59.0	81.0	100.0	246.6
Лугов- ской	0.0	0.0	1.6	1.6	29.6	29.6	61.3	71.3

Согласно литературным данным *Ph. infestans*. развивается только на зрелых тканях и не паразитирует на молодых [4]. В наших исследованиях были обнаружены первые признаки болезни у сорта Невский и Ресурс на 20 день после всходов в 2009 году.

В этом же году заболевание появилось значительно раньше, чем в 2010 и 2011 годах, что связано с низкими температурами в первой половине вегетации и достаточной влажностью.

Следует отметить общие закономерности развития фитофтороза. Первые признаки болезни появляются во второй половине июня – начале июля, обычно после дождей. Болезнь появляется на нижних листьях, соприкасающихся с почвой. У сорта Невский листья средней величины, но располагаются на стебле сразу от поверхности почвы, междоузлия короче, чем у других сортов, листья располагаются ближе друг к другу. У сорта Ресурс листья очень крупные и ложатся на землю. Такие особенности анатомии объясняют то, что первые признаки болезни проявляются у этих сортов раньше.

Через 5-10 дней после первых признаков при влажной погоде, особенно, если дождь сопровождается похолоданием, наблюдается спороношение и дальнейшее распространение болезни. Это приходится на начало июля и соответствует межфазному периоду бутонизация-цветение. Затем болезнь очень быстро поражает все восприимчивые растения, достигая в фазу цветения распространенности от 27% (Аспия) до 59% (Аякс) со степенью интенсивности от 21 (Луговской) до 81% (Невский). В период созревания поражены практически все растения от

66% (Луговской) до 100% (Невский, Ресурс, Аякс) с интенсивностью поражения от 71% до 311%. Несмотря на общие закономерности, ряд сортов имеет свои особенности восприимчивости к данному заболеванию.

Наиболее восприимчивым оказался сорт Невский. Именно на этом сорте картофеля ежегодно отмечались первые признаки заболевания. Фитофтороз на растениях этого сорта развивается очень быстро, охватывает 100% посадок с высокой степенью интенсивности – 3-4 балла, что приводит к быстрому отмиранию листьев после цветения и к полной их гибели в конце июля, что вызывает ускорение фазы созревания. Гибель листьев (до 90% от общего количества) наступает за - 4-5 дней.

Сорт Ресурс имеет высокую восприимчивость, но и более высокую устойчивость, чем Невский. Болезнь появляется рано, но ее интенсивность значительно ниже и поражаются в основном нижние листья. Интенсивность возрастает лишь после цветения, но никогда не наблюдается полной гибели листьев. Интенсивность поражения достигает – 2-3 баллов.

Сорт Аякс имеет сходные характеристики, но в отличие от Ресурса, где болезнь вначале развивается только на нижних листьях, у Аякса поражаются практически все листья, кроме самых молодых. Поражается 25-50% поверхности листьев куста (2-3 балла), что приводит к интенсивности – 235-265% при 100% распространенности.

Сорт Аспия отличается более высокой устойчивостью. Так, в фазу цветения, распространенность составляла до 50%, а интенсивность до 63%, т. е. пятна занимали 10-15% площади листьев растения. В фазу созревания были поражены почти все растения (98-100%), но интенсивность осталась низкой – 1-2 балла.

Наиболее устойчивым был сорт Луговской. Этот сорт имеет крупные высокие побеги с листьями выше средней величины. Первые листья находятся на 15-17 см от поверхности почвы и не соприкасаются с почвой. Побеги устойчивы, не ложатся на землю до конца цветения. У этого сорта фаза цветения совпадает с массовым развитием болезни на других сортах, а распространенность фитофтороза составляла в среднем 29,6%. Более высокая распространенность (40%) наблюдалась только в 2009 году в условиях повышенной влажности. Даже в период созревания, а он приходился

на сентябрь, распространенность составляла всего 53-73% при интенсивности 1, редко 2 баллов (60-85%). Это свидетельствует о высокой устойчивости растений этого сорта к *Ph. infestans*.

Заключение

Изучаемые сорта проявили разную устойчивость к *Ph. infestans*. Наиболее устойчивый сорт Луговской, наименее – сорт Невский. Сорта Ресурс, Аспия и Аякс имеют средние показатели. Первые признаки заболевания листьев картофеля появляются в фазу бутонизации, массовое распространение болезни – в фазу цветения. На распространение фитофтороза сильное влияние оказывают метеорологические условия.

Все наблюдаемые сорта картофеля восприимчивы к *Ph. infestans*, но распространенность фитофтороза разная. В период цветения-созревания распространенность достигала у сортов Невский, Ресурс, Аякс – 100%, Аспия – 99%, а наименьшим этот показатель (61%) был у сорта Луговской.

Устойчивость и выносливость к фитофторозу зависит от генетических особенностей сорта. Наибольшей устойчивостью выделялся сорт Луговской (71.3%), низкой устойчивостью – сорт Невский (31,6%), а остальные сорта по устойчивости занимали промежуточное положение (214-262%).

Список литературы

1. Костина Л.И. Руководство по апробации картофеля: Справочное пособие / Под ред. К.З. Будина. М.: Агропромиздат, 1985. – 96 с.
2. Каталог сортов и гибридов сельскохозяйственных культур и других возделываемых растений, впервые районированных с 1993 года в РФ. – М.: Колос, 1992. – 216 с.
3. Наумова И.А. Фитофтороз картофеля. – М.: Колос, 1965. – 262 с.
4. Метлицкий Л.В. Озерецковская О. Л. Фитоиммунитет. (Биохимические аспекты устойчивости растений к паразитарным грибам). – М: Наука, 1968. – 94 с.
5. Рекомендации по борьбе с вредителями и болезнями на территории Белгородской области. Белгород, 1992. – 122 с.

SUSCEPTIBILITY AND RESISTANCE OF THE NEW POTATO VARIETIES TO *PHYTOPHTHORA INFESTANS*

V.P. Gryaznov

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

The field experiment using phenological supervision of *Phytophthora infestans* expansion has been held to define the intensity of the disease development on the potato plant leaves and its natural occurrence, the variety with the greatest resistance to the pathogenic phytophthorosis has been explored.

Keywords: *Phytophthora infestans*, susceptibility, natural occurrence, resistance.



УДК 581.41

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ В ПОПУЛЯЦИЯХ *ADONIS VERNALIS* L. НА ЮГО-ЗАПАДЕ СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ¹

И.А. Коняева, В.К. Тохтарь

Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет, Россия, 309015,
г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

По результатам исследований растительности окрестностей с. Яропольцы, находящегося на юго-востоке Белгородской области, с использованием маршрутного метода и метода закладки стандартных пробных площадок, определен видовой состав, произведен систематический, биоморфологический и эколого-ценотический анализы флоры. Определены растительные формации и их видовая представленность. На основе оценки обилия по шкале Друде показано обилие видов флоры, жизненность растений в сообществе. Показана видовая насыщенность склонов различных экспозиций и участков с выраженным антропогенным влиянием.

Ключевые слова: маршрутный метод, метод закладки пробных площадок, биоморфологический анализ, эколого-ценотический анализ, шкала Друде, обилие видов.

Введение

Редкие виды растений, входящие в Красную книгу России и регионов, не только высокодекоративны, но и относятся к растениям, обладающим ценными лекарственными свойствами. В настоящее время нами отмечена тенденция сокращения пастбищных угодий вокруг населенных пунктов, что, вероятно, связано с созданием крупных сельскохозяйственных предприятий. В местах долговременно не подвергающихся активной хозяйственной деятельности, отмечено появление редких видов растений. Особенно активно идет возобновление *Adonis vernalis* L. Структура морфологических признаков в популяциях этого вида претерпевает изменения в зависимости от типа и интенсивности антропогенного воздействия.

Целью данного исследования было изучение изменчивости морфологических признаков *Adonis vernalis* L. на юго-западе Среднерусской возвышенности.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования были популяции *A. vernalis* L. на юго-западе Среднерусской возвышенности. *A. vernalis* L. - многолетнее травянистое растение, достигающее максимальной высоты до 60 сантиметров. Стебли округлые, голые, прямостоячие. Прикорневые и нижние стебельные листья имеют чешуйчатую форму буроватого цвета. Остальные стеблевые листья сидячие, многораздельные. Светло-желтые цветки одиночные, крупные. Созревшие плоды имеют шаровидную форму, с морщинистой поверхностью. Корневище вертикальное, короткое, темно-бурого цвета. В настоящее время его активно используют при лечении сердечных заболеваний, при этом используется вся его надземная часть: вегетативные и генеративные побеги [1, 2]. Естественные запасы данного растения значительно истощены, так как растение имеет высокую декоративность и короткое корневище, поэтому он легко уничтожается человеком.

Исследовались следующие популяции в Белгородской области. Новооскольский район: 1) окр. с. Богорадово, участок сенокосных угодий плакорной растительности с доминированием *Viola odorata* L., *Achillea millefolium* L.; 2) остепненный участок юго-западного склона у с. Беломестное с доминированием в растительном сообществе *Festuca valesiaca* Schleicht Gaudin, *Plantago major* L.; 3) окр. с. Глинка, участок нетронутой степной растительности с доминированием *Achillea millefolium* L. Губкинский район: 4) склон западной экспозиции участка степной растительности пастбищных угодий на окраине г. Губкина, с доминированием в растительном сообществе *Artemisia absinthium* L. *A. vernalis* L. В популяциях *Adonis vernalis* L. были изучены следующие морфологические признаки растений: высота надземной части растения, диаметр соцветия, число генеративных побегов, длина наиболее длинного листа.

¹ Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом на 2012 год (№ приказа 5.2614.2011).

При исследовании использованы маршрутный способ обследования территорий и статистический метод. При изучении популяций, исследования проводились с учетом антропогенного фактора, то есть учитывали характер и интенсивность хозяйственной деятельности человека. Для расчета статистических значений признаков использовалась программа Excel.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного исследования были выявлены виды, формирующие растительные сообщества в изученных популяциях *Adonis vernalis* L. 1. В окрестностях с. Богорадово в них преобладают *Festuca valesiaca*, *Sonchus arvensis* L., *Viola odorata* L., *Achillea millefolium* L. Здесь присутствуют ювенильные и молодые виргинильные всходы *A. vernalis* L, что свидетельствует о возобновляемости популяции. Необходимо отметить отсутствие растений *A. vernalis* L. около мощных зарослей *Urtica dioica* L., что, может характеризовать почвенные условия в этих экотопах как избыточные по содержанию азота. Как известно *A. vernalis* L. предпочитает известковые почвы.

Результаты исследования морфологических признаков представлены в (табл. 1.) Наибольшее стандартное отклонение имеет высота надземной части и число генеративных побегов. Для этих же признаков характерен наибольший коэффициент вариации. Наименее изменчива длина самого длинного листа и диаметр соцветия.

Таблица 1
Морфологические показатели ценопопуляции *Adonis vernalis* L. в с. Богорадово

Статистические параметры	Признаки			
	высота надземной части, см.	диаметр соцветия, см.	длина наиболее длинного листа, см.	число генеративных побегов, шт
X	±21.11	±3.72	±3.61	±19.4
S	5.63	0.91	0.51	7.83
m _x	±1.87	±0.28	±0.51	±2.47
V, %	26.5	24.1	13.8	40.1

ле генеративных побегов и диаметр соцветия. Коэффициент вариации этих признаков наиболее высокий. Ошибка среднего незначительна, что может свидетельствовать о достоверности полученных результатов.

Таблица 2
Морфологические показатели ценопопуляции *Adonis vernalis* L., окрестности с. Беломестное

Статистические параметры	Признаки			
	высота надземной части, см.	диаметр соцветия, см.	длина наиболее длинного листа, см.	число генеративных побегов, шт
X	±20.4	±3.6	±3.0	±17.8
S	±2.61	±0.64	±0.64	±4.90
m _x	±0.52	±0.12	±0.11	±0.98
V, %	2.4	16.0	3.6	27.5

Centaurea maculata. На юго-восточном склоне популяция *A. vernalis* L. произрастает *Achillea millefolium* L., или *Sagana frutex*. Нужно отметить, что данный вид растения оказывает защитную противэрозионную роль, в растительном сообществе. В (табл. 3) приведены результаты полученные по следующим статистическим параметрам: ошибка среднего, коэффициент вариации.

4. Исследуя склоны западной экспозиции участка степной растительности пастбищных угодий г. Губкина, получились следующие результаты. В геоботаническом плане растительное сообщество, формирующееся на участке степной растительности в окрестностей г. Губкина относится к злаково-разнотравным. Здесь встречаются: *Festuca valesiaca*, *Hieracium pilosella* L., *Artemisia absinthium* L. *A. vernalis* L. представлен в фазе цветения, имеются особи, которые прошли фазу цветения и перешли в фазу плодоношения. Наблюдается тенденция к восстановлению популяции *Adonis vernalis*, о чем свидетельствует присутствие ювенильных и виргинильных особей. Высокая степень изменчивости характерна для статистических значений генеративных побегов и диаметра соцветия, возможно активное влияние антропогенной дея-

2. В результате изучения ценопопуляции *A. vernalis* L. на юго-западном склоне степного участка в окрестностях с. Беломестное, где активно произрастают *Festuca valesiaca*, *Plantago major* L. нами были получены следующие результаты (табл. 2). Наибольшее стандартное отклонение признаков отмечено в чис-

3. При геоботаническом описании участка нетронутой степной растительности с. Глинка установлено, что данный фитоценоз представлен злаково-разнотравными сообществом. Основная часть фитоценоза представлена следующими растениями: *Festuca valesiaca*, *Viola odorata* L., *Plantago major* L., *Achillea millefolium* L.,



тельности человека повлияло на приспособленность вида к данным условиям среды, путем изменчивости исследуемых признаков (табл. 4).

Таблица 4
Морфологические показатели ценопопуляции
Adonis vernalis L., г. Губкин

Статистические параметры	Признаки			
	высота надземной части, см.	диаметр соцветия, см.	длина наиболее длинного листа, см.	число генеративных побегов, шт
X	±20.4	±3.68	±3.03	±17.8
S	±2.61	±0.64	±0.59	±4.90
m _x	±0.52	±0.12	±0.11	±0.98
V, %	2.4	16.0	3.6	40.1

Таблица 3
Морфологические показатели ценопопуляции
Adonis vernalis L., с. Глинка

Статистические параметры	Признаки			
	высота надземной части, см.	диаметр соцветия, см.	длина наиболее длинного листа, см.	число генеративных побегов, шт
X	±19.06	±3.2	±2.7	±5.13
S	±2.24	±0.74	±0.44	±2.06
m _x	±0.57	±0.19	±0.11	±0.53
V, %	11.5	21.8	14.8	27.5

погенно трансформированных экотопах и природных экотопах с высоким уровнем мозаичности условий среды. Значения остальных изученных морфометрических признаков отличались меньшей изменчивостью. К ним относятся: высота надземной части, диаметр соцветия, длина наиболее длинного листа.

Список литературы

1. Баранова О.Г., Дедюхина О.Н., Крамарь О.А., Маркова Е.М., Яговкина О.В. Сравнительный анализ развития особей ряда редких видов растений в культуре и природной флоре Удмуртии // Популяционная биология. – Вып. 1. – 2009. – С. 3-10.
2. Пошкурлат А.П. Род Горичвет – Систематика, распространение, биология. – М.: 2000. – 199 с.

VARIABILITY OF MORPHOLOGICAL FEATURES IN *ADONIS VERNALIS* L. POPULATIONS IN THE SOUTH-WEST OF CENTRAL RUSSIAN UPLAND

I.A. Konyaeva, V.K. Tokhtar'

Belgorod State National Research University, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

The study data on variability of morphological features of *Adonis vernalis* L. populations in the South-West of Central Russian Upland are presented. Habitats and specific structure of vegetative communities of populations are described.

Keywords: *Adonis vernalis*, variability, morphological features.

Заключение

Таким образом, исследование морфологической изменчивости признаков в популяциях *A. vernalis* L. установило, что высокую степень изменчивыми морфологических признаков имеют: высота надземной части и число генеративных побегов. В высокой степени варьирует изменчивость числа генеративных побегов. Такой факт зафиксирован во всех исследованных популяциях. Полученные нами предварительные результаты исследования свидетельствуют о том, что наиболее высокий уровень изменчивости признаков характерен для популяций, формирующихся в антропогенно трансформированных экотопах и природных экотопах с высоким уровнем мозаичности условий среды.

УДК 581.9:581.4

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЕМЯН *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA*L. РАЗЛИЧНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ¹

**В.К. Тохтарь,
Ю.Е. Волобуева**

Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет, Россия, 309015,
г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

Проведен анализ морфологической изменчивости семян *Ambrosia artemisiifolia* L. различного географического происхождения (Европа, Америка, Германия, Россия, Украина). Определен их вес и энергия прорастания, а также корреляционные связи между данными величинами.

Ключевые слова: *Ambrosia artemisiifolia* L., морфология семян, энергия прорастания, масса семян.

Введение

Контроль и предотвращение вторжения инорайонных видов растений относится к одной из наиболее серьезных проблем фундаментальной и прикладной ботаники. Инвазии чужеродных видов в местные сообщества приводят не только к исчезновению раритетных местных видов, но и необратимым последствиям, происходящим в экосистемах [1-6]. Несмотря на многочисленные результаты, полученные ботаниками – прогнозирование распространения видов и успешности их натурализации в различных регионах все еще остается нерешенной задачей исследования. Однако, как было установлено рядом исследователей, зачастую успешность миграции и внедрения вида в новые местообитания может быть связана с размерами семян. В одних случаях крупные семена, благодаря своему весу, позволяют легче достигать почв и прорасти, в других, наоборот, мелкие семена легче проваливаются сквозь густые задернованные поверхности растительного покрова, что также позволяет им инициировать развитие растений. Поэтому характеристики семян и особенности их прорастания могут быть одним из ключевых факторов, определяющих успех вторжения инвазионных видов растений. Одним из наиболее агрессивных инвазионных видов североамериканского происхождения, проявляющим высокую активность в своем распространении является *Ambrosia artemisiifolia* L., который в этом отношении изучен очень слабо.

Целью нашего исследования было изучение морфологической изменчивости размеров семян десяти популяций *Ambrosia artemisiifolia* различного географического происхождения, определение энергии их прорастания, возможно связанной с инвазивностью, а также установление корреляционных зависимостей между ними.

Объект и методы исследования

Исследования морфологических признаков семян *Ambrosia artemisiifolia* были проведены на 10 образцах. Материал был получен нами в октябре 2010 года благодаря любезной помощи профессора Оливера Таккенберга (г. Франкфурт-на-Майне, Германия), который выслал нам семена. Семена из Украины и России были собраны нами самостоятельно, а также присланы научным сотрудником Донецкого ботанического сада НАН Украины, к.б.н. С. Прохоровой.

Семена, обозначенные нами как №1-№4 собраны в популяциях, произрастающих в США, №5-№6 – в Европе; №7- в Германии; №8 – в Украине, г. Донецк, ботанический сад, на рудеральном участке; № 9 – Россия, Белгородская область, Красногвардейский район, с. Казацкое; № 10 – Россия, Белгородская область, Алексеевский район, г. Алексеевка, на железной дороге. Морфологические показатели семян были изучены с помощью эл. микроскопа в Центре коллективного пользования научным оборудованием НИУ «БелГУ» (Рис.1).

¹ Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом на 2012 год (№ приказа 5.2614.2011).

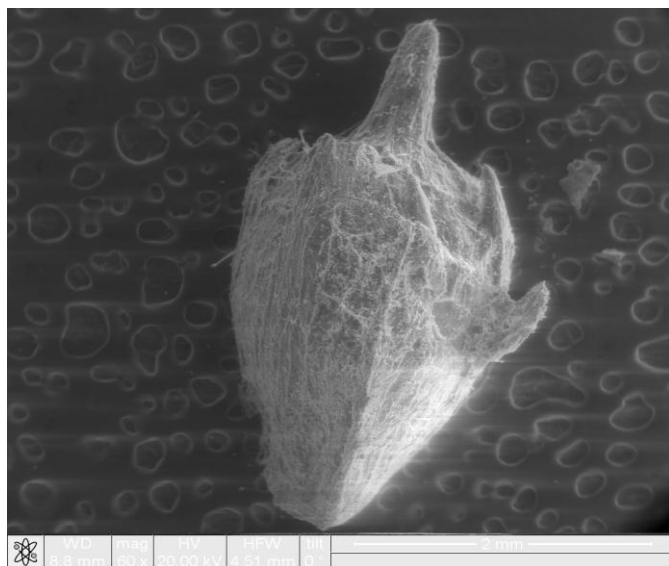


Рис. 1. Семя *Ambrosia artemisiifolia* L.

невысокая; (0.4-0.6) — явно выраженная корреляция; (0.6-0.8) — высокая корреляция; больше 0.8 — очень высокая [8].

Для определения энергии тания семена были подвергнуты тификации в чашках Петри во влажной среде при температуре 4° С в течение 3х недель для прерывания периода покоя. После такой обработки семена были помещены в оптимальные условия прорастания 24° С днем и 15°С ночью в чение двух недель. Семена, которые не проросли за это время, были разрезаны и проверены на наличие живого дыша внутри. Такие спящие семена не учитывались [7].

Результаты измерений обрабаты- вали с помощью статистического пакета программы Microsoft office Excel. Коэф- фициент корреляции между исследуе- мыми данными определяли, с учетом следующих критериев. Связь частичная: 0<R<1. Меньше 0.2 —очень слабая связь; (0.2-0.4) — корреляция есть, но

Результаты исследования и их обсуждение

Данные исследования морфологических признаков семян различных по происхождению популяций растений представлены в табл. 1. Как видно из таблицы 2, вес семян варьирует в существенных пределах. Самый большой вес имеют семена из США — №1, а самый маленький — семена из Германии (№7).

Таблица 1

Характеристика морфологических признаков и массы семян *Ambrosia artemisiifolia* L. различного географического происхождения

Популяции*	Признаки семян		
	ширина (мм)	длина (мм)	длина/ширина (мм)
№1	2.56±0.16	4.00±0.18	1.57±0.07
№2	2.08±0.09	3.47±0.12	1.67±0.06
№3	2.14±0.09	3.69±0.07	1.73±0.07
№4	1.77±0.04	3.19±0.1	1.81±0.06
№5	2.09±0.08	3.70±0.16	1.77±0.06
№6	2.24±0.06	3.85±0.09	1.73±0.03
№7	1.61±0.13	3.04±0.15	1.95±0.10
№8	2.19±0.07	3.60±0.15	1.64±0.03
№9	2.16±0.06	3.64±0.09	1.69±0.03
№10	1.90±0.06	3.42±0.12	1.81±0.07
Среднее знач.	2.07±0.08	3.56±0.09	1.74±0.03

* — характеристики популяций приведены в тексте.

Таблица 2

Вес 100 семян *Ambrosia artemisiifolia* L. различного географического происхождения

Популяция	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10	Сред-нее знач.
Вес (г)	0.64	0.42	0.58	0.38	0.38	0.37	0.28	0.39	0.44	0.45	0.43± 0.03

Таблица 3

Энергия прорастания семян *Ambrosia artemisiifolia* L. различного географического происхождения

Популяция*	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
Энергия про- растания %	80	30	40	40	10	10	60	10	50	40

* — характеристики популяций приведены в тексте.

Высокая энергия прорастания (80%) наблюдается у семян из популяции североамериканского происхождения (№ 1). (табл 3.). Морфологические показатели семян данной популяции находятся немного выше среднего значения по каждому из показателей, а также отличаются относительно высоким весом (табл.2). Высоким процентом проросших семян характеризуются семена из Германии (60%). Морфологические показатели этих семян ниже средних значений по всем показателям.

Оценивая взаимосвязь между полученными данными, был проведен корреляционный анализ (табл. 4). Самая высокая зависимость наблюдается между длиной и шириной семян (0.96), а также между массой и шириной (0.71), массой и длиной (0.66). Предварительный анализ не выявил существенной зависимости между массой и энергией прорастания (0.47).

Таблица 4

Корреляционная зависимость некоторых признаков семян *Ambrosia artemisiifolia* L. различного географического происхождения

Характеристики семян	Ширина (мм)	Длина (мм)	Энергия прорастания %	Масса (г)	Длина/ширина (мм)
Ширина (мм)	1.00				
Длина (мм)	0.96	1.00			
Энергия прорастания %	0.04	-0.09	1.00		
Масса (г)	0.71	0.66	0.47	1.00	
Длина/ширина (мм)	-0.92	-0.80	0.00	-0.67	1

Заключение

Исследование эколого-морфологических характеристик семян *A. artemisiifolia* различного географического происхождения позволило установить, что популяции североамериканского и немецкого происхождения (№1 и № 7 соответственно) характеризовались наибольшим процентом проросших семян. Эта характеристика является одной из наиболее важных в определении степени успешности натурализации адвентивных видов в новых регионах. Семена образцов №5, №6 и № 8, обладали низким процентом всхожести.

Таким образом, по предварительным данным нашего исследования наибольшим потенциалом семян у *A. artemisiifolia*, который в данном случае вполне может определяться процентом проросших семян, обладали семена нативных популяций из США (№1). Высокой способностью к прорастанию обладали также семена немецкого происхождения. Вес семян в первом случае был наибольшим по сравнению с остальными популяциями, а во втором - наименьшим. В результате проведенных исследований была установлена высокая корреляционная связь между длиной и шириной семян и рядом других морфологических величин. Из таблицы 4 видно, что зависимость существует только между морфологическими признаками семян. Данное исследование не выявило явной корреляционной связи между энергией прорастания, значениями морфологических признаков семян и их массой.

Список литературы

1. Crawley, M.J. 1987. What makes a community invisable? In: Gray, A.J., Crawley, M.J. and Edwards, P.J. (eds.), Colonization, Succession and Stability, pp. 429-453. Blackwell Scientific Publications, London.
2. Daehler, C.C and Strong, D.R. 1993. Prediction and biological invasion. Trends Ecol. Evol. 8: 380.
3. D'Antonio, C.M. 1993. Mechanisms controlling invasion of coastal plant communities by the alien succulent *Carpobrotus edulis*. Ecology 74: 83-95.
4. Lonsdale, M. 1999. Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. Ecology 80:1522-1536.
5. Noble, I.R. 1989. Attributes of invaders and the invading process: terrestrial and vascular plants. In: Drake, J.A., Mooney, H.A., di Castri, F., Groves, R.H., Kruger, F.J., Rejmánek, M. and Williamson, M. (eds.), Biological Invasions: a Global Perspective, pp. 301-313. John Wiley and Sons, Chichester.
6. Rejmánek, M. 1996. A theory of seed plant invasiveness: the first sketch. Biol. Conserv. 78: 171-181.
7. Richardson, D.M. and Bond, W.J. 1991. Determinants of plant distribution: evidence from pine invasions. Am. Nat. 137: 639-668.
8. Fumanall B., Chauvell B., Sabatier A., Bretagnolle F. Variability and Cryptic Heteromorphism of *Ambrosia artemisiifolia* Seeds: What Consequences for its Invasion in France? Oxford University Press. Annals of Botany 100 (2): 305-313.
9. Дрейпер И., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. В 2 кн. Кн.2, 2-е изд. М.. 1987, 351 с.



VARIABILITY OF *AMBROSIA ARTEMISIIFOLIA* L. SEEDS OF VARIOUS GEOGRAPHICAL ORIGIN

V.K. Tokhtar, Yu.E. Volobuyeva

Belgorod State National Research University, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: zenino@bk.ru

The analysis of morphological variability of seeds of *Ambrosia artemisiifolia* L. of various geographical origin (Europe, America, Germany, Russia and Ukraine) is carried out. The weight of seeds and energy of germination as well as correlation links between these values have been established.

Keywords: *Ambrosia artemisiifolia* L., morphological features of seeds, energy of germination, the weight of seeds.

УДК 582.632.2 + 631.529+630.232.12

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МЕСТНЫХ И ИНТРОДУЦИРОВАННЫХ ВИДОВ РОДА *SALIX* НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ РОССИИ¹

**Н.А. Демидова,
Т.М. Дуркина**

Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, Россия, 163062, г. Архангельск, ул. Никитова, 13

E-mail: forestry@ptl-arh.ru

Статья посвящена результатам изучения местных и интродуцированных видов рода *Salix* в дендрологическом саду ФБУ «СевНИИЛХ». Лучшими показателями по сохранности и зимостойкости в дендрарии отличаются ивы из природных местообитаний Архангельской области. Представлены виды и формы, отличающиеся высоким содержанием танидов в условиях Севера России. Сделан вывод о возможностях использования генофонда северных ивняков для селекции с целью создания промышленных сортов дубильных ив. Обсуждены возможности использования видов рода *Salix* при плантационном выращивании.

Ключевые слова: дендрарий, интродукция растений, ива (*Salix*), зимостойкость, плантационное выращивание, Европейский Север России.

Введение

Во флоре России насчитывается более 130 видов ивы (*Salix* L.) [1], произрастающих во всех природных зонах страны. Широко распространены ивы и на Европейском Севере России, в том числе в Архангельской области, где встречается около 30 видов этого рода.

Богатство видового состава рода *Salix* L., разнообразие полезных свойств, присущих его видам, в сочетании с их широкой экологической амплитудой открывают большие перспективы для дальнейших работ по введению ивы в культуру, по созданию ее хозяйственно-ценных сортов для плантационного выращивания. Решение этой задачи должно осуществляться путем отбора хозяйственно-ценных видов и форм местной флоры, интродукционного испытания инорайонных видов ивы и гибридизационной работы. При этом большое значение имеет правильное районирование культуры ивы по территории страны. По ряду причин к настоящему времени культура ивы получила наибольшее распространение в центральных и южных областях России. Считается, что культивирование ивы перспективно лишь на территории южнее 62-й параллели [2], т.е. большая часть Европейского Севера России не входит в зону возможного выращивания ивовых плантаций.

Север располагает огромными площадями сильно увлажнённых земель, где кроме ив другие лесные породы растут непродуктивно. Эти земли не пригодны и для сельскохозяйственного использования, но вполне приемлемы для культивирования ивы на специализированных плантациях. Вопрос комплексного использования ивовых насаждений, создание культурных сортов ивы для плантационного выращивания, дающих высокие урожаи сырья, технические качества которого отвечают современным требованиям, являются актуальными вопросами сегодняшнего дня.

Объекты и методы исследования

Исследования проводятся на территории дендрологического сада федерального бюджетного учреждения «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства» (ФБУ «СевНИИЛХ»). Дендросад расположен вблизи г. Архангельска (64°33' с.ш. 39°40' в.д.), в северной подзоне тайги. Климат района исследований морской, субарктический, средняя температура воздуха +0.8°C. Средняя температура января –12.5°C, июля +15.6°C. Абсолютный минимум температуры воздуха составляет –49°C. Среднее количество осадков по многолетним данным составляет 675 мм в год включая летние месяцы с 203 мм. Средняя продолжительность вегетационного периода составляет 136 дней. Устойчивый снеговой покров формируется в ноябре с максимумом в марте месяце. Климат характеризуется частыми сменами воздушных

¹ Исследования проведены в рамках НИР «Сохранение и пополнение коллекции древесных растений дендрологического сада ФБУ «СевНИИЛХ»» при реализации государственного задания на 2012-2014 гг. Федерального агентства лесного хозяйства (Приказ Рослесхоза № 594 от 29.12.2011)



масс. Ни один из летних месяцев не застрахован от заморозков. Зимой же часто происходят оттепели. Почвы бедные, подзолистые.

В практике дендрологического сада заключение о результате интродукции конкретного древесного растения делается на основе материалов многолетних фенологических наблюдений. Изучение сезонного развития интродуцированных растений с фиксацией календарных дат прохождения ими основных фенофаз проводится путём периодического (через 5–10 дней, в зависимости от интенсивности прохождения природных сезонных процессов) осмотра отобранных образцов всех видов коллекции. Изучение зимостойкости древесных интродуцентов как важнейшего показателя их устойчивости на Севере проводится путём оценки результатов перезимовки и сопоставления их с погодными условиями предшествующего вегетационного периода и условиями зимовки.

Результаты исследований и их обсуждение

К интродукционному испытанию видов рода *Salix* было привлечено 148 географических образцов (60 видов и гибридов) ивы. Практика показала, что больше половины видов, привлечённых к испытанию, оказались нестойкими в суровых условиях Европейского Севера России. В настоящее время в коллекции дендросада род *Salix* представлен 39 образцами 24 видов (в т.ч. 3 гибрида). Среди них 12 видов, растущих в природных местообитаниях Северо-востока Европейской части России (таблица). Все виды ив коллекции фонда высажены в дендрарий, где размещены на трех экспозиционных участках.

Таблица

Результаты интродукционного испытания видов рода *Salix* в дендрологическом саду ФБУ «СевНИИЛХ»

№ п/п	№ рег.	Вид	Происхождение разводочного материала	Год появления в коллекции	Сохранность, %	Высота, см	Зимостойкость	Первое цветение	Первое плодоношение
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2118	<i>Salix acutifolia</i> Willd. – ива остролистная или верба красная	Архангельская обл. (А.о.), Приморский р-н	1969	33.3	650–700	1	1982	1982
2	465-71	»	А.о., Приморский р-н	1971	25	500	1	1971	1974
3	401-71	<i>S. alba</i> L. – ива белая или ветла	г. Москва	1971	58.8	800–950	2	1982	1986
4	58-81	<i>S. alata</i> Kar. et Kir ex Stschegl. – ива алаговская	г. Москва	1981	22.2	80–120	2 (3)	1982	
5	292-72	<i>S. caspica</i> Pall. – ива каспийская	г. Москва	1972	30.8	130–180	2–3	1975	1981
6	63-81	»	г. Москва	1982	14.3	190	2 (4)	1986	
7	352-72	<i>S. caudata</i> Heller. – ива хвостатая	г. Москва	1972	12.5	160	2–4	1975	1981
8	62-81	»	г. Москва	1981	8.7	110	2 (4)	1986	
9	29	<i>S. cinerea</i> L. – ива пепельная или серая	А.о., Приморский р-н	1979	100.0	550	1	1980	1980
10	478-71	»	Арх. обл., Примор. р-н	1971	100.0	500	1	1972	
11	300-72	»	г. Москва	1972	100.0	500	2	1975	
12	165-80	»	А.о., Приморский р-н	1980	100.0	450	1	1981	1981
13	415-71	<i>S. dasyclados</i> Wimm. – ива шерстистопобеговая	г. Москва	1971	40.0	400	1	1975	1975
14	107-81	»	г. Архангельск Дендросад, АИ-ЛиЛХ	1981	100.0	850	1 (2)	1987	
15	66-81	<i>S. x forbiana</i> Sm. – ива Форба	г. Москва	1981	58.6	180–430	3–4 (1)	1986	
16	50-81	<i>S. fragilis</i> L. – ива ломкая	г. Москва	1981	66.7	350	2	2006	

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	60-81	<i>S. f. «Bullata»</i> – ива ломкая «Буллата»	г. Москва	1981	96.1	320–600	2		
18	419-71	<i>S. kochiana</i> Trautv. – ива Коха	г. Москва	1971	100.0	240	1 (2)	1972	
19	51-81	<i>S. x laurina</i> Sm. – ива лавроподобная	г. Москва	1981	62.5		2–3 (4)	1985	
20	290-75	<i>S. ledebouriana</i> Trautv. – ива Ледебура	Иркутская обл., п. Мама	1975	17.4		2(3)	1982	1982
21	49-81	<i>S. x meyeriana</i> Rostk. – ива Мейера	г. Москва	1981	6.7	210	2–3	1986	
22	403-71	<i>S. microstachya</i> Turcz. – ива мелкосерожчатая	г. Москва	1971	100.0	650–750	1–2	1976	
23	461-71	<i>S. myrsinifolia</i> Salisb. – ива мирзинолистная	А.о., Приморский р-н	1971	66.7	500	1	1980	
24	468-71	»	А.о., Приморский р-н	1971	60.0	500	2	1981	
25	479-71	»	А.о., Приморский р-н	1971	25.0	380	1	1973	
26	166-80	»	А.о., Приморский р-н	1980	33.3	300	1	1981	
27	467-71	<i>S. phyllicifolia</i> L. – ива филюликолистная	А.о., Приморский р-н	1971	100.0	450–500	1–2	1980	
28	167-80	»	А.о., Приморский р-н	1980	28.6	350	1(2)	1981	
29	30	<i>S. pyrolifolia</i> Ldb. – ива грушанколистная	А.о., Приморский р-н	1979	100.0	800	1	1981	1983
30	417-71	»	г. Москва	1971	100.0	650	1	1975	1980
31	98-05	<i>S. reticulata</i> L. – ива сетчатонервная	А.о., Пинежский р-он, Тараканий Лог	2006	100.0		1		
32	2120	<i>S. rorida</i> Laksch. – ива розистая	Мурманская обл., г. Кировск	1969	66.7		1	1974	1982
33	297-72	<i>S. rosmarinifolia</i> L. – ива розмаринолистная	г. Москва	1972	33.3	110	2	1975	1975
34	2121	<i>S. schwerini</i> E. Wolf. – ива Шверина	Мурманская обл., г. Апатиты	1969	55.5	550–900	1–2 (4)	1972	1975
35	162-80	<i>S. triandra</i> L. – ива трехтычинковая	А.о., Приморский р-н	1980	75.0	850	1	1981	1981
36	163-80	»	А.о., Приморский р-н	1980	100.0	650	1 (2)	1982	1982
37	462-71	»	А.о., Приморский р-н	1971	50.0	550	1	1972	
38	469-71	<i>S. viminalis</i> L. – ива прутовидная	А.о., Приморский р-н	1971	100.0	490	1	1982	1982
39	164-80	»	А.о., Приморский р-н	1980	100.0	490	1	1982	1982

Коллекцию ив мы начали создавать еще в 1969 году. В возрастном отношении все образцы ивы можно разделить на следующие группы: более 40 лет – 41.4%; 20–40 лет – 53.7%; менее 10 лет – 4.9%.

Значительная часть коллекции рода *Salix* выращена из разводочного материала вегетативного происхождения (черенки), полученного из областей Центрального Нечерноземья. Север Европейской части России представлен 21 образцом, 19 из которых выращены из разводочного материала, отобранного в природных местообитаниях Архангельской области. В генеративную стадию развития вступило 22 вида 38 образцов, кроме ивы сетчатонервной (*S. reticulata* L.), появившейся в коллекции в последние годы.

Лучшей сохранностью при выращивании в дендрарии отличаются ивы из природных местообитаний Архангельской области. 100% сохранностью характеризуются ивы: серая (*S. cinerea* L.), шерстистопобеговая (*S. dasyclados* Wimm.), грушанколистная (*S. pyrolifolia* Ldb.), сетчатонервная (*S. reticulata* L.) и прутовидная (*S. viminalis* L.). Сохранность ив московского



происхождения варьирует от 6.7% у ивы Мейера (*S. x meyeriana* Rostk.) до 100% у ив серой (*S. cinerea* L.), мелкосерёжчатой (*S. microstachya* Turcz.) и грушанколистной (*S. pyrolifolia* Ldb.).

В сравнительной оценке успешности испытания большое значение имеет зимостойкость в районе интродукций. На основе многолетнего изучения зимостойкости испытуемых видов ив мы выделили 4 группы:

- очень зимостойкие: виды ивы, отличающиеся наибольшей зимостойкостью (балл – I). В эту группу отнесены 8 видов ив в основном из местных популяций ивняков Архангельской области. Это ивы: остролистная (*S. acutifolia* Willd.), серая (*S. cinerea* L.), шерстистопобеговая (*S. dasyclados* Wimm.), мирзинолистная (*S. myrsinifolia* Salisb.), грушанколистная (*S. pyrolifolia* Ldb.), трёхтычинковая (*S. triandra* L.), прутьевидная (*S. viminalis* L.). Кроме того в эту группу следует отнести иву росистую (*S. rorida* Laksch.) из Полярно-альпийского ботанического сада (г. Кировск, Мурманской обл.). Большинство представителей группы имеют регулярное и обильное цветение, сохраняют присущую виду жизненную форму роста. Эта группа считается одной из наиболее перспективных для выращивания в условиях Севера.

- зимостойкие: виды ивы, отличающиеся достаточно высокой зимостойкостью. В процессе их многолетнего испытания зимостойкость изменялась между (I) и II баллами. Это также многочисленная группа из 17 образцов 14 видов, представленная как местными видами ив, так и интродуцированными из более южных районов. Являясь зимостойкой, эта группа отнесена к перспективным в условиях Севера. Наибольшее внимания заслуживают следующие виды ив: ломкая (*S. fragilis* L.), Коха (*S. kochiana* Trautv.), белая (*S. alba* L.), Шверина (*S. schwerini* E. Wolf.), мелкосерёжчатая (*S. microstachya* Turcz.). Большинство представителей этой группы имеют регулярное и нередко обильное цветение, сохраняют присущую виду жизненную форму роста.

- менее зимостойкие: в процессе многолетнего испытания зимостойкость варьировала между II и III баллами. Группа представлена 8 образцами 6 видов ив, полученных преимущественно из Москвы. Эта группа также отнесена к перспективным в условиях Севера. Наибольшее внимания заслуживают следующие виды ив: Ледбура (*S. ledebouriana* Trautv.) и каспийская (*S. caspica* Pall.).

- низко зимостойкие: наименее перспективная группа ив с зимостойкостью III–IV балла и ниже. В 1988 году В.И. Бормотовым [3] было выделено 12 видов ивы, полученных преимущественно из Москвы, отличавшихся низкой зимостойкостью: поздно начинали рост и не успевали закончить ростовые процессы до наступления морозного периода. Большинство из них росло в виде куста. Типичными представителями для данной группы были ивы: вавилонская (*S. babylonica* L.), пурпурная (*S. purpurea* L.), Пьеро (*S. pierotii* Mig.). Образцы этих ив полностью погибли в процессе последующего интродукционного испытания. В настоящее время к этой группе можно отнести 1 образец ивы Форба (*S. forbiana* Sm.).

Большинство древовидных и кустарниковых ив отличается быстрым ростом. Хозяйственная ценность древесины состоит в том, что она обладает редким техническим свойством – гибкостью в молодом возрасте. Ивовый прут является классическим сырьем для изготовления корзин и плетения мебели. Благодаря легкости размножения и скорости роста многие виды ив незаменимы при защитном разведении, при облесении песков и укреплении берегов водоемов. Плакучесть крон, серебристая окраска или темный глянец листьев и другие декоративные качества некоторых видов ивы определяют их широкое использование при озеленении населенных пунктов. Одним из наиболее важных направлений применения ивы является использование её коры для выработки дубильных экстрактов [4,5,6]. Кора многих видов ивы с незапамятных времен применяется для дубления кож и до сих пор преобладает в группе растительных дубителей. Способность ивы быстро накапливать большую массу древесины позволяет рассматривать ее в качестве перспективной породы для химической переработки. Среди растительных дубителей кора ивы занимает одно из первых мест. По данным В.И. Чурсина [7], в России за последние годы выпуск ивового, дубового экстрактов, а также экстрактов из древесины хвойных пород практически прекращен, но в тоже время за рубежом использование растительных дубителей, отвечающих требованиям экологии, постоянно расширяется.

По возможности хозяйственного использования ивы, прошедшие испытание в условиях дендросада, можно разделить на следующие группы:

- группа танидных ив: грушанколистная (*S. pyrolifolia* Ledeb.), мирзинолистная (*S. myrsinifolia* Salisb.), прутьевидная (*S. viminalis* L.), козья (*S. caprea* L.), серая (*S. cinerea* L.), филиколистная (*S. phlyicifolia* L.), трёхтычинковая (*S. triandra* L.);

- группа корзиночных ив: прутьевидная (*S. viminalis* L.), шерстистопобеговая (*S. dasyclados* Wimm.), остролистная (*S. acutifolia* Willd.), каспийская (*S. caspica* Pall.), трёхтычинковая (*S. triandra* L.), мелкосерёжчатая (*S. microstachya* Turcz.), розмаринолистная (*S. rosmarinifolia* L.);

- группа для производства строительных и хозяйственных материалов: белая (*S. alba* L.), ломкая (*S. fragilis* L.), грушанколистная (*S. pyrolifolia* Ledeb.), росистая (*S. rorida* Laksch.), трёхтычинковая (*S. triandra* L.);

- группа для использования в лесохимии (целлюлоза): серая (*S. cinerea* L.), белая (*S. alba* L.), ломкая (*S. fragilis* L.), Шверина (*S. schwerini* E. Wolf.), мелкосерёжчатая (*S. microstachya* Turcz.), грушанколистная (*S. pyrolifolia* Ledeb.);

- группа для целей лесозащитного разведения и озеленения: белая (*S. alba* L.), ломкая (*S. fragilis* L.), остролистная (*S. acutifolia* Willd.), алатавская (*S. alata* Kar. et Kir ex Stschegl.), мирзинолистная (*S. myrsinifolia* Salisb.), филиколистная (*S. phyllicifolia* L.), грушанколистная (*S. pyrolifolia* Ledeb.), сетчатонервная (*S. reticulata* L.), росистая (*S. rorida* Laksch.), розмаринолистная (*S. rosmarinifolia* L.), Шверина (*S. schwerini* E. Wolf.), каспийская (*S. caspica* Pall.), шерстистопобеговая (*S. dasyclados* Wimm.), Коха (*S. kochiana* Trautv.), мелкосерёжчатая (*S. microstachya* Turcz.), трёхтычинковая (*S. triandra* L.).

В настоящее время на Европейском Севере России ивы не используются ни в практике лесного хозяйства, ни в химической промышленности. Но жизнь идёт вперёд, растёт потребность в древесине для целлюлозно-бумажного и танидного производства, производства биотоплива, строительных и хозяйственных материалов, для защитного лесоразведения и др. Необходимость выращивания быстрорастущих пород, в том числе и ивы, приобретает всё большее значение.

Для обеспечения промышленности сырьем и удовлетворения потребностей в растительных дубителях необходимо создать стабильную базу растительного сырья. Одним из путей решения этого вопроса является плантационное выращивание высокотаннидных сортов ивы.

Проблемой ивы и её культурой в СевНИИЛХ стали заниматься с 1979 г. В условиях Европейского Севера России ива на предмет её искусственного выращивания ранее не испытывалась. В дендрологическом саду были изучены возможности вегетативного размножения ив, отличающихся большим содержанием танидов.

Литературные сведения о танидности ив Севера европейской части РФ довольно противоречивы. Считается, что наилучшим дубильным сырьем является кора ив из средней России [8,9]. Однако Г.Н. Шлыков [10] пришел к выводу, что «кора ив из северных районов содержит дубильные вещества в большем количестве, чем из южных». Эти различия в оценке танидности коры северных ивняков свидетельствуют о недостаточной их изученности.

В результате проведенных исследований в дендросаду ФБУ «СевНИИЛХ» выявлены ивы с высоким содержанием танидов в коре, в 1.5–2.0 раза превышающим требования дубильно-экстрактового производства. Исследованные виды в порядке возрастания танидности, по данным В.И. Бормотова и В.Н. Нилова [11], располагаются следующим образом: пятитычинковая (*S. pentandra* L.) – 8.9%, грушанколистная (*S. pyrolifolia* Ledeb.) – 9.2%, прутовидная (*S. viminalis* L.) – 10.7%, козья (*S. caprea* L.) – 13.4%, мирзинолистная (*S. myrsinifolia* Salisb.) – 14.1%, серая (*S. cinerea* L.) – 15.9%, филиколистная (*S. phyllicifolia* L.) – 18.2%, трёхтычинковая (*S. triandra* L.) – 18.8%. Одним из важнейших результатов их исследований явилось то, что были выявлены растения, отличающиеся высоким и очень высоким содержанием танидов в условиях Севера России, что свидетельствует о возможностях использования генофонда северных ивняков для селекции с целью создания промышленных сортов дубильных ив. Кроме того, отобрано 25 растений 6 видов и двух природных гибридов ив, которые в дальнейшем могут быть использованы при создании высокотаннидных сортов для плантационного выращивания в промышленных целях [12].

Изучение танидных ив при выращивании в плантационной посадке выявило различия в побегообразовательной способности при вегетативном размножении разных видов ив, особенностями их роста и накопления массы коры с возрастом.

Из интродуцированных видов ив танидность коры изучалась лишь у трёх видов манчжурской флоры: ивы Шверина (*S. Schwerini* E. Wolf.), ивы росистой (*S. rorida* Laksch.) и ивы тонколистной (*S. tenuifolia* Turcz.). По данным В.И. Бормотова и М.А. Павловой [13], кора ивы Шверина (*S. Schwerini* E. Wolf.) содержит 15.0% танидов при доброкачественности 50.6%, т.е. характеризуется значительно лучшими показателями, чем близкий ей вид местной флоры ива прутовидная (*S. viminalis* L.).

Другие изучавшиеся интродуцированные виды имеют низкие показатели танидности коры и значительно уступают по этому признаку лучшим местным ивам [13].

В дендрологическом саду была начата селекционная работа по выведению новых сортов корзиночных ив для местных условий на основе отбора лучших видов и форм по урожайности и качеству прута из природных местообитаний региона и инорайонных видов и их целенаправленной гибридизации. Получены гибридные сеянцы ивы каспийской с ивой Коха, а



также ивы каспийской с местными видами ивы: трехтычинковой (*S. triandra* L.) и прутовидной (*S. viminalis* L.). Заложена опытная плантация корзиночных ив.

Для определения возможностей вегетативного размножения изучаемых видов и форм, а также разработки агротехники плантационного выращивания в дендрологическом саду института под руководством к.с.-н. В.Н. Нилова в пойме реки Юрас был заложен ряд опытных плантаций. Плантации заложены по эколого-видовому принципу – отбирались образцы тех видов, которые соответствовали условиям произрастания – преимущественно виды мезогигрофитного-мезоэуτροφного ряда. Это ивы: серая (*S. cinerea* L.), мирзинолистная (*S. myrsinifolia* Salisb.), пятитычинковая (*Salix pentandra* L.), филиколистная (*S. phylicifolia* L.), грушанколистная (*S. pyrolifolia* Ledeb.), трёхтычинковая *S. triandra* L.), прутовидная (*S. viminalis* L.).

По энергии роста выращиваемые на плантации ивы располагаются в следующем порядке (по мере увеличения): пятитычинковая (*S. pentandra* L.), серая (*S. cinerea* L.), филиколистная (*S. phylicifolia* L.), мирзинолистная (*S. myrsinifolia* Salisb.), грушанколистная (*S. pyrolifolia* Ledeb.), трёхтычинковая (*S. triandra* L.) и прутовидная (*S. viminalis* L.) [12].

Плантация в год закладки характеризовалась почти 100%-ной приживаемостью (укореняемостью) черенков. Побегообразовательная способность в посадках в наибольшей степени выражалась в первый год у ив филиколистной (*S. phylacifolia* L.) и серой (*S. cinerea* L.) – в среднем 16 побегов на один куст, и несколько меньшей – у трехтычинковой (*S. triandra* L.) – 14 побегов. Наименьшим числом побегов на кусте характеризовалась ива прутовидная (*S. viminalis* L.) [12].

Наиболее интенсивным ростом в высоту и по диаметру на уровне 1.3 м отличаются ивы прутовидная (*S. viminalis* L.) и ива трехтычинковая (*S. triandra* L.).

В результате были определены основные положения региональной технологии выращивания ивы. В ассортиментный минимум включаются ивы трехтычинковая (*S. triandra* L.), филиколистная (*S. phylacifolia* L.) и серая (*S. cinerea* L.).

Выводы

К интродукционному испытанию видов рода *Salix* было привлечено 148 географических образцов (60 видов и гибридов) ивы. В настоящее время в коллекции дендросада род *Salix* представлен 39 образцами 24 видов (в т.ч. 3 гибрида). Среди них 12 видов, растущих в природных местообитаниях Северо-востока Европейской части России.

Лучшей сохранностью при выращивании в дендрарии отличаются ивы из природных местообитаний Архангельской области. 100%-ной сохранностью характеризуются ивы: серая (*S. cinerea* L.), шерстистопобеговая (*S. dasyclados* Wimm.), грушанколистная (*S. pyrolifolia* Ldb.), сетчатонервная (*S. reticulata* L.) и прутовидная (*S. viminalis* L.).

На основе многолетнего изучения выделено 4 группы зимостойких видов ивы.

Выявлены виды и формы, отличающиеся высоким и очень высоким содержанием танидов в условиях Севера России, что свидетельствует о возможностях использования генофонда северных ивняков для селекции с целью создания промышленных сортов дубильных ив.

Список литературы

1. Скворцов А.К. Ивы СССР. – М., 1968. – 262 с.
2. Морозов И.Р. Определитель ив и их культура. – Москва: Лесная промышленность, 1966. – 254 с.
3. Бормотов В.И. Предварительная оценка перспективности ив для интродукции на Европейский Север // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1988 год. – Архангельск, 1989. – С.81–82.
4. Правдин Л.Ф. Ива, ее культура и использование. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 168 с.
5. Левицкий И. И. Ива и ее использование. – М., 1965. – 97 с.
6. Сидоров А. И. Танидные ивы. – М., 1978. – 119 с.
7. Чурсин В.И. Влияние исходных компонентов на кожевенно-технологические свойства полимеррастительных дубителей // Кожа и обувь. – СПб., 2009. – С.12–14.
8. Сергеев М. А. О качестве коры ивы, ели и дуба // Вестн. кожевенной пром-сти и торговли. – 1928. – №6–7. – С.297–298.
9. Виленский Е.Х. Дубильные ивы и их рациональное использование. – М.–Л., 1941. – 80 с.
10. Шлыков Г.Н. Дубильные растения СССР. – М.–Л., 1932. – 190 с.
11. Бормотов В.И., Нилов В.Н. Танидность видов *Salix* L. Архангельской области // Растительные ресурсы. – 1987. – XXIII. – №2. – С.234–238.
12. Бормотов В.И. Плантационное выращивание танидных ив в условиях Севера // Вопросы интродукции хозяйственно ценных древесных пород на Европейский Север. – Архангельск, 1989. – С.108–116.
13. Бормотов В.И., Павлова М.А. Влияние минеральных удобрений на рост ивы и танидность её коры // Материалы отчетной сессии по итогам НИР за 1986 год. – Архангельск, 1987. – С.89–90.

TEST RESULTS OF THE LOCAL AND INTRODUCED *SALIX* SPECIES IN THE EUROPEAN NORTH OF RUSSIA

N.A. Demidova, T.M. Durkina

*Northern Research Institute of Fore-
stry, 13, Nikitov St., Arkhangelsk,
163062, Russia*

E-mail: forestry@ptl-arh.ru

This paper is devoted to the results of the study of local and introduced *Salix* species in the dendrological garden of FBI "NRIF". In the arboretum, willows from natural habitats of Arkhangelsk Region possess the best indexes of survival and winter hardiness. Species and forms demonstrating high tannin content in the conditions of Russian North are presented. The conclusion is drawn about possibilities of using the northern willows gene pool for the selection aimed on the creating of commercial species of tannic willows. The opportunities of using *Salix* species in plantation growth have been discussed.

Keywords: arboretum, plant introduction, willow (*Salix*), winter hardiness, plantation growth, European North of Russia.



УДК 575.21: 634.722

ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ КРАСНОЙ СМОРОДИНЫ В БАССЕЙНЕ СРЕДНЕЙ ЛЕНЫ

С.М. Сабарайкина

Институт биологических
проблем криолитозоны СО РАН,
Россия, 677007,
Республика Саха (Якутия),
г. Якутск, пр. Ленина 41

E-mail: sabaraikina@mail.ru

Изучена внутривидовая изменчивость 10 качественных и 7 количественных признаков листа. В результате анализа полученных данных, определены наиболее стабильные и лабильные признаки листа. Качественные признаки окраска, форма, плотность листа, края листовой пластинки, основание лопастей оказались наиболее стабильными и могут быть использованы в дальнейшем селекционных работ. Наибольшая изменчивость выявлена в количественных признаках.

Ключевые слова: Красная смородина; популяция, лист; изменчивость; стабильные и лабильные признаки.

Введение

Красная смородина широко распространена в Якутии. Она встречается во всех лесных сообществах, среди горной растительности, в тундре и лесотундре. Красная смородина долговечна, не требовательна к почве, засухоустойчива и жаростойка, слабо подвержена поражению болезнями и повреждению вредителями, имеет стабильный ежегодный урожай.

В Якутии естественно произрастают 3 вида красной смородины. Из них наиболее распространена смородина голенькая – *Ribes glabellum* (Trautv. et Meyer) Hedl. Урожайность дикорастущих зарослей красной смородины низкая и зависит от условий вегетационного сезона. Отбор дикорастущих кустов и введение их в культуру позволит получить формообразцы, которые в дальнейшем можно использовать в интродукции и селекции.

С этой целью были проведены сравнительные исследования для выявления границ изменчивости морфологических признаков исходного вида, изучения характера и степени изменчивости листа красной смородины в условиях Центральной Якутии.

Методы и объекты исследования

Исследования красной смородины проведены с 2005 по 2007г.г. в 5 популяциях Намского района Республики Саха (Якутия). Намский район расположен в 84 км южнее г. Якутска, территория района также проходит вдоль реки Лена. Исследованы окрестности 6 сел: 1-Хомуस्ताах, Нам, Бетюн, Тюбя, Хатырык, Искра, Таастах. Протяженность территории исследований составляет около 300 км, ширина 100 км. Популяции во всех исследованных точках были приурочены к мелколиственным и хвойно-мелколиственным лесам. В каждой популяции на площади 100×100 м случайным образом отбирались растения. Были исследованы следующие морфологические признаки: высота растения, длина и окраска однолетнего побега, форма, длина и ширина листа, окраска, опушение, поверхность листа, угол между главной и боковой лопастью, угол между 2 боковыми лопастями, основание и верхушка листа, края листовой пластинки, длина, окраска и опушение листового черешка.

Выявление закономерностей внутривидовой изменчивости вида *Ribes glabellum* смородины голенькой проведены согласно методическим рекомендациям С.А. Мамаева [2]. Амплитуду изменчивости количественных признаков определяли по величине коэффициента вариации (CV,%) с использованием шкалы уровней изменчивости признаков: очень низкий – до 7%, низкий – 7-12 %, средний 13-20%, высокий – 21-40%. Листья собирали со второй половины июля, в момент полной их сформированности. При отборе проб основывались на методические рекомендации А.К. Махнева [3]. Листья были взяты со среднего яруса, средней части однолетних побегов. Статистическую обработку данных проводили по Б.А. Доспехову [4] с использованием программы *Microsoft Excel*.

Результаты исследований и их обсуждение

Нами описаны 5 типов леса в окрестностях выше названных сел (табл. 1). Лиственничник голубично-моховой, лес сырых местопроизрастаний с застойным типом увлажнения (1 тип). Расположен на пониженном участке надпойменной террасы долины реки Лена. Три

типа: лиственничник разнотравно-брусничный (2 тип), ельник кустарниковый хвощево-зеленомошный (3 тип), березняк с ивой смородиновый разнотравный (4 тип), образуют небольшие узкие массивы на вершине и склоне коренного берега реки Лена, и относятся к типу среднеувлажненных лесов. Последний тип леса ельник шиповниковый бруснично-моховый (5 тип) расположен на высокой пойме, относится к типу леса сухих местопроизрастаний. Как видно из таблицы 1, красная смородина обильно произрастает в лесах сырых местопроизрастаний.

Таблица 1
Характеристика растительных сообществ мест произрастания *Ribes glabellum* в Намском районе Якутии

Лиственничник разнотравно-брусничный	Лиственничник с елью голубично-моховой	Березняк с ивой смородиновый разнотравный	Ельник шиповниковый бруснично-моховый	Ельник кустарниковый хвощево-зеленомошный
сор 1	сор 2	сор 1	sp	sp

Примечание: сор 1 – растения довольно обильны, сор 2 – растения обильны, sp – растения редки.

В литературных источниках [5-9] красная смородина описана как, растение высотой 1-3 м с побегами серого или желтоватого цвета. Древесина зеленоватая со светлой сердцевинной. Нами отмечено, что максимальная высота куста в популяциях Намского района составляет 1, 2 м в лесах с достаточным увлажнением (табл. 2). В сильно увлажненных местах красная смородина растет зарослями, кусты рыхлые, раскидистые, побеги толстые, мощные. В сухих и среднеувлажненных местах кусты компактные, скелетные ветви растут косо вверх или прямые, со слабо растрескивающейся корой, однолетние побеги тонкие. Окраска старых побегов во всех популяциях серая. Однолетние побеги вертикальные, бледно-желтого цвета с серыми пятнами, не опушены. В 2 популяциях отмечена серая и бледно-желтая окраска однолетних побегов. Среднее число пазушных почек на побеге по всем изученным популяциям в Намском районе составило 8.2 ± 0.2 шт. Длина однолетнего побега в популяциях составила – 14.4 ± 0.3 см.

Таблица 2
Изменчивость качественных признаков *Ribes glabellum*

Признаки	Лиственничник разнотравно-брусничный	Лиственничник с елью голубично-моховой	Березняк с ивой смородиновый разнотравный	Ельник шиповниковый бруснично-моховый	Ельник кустарниковый хвощево-зеленомошный
Высота куста, м	1.3 ± 0.1	1.6 ± 0.2	1.4 ± 0.1	0.5 ± 0.2	1.1 ± 0.3
Габитус куста	Раскидистый	Раскидистый	Компактный, прямостоячий	Компактный, прямостоячий	Раскидистый
Окраска 1 побега	Светло-желтая	Серая	Светло-желтая	Серая	Светло-желтая
Окраска старых побегов	Серая	Серая	Серая	Серая	Серая
Форма листа	Симметричная, правильная, 5-лопастная	Симметричная, правильная, 5-лопастная	Симметричная, правильная, 5-лопастная	Симметричная, правильная, 5-лопастная	Симметричная, правильная, 5-лопастная
Окраска листа	Светло-зеленая	Зеленая	Зеленая	Светло-зеленая	Темно-зеленая
Развитость лопастей	Четко выделены 3	Хорошо развиты	Хорошо развиты	Хорошо развиты	Четко выделены 3
Верхушка листовой пластинки	Острая	Острая	Острая	Острая	Острая
Основание листа	Сердцевидное	Сердцевидное	Сердцевидное	Сердцевидное	Сердцевидное
Края листовой пластинки	Зубчатые	Зубчатые	Зубчатые	Зубчатые	Зубчатые
Опушенность листа	Снизу опушен	Снизу опушен	Снизу опушен	Снизу опушен	Снизу опушен
Угол между боковой лопастью и главной	90	80	90	95	90
Угол между 2 боковыми лопастями	120	110	120	125	120
Опушенность листового черешка	Опушен	Густо опушен	Опушен	Опушен	Опушен
Окраска листового черешка	Красная	Зеленая	Розовая	Розовая	Красная



Согласно литературным описаниям [5-9] листья красной смородины очередные, цельные, 3-5-лопастные с зазубренными краями и гладким блестящим верхом. Нижняя сторона листа более светлого оттенка, иногда с опушёнными жилками. Листья сидят на черешках различной длины, листовой черешок опушен. На нижней стороне листовой пластинки красной смородины эфирных желёзок нет.

По нашим наблюдениям в лесах с достаточным увлажнением листья красной смородины темно-зеленые, крупные, сочные. Поверхность листьев бывает блестящей и матовой. Плотность листа – кожистая и тонкая. В более сухих популяциях листья зеленые и светло-зеленые, средние и мелкие. Плотность листа тонкая, поверхность матовая. Лист цельный, простой. Во всех исследуемых популяциях отмечен симметричный, правильно сформированный лист. В единичных случаях лист был искривлен в правую или левую сторону. Лист с 3 четко выраженными и 2 слабовыраженными лопастями. Лопасты заостренные. Средняя лопасть превышает боковые, широкая. Верхние стороны боковых лопастей лежат на одной прямой. Угол между средними жилками боковых лопастей тупой. Угол между боковой и главной лопастью острый. Базальные лопасти небольшие, верхушки заостренные, со слегка откинутой книзу верхушкой. Жилкование листа перистое. Основание листа с выемкой средней глубины. Зубчики крупные, тупые, с ясными «коготками».

Ширина листа была наибольшей у растений, произрастающих в смешанном березово-ивовом лесу окрестностей с. Тюбя и составляет 10.2 ± 0.1 см. Растения с минимальной шириной листа произрастали в хвойно-лиственном лесу в окрестностях сел Нам, 1-Хомустаах. Средняя ширина листа по всем популяциям составило $7,12 \pm 0,1$ см, изменчивость признака составила 21%.

Длина листа оказалась максимальной у особей, произрастающих в хвойно-лиственном лесу с. Хатырык и составляет 8.3 ± 0.2 см. Растения с минимальной длиной листа произрастали в ивово-березовом лиственном лесу с. Нам и 1-Хомустаах. Средняя длина листа по всем популяциям составило $6,78 \pm 0,4$ см, изменчивость равна 29%.

Листовой черешок красной смородины зеленый, длинный, толстый, с длинными волосками. Средняя длина листового черешка составляет 8.34 ± 0.1 см. Длине листового черешка присуща высокая степень (27%) изменчивости.

Выводы

В условиях Центральной Якутии в течение нескольких лет были проведены исследования морфологических признаков листа на примере смородины голенькой *R. glabellum*.

Из 14 описанных качественных признаков наиболее значимыми признаками являются форма листа, выраженность лопастей, форма и основание листа, опушение листа и листового черешка. Полученные нами данные по 7 признакам (форма, опушение, жилкование, основание и верхушка листа, форма лопастей, опушение листового черешка, краям листовой пластинки) подтверждаются литературными [5-9]. Данные по 4 признакам (окраске и размерам листа, окраске и толщине однолетнего побега) нами дополнены. В описании 4 признаков (поверхности и плотности листа, расположения боковых лопастей и главного) нами внесены уточнения.

Наиболее стабильными качественными признаками являются 7 признаков (форма, опушение, жилкование, основание и верхушка листа, форма лопастей, опушение листового черешка, краям листовой пластинки). Наибольшая изменчивость выявлена в 4 признаках (окраске и размерам листа, длине и окраске однолетнего побега).

Изучено 7 количественных признаков (высота куста, длина однолетнего побега, ширина и длина листа, длина листового черешка, соотношение углов боковых лопастей и главного). Высокой изменчивостью характеризуются 3 признака (ширина и длина листа, длина листового черешка), средней 2 признака (высота куста, длина однолетнего побега), низкой изменчивостью 2 признака (соотношение углов боковых лопастей и главного). При сравнении исследованных количественных признаков в условиях природы и культуры отмечено, что условия культуры значительно стабилизируют их. Это подтверждается низкой степенью изменчивости размеров листьев и длине листового черешка в условиях культуры.

Красная смородина предпочитает расти в лиственныхниках с елью бруснично-зеленомошных с мерзлотно-палевыми супесчано-суглинистыми почвами.

Список литературы

1. Определитель высших растений Якутии / [под ред. В.Н. Андреева и др.]. – Новосибирск: Наука, 1974. – 542 с.
2. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. – М.: Наука, 1972. – 284 с.
3. Махнев А.К. Внутривидовая изменчивость и популяционная структура берез секции *Albae* и *Nanae*. М. 1987. – 129 с.

4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Малышев Л.И. Флора Сибири. – Новосибирск: Наука, 1994. Т.7.– С. 208-312.
6. Пояркова А.И. Смородина *Ribes L.* / Флора СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1939. – Т. IX. – С. 226-267.
7. Растительные ресурсы СССР / Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейство Крыжовниковые. – Л.: Наука, 1987. – 324 с.
8. Флора СССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – Т.9. – С. 226-270.
9. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 706 с.

VARIABILITY OF THE MORPHOLOGICAL CHARACTERS OF RED CURRANT IN THE MIDDLE LENA BASIN

S.M. Sabaraikina

*Institute for Biological Problems of
Cryolithozone Siberian Branch of RAS,
Yakutsk Botanical Garden, 41, Lenina
Av., Yakutsk, 677980, Republic
of Sakha (Yakutia), Russia*

E-mail: sabaraikina@mail.ru

The intraspecific variability of 10 qualitative and 7 quantitative characters of the leaf has been studied. As a result of the analysis of the received data the most stable and labile characters of leaf have been determined. Qualitative attributes – color, shape, leaf density, edges of the leaf blade, leaf base proved the most stable and can be used for the later breeding. The greatest variability was found in quantitative characters.

Keywords: Red currant, population, leaf, variability, stable and labile characters.



УДК 574.633(282.242.413.5) + 571.583(28):581

ХАРАКТЕРИСТИКА САПРОБНОСТИ МЕЛКОВОДИЙ И ПЕЛАГИАЛИ ВОЛЖСКОГО ПЛЁСА РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ФИТОПЛАНКТОНУ

**В.В. Соловьева,
Л.Г. Корнева**

*Институт биологии
внутренних вод РАН, Россия,
152742, Ярославская обл.,
Некоузский р-н, пос. Борок*

*E-mail: solo@ibiw.yaroslavl.ru,
korneva@ibiw.yaroslavl.ru*

По результатам исследования фитопланктона в 1997 г. даётся сравнительная характеристика сапробности разнотипных мелководных и глубоководных участков Волжского плёса Рыбинского водохранилища.

Ключевые слова: фитопланктон, сапробность, Волжский плёс Рыбинского водохранилища.

Введение

Сапробиотический подход в оценке качества вод в России, Австрии, Чешской республике и Германии существует уже более 100 лет. В настоящее время делаются попытки совместить его с методологией европейской оценки экологического состояния водных объектов, принятой рамочной директивой ЕС [1]. Оценка сапробности вод открытой части Рыбинского водохранилища проводилась с 1950-х до 2005 г. [2]. До сих пор без достаточного внимания в этом отношении остается прибрежное мелководье водоёма. Сапробная характеристика различных прибрежных участков водохранилища по индикаторным видам фитопланктона была представлена лишь по летним данным 1989 г. [3].

Качество воды в прибрежной зоне формируется под влиянием водосбора и открытой части водохранилища. Участвуя в трансформации органических и минеральных веществ, поступающих с водосбора, водоросли выполняют основную функцию в самоочищении их вод, способствуя устойчивости водных экосистем. Цель работы – сравнительная характеристика сапробности и оценка качества воды по индикаторным видам фитопланктона прибрежных мелководий разного типа и пелагиали Волжского плёса Рыбинского водохранилища.

Материал и методы исследования

Рыбинское – второе по размерам (4550 км²) в каскаде волжских водохранилищ, относится к категории мелководных (средняя глубина 5.6 м), мезогумозных (средняя цветность ~ 60 град.), среднeminерализованных (средняя сумма ионов 170 мг/л) водоемов мезотрофно-этрофного типа [4]. Волжский плёс – один из речных участков водохранилища общей площадью 550 км². Мелководная зона плёса до изобаты 4 м занимает до 53% от его площади при НПУ [5].

Для анализа использованы данные, собранные с недельным интервалом в июне – октябре 1997 г. на 7 станциях (рис. 1). Участок прибрежья, где располагались станции 1–3, характеризовался как защищённое мелководье и был отделен от открытой части водохранилища Хохотским островом. Станции 4–6 находились в открытом прибрежье, глубоководная ст. 7 – в открытой части водохранилища, на бывшем русле р. Волги. Глубина водной толщи на станциях защищённого мелководья изменялась от 0.4 до 2.8 м, открытого – от 0.5 до 5.5 м, глубоководного участка – от 10.5 до 13.0 м [6]. Пробы на мелководье отбирали утяжелённым ведром путем его протаскивания через всю толщу воды, на глубоководной станции – батометром Руттнера с каждого 0.5-метрового горизонта от поверхности до дна, которые затем смешивали в равных объёмах воды.

Фитопланктон концентрировали путем прямой фильтрации при слабом давлении поочередно через мембранные фильтры с диаметром пор 3–5 мкм, а затем – 1.2–1.5 мкм и фиксировали раствором Люголя с добавлением формалина и ледяной уксусной кислоты. Клетки водорослей учитывали в счётной камере «Учинская» объёмом 0.02 мл, биомассу определяли счётно-объёмным методом [7]. Оценку сапробности проводили с помощью индекса Пантле-Букка [8] в модификации Сладечека [9], рассчитанного как по численности (S_N), так и по биомассе фито-

планктона (S_B), оценку качества воды – по шкале, предложенной в [10]. Для оценки индикаторной значимости отдельных видов использовали списки Вегла [11].

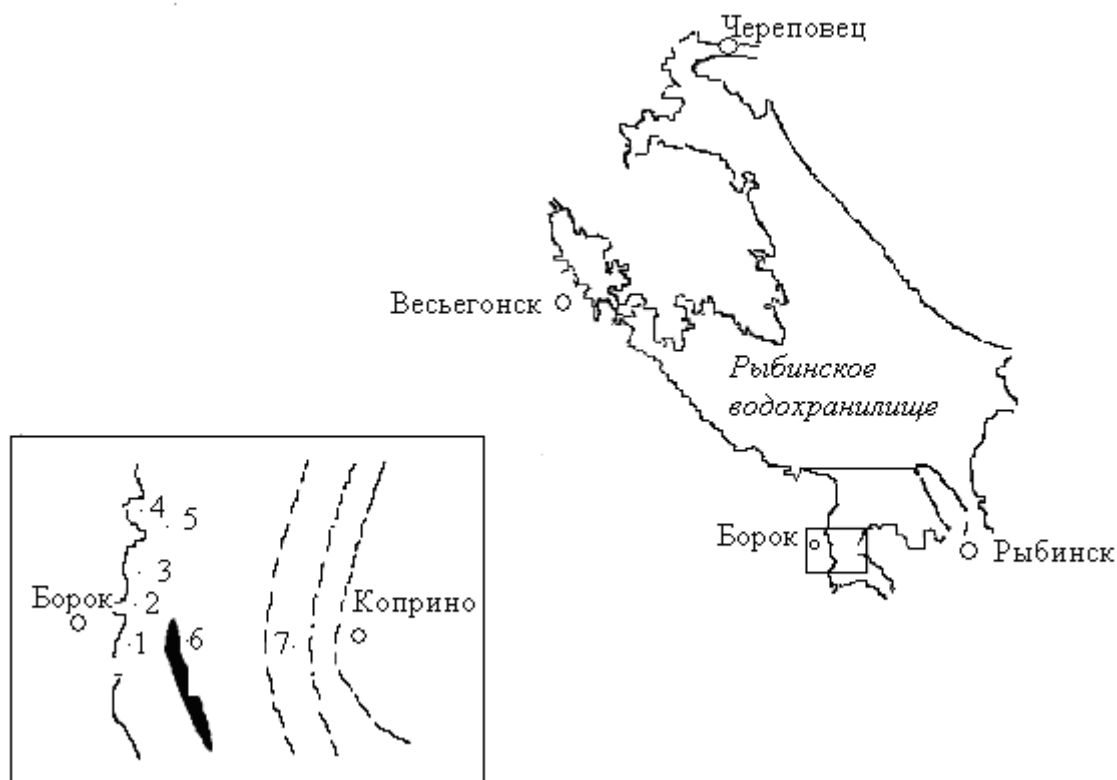


Рис. 1. Схема расположения станций в прибрежье Рыбинского водохранилища. 1–7 – номера станций

Результаты и их обсуждение

Из зарегистрированных в составе фитопланктона 382 таксонов рангом ниже рода [6] выявлено 187 видов – индикаторов сапробности (табл. 1). Наибольшее их число отмечено в защищённом мелководье – 160, затем оно постепенно снижалось по мере приближения к открытой части водоема: 135 и 88. Основная часть индикаторных видов представлена зелёными водорослями (Chlorophyta) – 96 таксонов рангом ниже рода, число которых также убывало в этом же направлении: 61–72 на защищённом, 49–58 – на открытом мелководье и 44 – в пелагиали водохранилища. Аналогично изменялось и количество видов эвгленовых водорослей (Euglenophyta): 12–19, 1–4 и 1 соответственно. Среди остальных таксономических групп водорослей (синезелёных – Cyanophyta, жёлтозелёных – Xanthophyta, криптофитовых – Cryptophyta и динофитовых – Dinophyta)

Таблица 1
Таксономический состав видов индикаторов фитопланктона на разнотипных участках Волжского плёса Рыбинского водохранилища в 1997 г.

Отдел	Участок водохранилища			Всего
	Защищённое мелководье	Открытое мелководье	Глубоководный участок	
Cyanophyta	15	17	10	19
Chrysophyta	9	9	8	11
Bacillariophyta	21	23	20	24
Xanthophyta	6	2	0	6
Cryptophyta	6	5	3	6
Dinophyta	3	2	2	3
Euglenophyta	22	5	1	22
Chlorophyta	78	72	44	96
Всего	160	135	88	187

число индикаторных видов на различных участках слабо варьировало. Однако относительный вклад диатомовых (Bacillariophyta) в таксономический состав видов индикаторов увеличивался от прибрежья к открытой части водоёма (13% → 17% → 23%).



Большинство видов было представлено β -мезосапробами (всего 104 таксона) и олиго- β -мезосапробами (43 таксона, табл. 2). Их относительное число на исследуемых участках изменялось в узких пределах от 53 % до 62 % и 21–25 % соответственно. Суммарное максимальное богатство представителей этих двух индикаторных групп водорослей наблюдалось на участке защищённого мелководья, а минимальное – на глубоководном.

Таблица 2

Распределение числа (n) индикаторных видов водорослей на разнотипных участках Волжского плёса Рыбинского водохранилища по зонам сапробности в 1997 г.

Отдел	Участок водохранилища						Всего	
	Защищённое мелководье		Открытое мелководье		Глубоководный участок			
	n	%	n	%	n	%	n	%
o	11	7	9	7	7	8	17	9
o-m	2	1	2	1	1	1	2	1
o- β	35	22	30	22	20	23	43	23
β	94	59	78	58	51	58	104	56
χ - β	1	1	1	1	0	0	1	1
β - α	9	6	6	4	3	3	10	5
α	6	4	8	6	5	6	8	4
α - ρ	2	1	1	1	1	1	2	1
Всего	160		135		88		187	

Примечание: χ – ксеносапробная, o – олигосапробная, β – β -мезосапробная, α – α -мезосапробная, ρ – полисапробная зоны.

Число таксонов, характеризующих условия более низкой (o, o-m) и более высокой степени органического загрязнения (β - α , α , α - ρ), различалось по участкам незначительно.

Виды-индикаторы сапробности составляли $45 \pm 2\%$ от общей численности и $66 \pm 2\%$ от общей биомассы фитопланктона. Как и по видовому богатству, так и по количественным показателям преобладали β -мезосапробы ($60 \pm 3\%$ от численности и $37 \pm 2\%$ от биомассы индикаторных видов) и олиго- β -мезосапробы ($23 \pm 2\%$ и $28 \pm 2\%$ соответственно).

Средняя относительная численность β -мезосапробов увеличивалась в направлении от защищённого мелководья к открытому побережью и русловой станции $56 \pm 5\% \rightarrow 61 \pm 4\% \rightarrow 63 \pm 8\%$ соответственно (табл. 3). Их относительная биомасса напротив снижалась на глубоководном участке ($42 \pm \% \rightarrow 35 \pm 4\% \rightarrow 31 \pm 6\%$).

Таблица 3

Относительная численность и биомасса (%) видов-индикаторов фитопланктона на разнотипных участках Волжского плёса Рыбинского водохранилища в 1997 г.

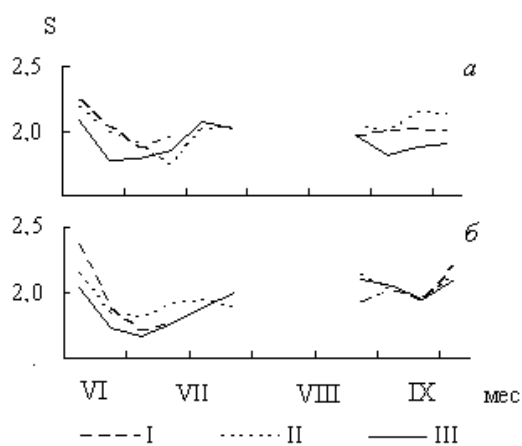
Сапробность	Защищённое мелководье		Открытое мелководье		Глубоководный участок	
	N	B	N	B	N	B
o	4 \pm 1	10 \pm 1	1 \pm 0	6 \pm 1	1 \pm 1	7 \pm 2
o- β	28 \pm 3	27 \pm 3	22 \pm 3	29 \pm 4	16 \pm 5	25 \pm 8
β	56 \pm 5	42 \pm 2	61 \pm 4	35 \pm 4	63 \pm 8	31 \pm 6
β - α	4 \pm 1	10 \pm 2	5 \pm 1	13 \pm 2	4 \pm 1	20 \pm 6
α	9 \pm 3	10 \pm 2	12 \pm 2	16 \pm 2	15 \pm 5	18 \pm 4

Примечание. N – численность, B – биомасса.

Относительный вклад α -мезосапробов и α - β -мезосапробов постепенно увеличивался к открытому мелководью и глубоководному участку водохранилища, а олигосапробов и олиго- β -мезосапробов вод – снижался.

В период исследований уровень сапробности варьировал от значений характерных для олиго- β -мезосапробной зоны до величин нижней границы β - α -мезосапробной зоны ($S_N = 1.73$ – 2.42 , $S_B = 1.6$ – 2.51). На станциях защищённого побережья (рис. 2) наиболее высокие индексы сапробности отмечались в весенний период: $S_N = 2.09$ – 2.25 и $S_B = 2.04$ – 2.36 . В это время в альгоценозах доминировал α - ρ -мезосапроб диатомея *Stephanodiscus hantzschii* Grun. [6]. На спаде развития весеннего комплекса водорослей, сопровождающегося структурной перестройкой фитопланктона (лидируют диатомовые: олиго- β -мезосапробы *Diatoma tenuis* Ag. и золотистые: *Dinobryon divergens* Jmhof, олигосапроб – *D. sociale* Ehr.), в результате процессов самоочищения наблюдалось снижение сапробности к началу июля ($S_N = 1.78$ до 1.91, $S_B = 1.67$ до 1.81). Затем постепенное увеличение индексов сапробности отмечали от первой декады ию-

ля к третьей ($S_N = 2.02-2.09$ и $S_B = 1.88-2.00$). На ст. 1 развивался β -мезосапроб *Ulothrix subtilissima* Rabenh. (зелёные), который входил в состав ведущего комплекса на этом участке в течение всего месяца совместно с олиго- β -мезосапробом *Fragilaria crotonensis* Kitt. (диатомовые) и β -мезосапробом *Pediastrum duplex* Meyen (зелёные). В отличие от ст. 1, на ст. 2 и ст. 3 доминировали β -мезосапробы *Aulacosira granulata* (Ehr.) Sim. (диатомовые), *Pediastrum boryanum* (Turp.) Menegh. var. *boryanum* (ст. 2), *Pandorina morum* (O. F. Mull.) Bory (зелёные) и олиго- β -мезосапроб *Asterionella formosa* Hass. (ст. 3). Из-за снижения уровня воды в водохранилище отбор проб на станциях защищённого мелководья не производился с конца июля до третьей декады августа. С возобновлением исследований уровень сапробности варьировал в пределах: $S_N = 1.92-2.14$, $S_B = 1.95-2.03$. При этом на всех участках в составе фитопланктона преимущественно развивался α -мезосапроб *Cyclotella meneghiniana* Kütz. (диатомовые). Кроме него на ст. 1 лидировали: из десмидиевых водорослей β -мезосапробы *Closteriummoniliferum* (Bory) Ehr. и *Cosmarium obtusatum* Schmidle, а на ст. 2, 3: из эвгленовых олиго- β -мезосапробы *Trachelomonas planctonica* Swir. и *T. volvocina* Ehr.. В сентябре при незначительном колебании уровня сапробности лидировали *Cyclotella meneghiniana*, *Stephanodiscus hantzschii*, *Trachelomonas volvocina* и *T. planctonica*.



На станциях открытого побережья и глубоководной части водоёма прослеживалось несколько подъёмов уровня сапробности до верхней границы β -мезосапробной зоны (рис 3). В весенний период индексы сапробности изменялись в пределах $S_N = 2.07-2.24$ и $S_B = 1.94-2.18$ при преимущественном развитии диатомовых водорослей *Stephanodiscus hantzschii* и *Diatoma tenuis*.

Рис. 2. Сезонная динамика сапробности на различных станциях защищённого мелководья Волжского плёса Рыбинского водохранилища в 1997 г.

Обозначения: I – ст. 1, II – ст. 2, III – 3; а – S_N , б – S_B .

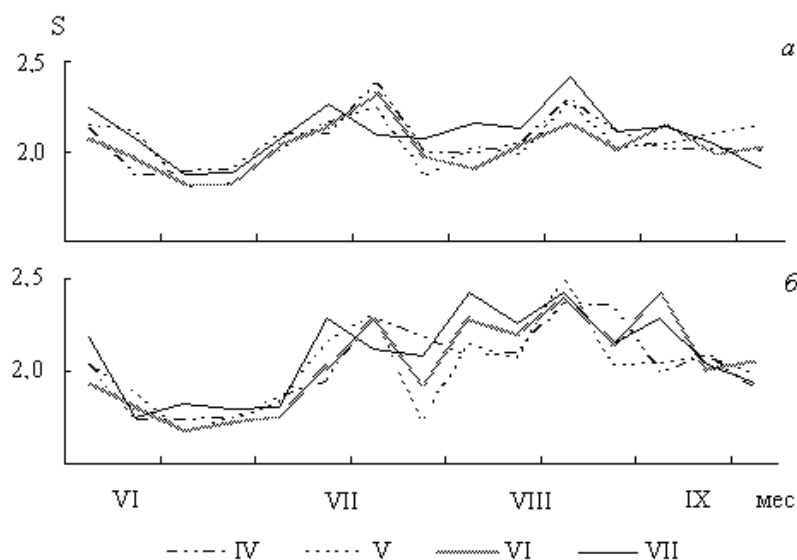


Рис. 3. Сезонная динамика сапробности на различных участках открытого мелководья и глубоководной части Волжского плёса Рыбинского водохранилища в 1997 г. Обозначения: IV – ст. 4, V – ст. 5, VI – ст. 6, VII – ст. 7; а, б – то же, что и на рис. 2.

Последующее понижение сапробности ($S_N = 1.79-1.88$ и $S_B = 1.67-1.82$ соответственно), как и на участках защищённого побережья, отмечали в начале июля. Но в отличие от них в открытом побережье и на русловом участке доминировала *Asterionella formosa*. В конце июля – начале августа отмечали второе увеличение индексов сапробности ($S_N = 2.09-2.38$, $S_B = 1.95-2.31$). В составе фитопланктона ведущее положение занимали диатомовые *Stephanodiscus hantzschii* и *Aulacoseira granulata* в сопровождении зелёных водорослей из рода *Pediastrum* и из синезелёных β -мезосапроба *Microcystis aeruginosa* (Kütz.) Kütz.. Максимальные значения индекса са-



пробности были зарегистрированы в конце августа ($S_N = 2.16-2.42$, $S_B = 2.36-2.51$) при доминировании *Cyclotella meneghiniana* и *Stephanodiscus hantzschii*. Последний вид продолжал активно вегетировать наряду с синезелеными водорослями *Microcystis aeruginosa* и *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs. и в сентябре. К октябрю уровень сапробности снижался: $S_N = 1.90-2.14$, $S_B = 1.91-2.05$.

В целом в 1997 г. изменение сапробности на разнотипных участках Волжского плёса ($S_N = 1.73-2.42$, $S_B = 1.67-2.51$) соответствовало диапазону их варьирования в пределах 0- β -мезосапробной – β - α -мезосапробной зон. При этом степень корреляции между S_N и S_B на открытом побережье и глубоководном участке была наиболее высокой ($r = 0.8$) и снижалась в защищённом побережье ($r = 0.6$).

Средние по станциям S_N и S_B различались незначительно (табл. 4). Достоверное различие по критерию Стьюдента (t) получено только между S_N для ст. 3 и 4-6 ($t = 2.20-2.30$, $n = 23$, $p = 0.05$), а также ст. 3 и 7 ($t = 3.18$, $n = 23$, $p = 0.05$).

Станции	Индексы сапробности индикаторных видов	
	S_N	S_B
1	2.02 ± 0.04	1.96 ± 0.07
2	2.01 ± 0.04	1.98 ± 0.04
3	1.92 ± 0.04	1.93 ± 0.05
4	2.05 ± 0.04	2.03 ± 0.05
5	2.05 ± 0.04	2.01 ± 0.06
6	2.03 ± 0.03	2.04 ± 0.06
7	2.10 ± 0.04	2.09 ± 0.06
Среднее	2.04 ± 0.02	2.03 ± 0.04

Средние по участкам величины увеличивались в направлении от защищённого мелководья к открытому побережью, достигая наибольших значений в глубоководной части водоёма ($S_N = 1.98 \pm 0.02 \rightarrow 2.04 \pm 0.02 \rightarrow 2.10 \pm 0.04$ и $S_B = 1.96 \pm 0.03 \rightarrow 2.03 \pm 0.03 \rightarrow 2.09 \pm 0.06$), и характеризуют их как β -мезосапробные.

Качество воды исследуемых участков в соответствии с эколого-санитарными показате-

лями [8] и по средним величинам индекса сапробности можно отнести к 3-му классу качества (удовлетворительной чистоты) воды.

Наиболее высокая сапробность в глубоководной части Волжского плёса объясняется тем, что большая часть легкоусвояемого органического вещества поступает в него не с прибрежных мелководий, а со стоком из выше расположенного руслового участка [2, 12].

Заключение

В июне – октябре 1997 г. в фитопланктоне разнотипных участков Волжского плёса Рыбинского водохранилища обнаружено 187 видов-индикаторов сапробности, представленных в основном зелёными водорослями. Их число постепенно снижалось от защищённого мелководья по направлению к глубоководной части водоёма. По видовому богатству и количественным показателям основная часть таксонов относилась к β -мезосапробам. Сапробность исследованных участков изменялась от значений, характерных для олиго- β -мезосапробной зоны, до таковых, соответствующих уровню β - α -мезосапробной, при минимальных в защищённом мелководье и максимальных в пелагиали водохранилища.

По средним показателям индексов сапробности исследованные участки Волжского плёса Рыбинского водохранилища относились к β -мезосапробной зоне органического загрязнения, а качество воды на них соответствовало 3 классу качества воды (удовлетворительной чистоты).

Список литературы

1. Rolauffs P., Stubauer I., Zahrádková S., Brabec K., Moog O. Integration of the saprobic system into the European union water framework directive – Case studies in Austria, Germany and Czech Republic // Hydrobiologia. – 2004. – Vol. 516, № 1–3. – P. 285–298.
2. Соловьева В.В., Корнева Л.Г. Современная характеристика сапробности Рыбинского водохранилища по фитопланктону // Вода: Химия и экология. – 2012. – №5. – С. 18–23.
3. Корнева Л.Г. Фитопланктон Рыбинского водохранилища: состав, особенности распределения, последствия эвтрофирования // Современное состояние экосистемы Рыбинского водохранилища. – СПб.: Гидрометеоздат, – 1993. – С. 50–113.
4. Корнева Л.Г. Формирование фитопланктона водоёмов бассейна Волги под влиянием природных и антропогенных факторов // Дисс. ... докт. биол. наук. – 2009. – С. 434.
5. Бакастов С.С. Изменение площадей и объемов мелководий Рыбинского водохранилища в зависимости от его наполнения // Гидрологический режим прибрежных мелководий верхневолжских водохранилищ. – Ярославль: Ин-т биологии внутр. вод АН СССР, – 1976. – С. 13–22.

6. Соловьева В.В., Корнева Л.Г. Структура и динамика фитопланктона мелководий пелагиали Волжского плёса Рыбинского водохранилища // Биол. внутр. вод. – 2006. – № 4. – С. 34-41.
7. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов. – М.: Наука, 1975. – 239 с.
8. Оксий О.П., Жукинский В.Н., Брагинский Л.П. и др. Комплексная экологическая классификация качества поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. – 1993. – Т. 29, № 4. – С. 62-77.
9. Pantle F., Buck H. Die Biologische Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse – Gas- und Wasserfach. –1955. – Bd. 96, H. 18. – 604 s.
10. Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol., Beih. Ergebn. Limnol.. – 1973. – H. 7. – P. 1-218.
11. Wegl R. Index für die Limnosaprobität // Wasser und Abwasser. –1983. – Band 26. – 175 s.
12. Охашкин А.Г., Кузьмин Г.В. Оценка сапробности Волжского плёса Рыбинского водохранилища по фитопланктону // Биол. внутр. вод. – 1978. – №38. – С. 24-28.

PHYTOPLANKTON CHARACTERISTIC OF SHALLOW WATERS SAPROBITY AND PELAGIAL ZONES IN THE VOLGA REACH OF THE RYBINSK RESERVOIR

V.V. Solovyeva, L.G. Korneva

*Institute of Biology of Inland Waters
RAS., Borok Settl., Nekouzskiy Distr.,
Jaroslavskaia Reg., 152742, Russia*

E-mail: solo@ibiw.yaroslavl.ru, korneva@ibiw.yaroslavl.ru

As a result of phytoplankton studies in 1997 comparison characteristics of saprobity of shallow waters and deep water of different types of the Volga reach of the Rybinsk Reservoir is presented.

Keywords: phytoplankton, saprobity, Volga reach of the Rybinsk Reservoir.



УДК 581.93/581.95

НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО АДВЕНТИВНОЙ ФРАКЦИИ ФЛОРЫ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ¹

**А.П. Сухоруков¹,
М.А. Кушунина²**

¹ Кафедра высших растений
Биологического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия,
119234, Москва, Воробьевы горы, 1/12
E-mailsuchor@mail.ru

² Кафедра физиологии растений
Биологического МГУ
им. М.В. Ломоносова, Россия, 119234,
Москва, Воробьевы горы, 1/12
E-mail: lazytary@rambler.ru

Для Белгородской области приведено 7 новых заносных видов и некоторые новые местонахождения недавно выявленных таксонов. *Bromus sterilis* (*Anisantha sterilis*), *Eriochloa villosa*, *Hordeum murinum*, *Echinochloa microstachya* и *Barkhausia rhoeadifolia* представляются интенсивно расселяющимися инвазивными растениями. Наиболее успешными ксенофитами в Центральном Черноземье за последние 200 лет являются виды из семейств *Asteraceae*, *Brassicaceae* и *Poaceae*.

Ключевые слова: заносные растения, флора Белгородской области, новые виды, *Asteraceae*, *Poaceae*.

Введение

Флора Белгородской области является одной из самых разнообразных в средней полосе Европейской России. Аборигенный компонент флоры в таксономическом отношении в целом может считаться изученным в достаточной степени, однако об адвентивных растениях этого сказать нельзя. В качестве доказательства можно привести результаты наших исследований 2011 года, когда в течение четырех дней в городе и его окрестностях было найдено семь новых для региона видов заносных растений. Многие из них являются вполне обычными на вторичных местообитаниях [1], особенно вблизи железнодорожных путей, но часто просматриваются вследствие визуального сходства с другими, более обычными таксонами. Не стало исключением и подавляющее большинство новых находок 2012 года. В ряде хорошо исследованных территорий Центрального Черноземья, в частности, в Тамбовской области [2], многие из этих представителей (*Amaranthus powellii*, *Eragrostis albensis*, *Rumex patientia* и др.) расселились достаточно широко и являются стабильным компонентом ряда вторичных, преимущественно рудеральных местообитаний.

Материал и методика

Полевые исследования проведены в июне и августе 2012 года в Белгородском и Прохоровском районах. Большая часть находок сделана близ железнодорожной дороги, являющейся одним из приоритетных путей миграции растений из южных регионов. Все сборы сделаны первым автором, поэтому инициалы коллектора в статье указаны не будут. Основное место хранения образцов – гербарий им. Д.П. Сырейщикова МГУ (акроним – MW); часть материала передается в Ботанический институт РАН (LE) и зарубежные гербарии (E, G).

Результаты и обсуждение

Новые виды для флоры области

Amaranthus powellii S. Wats. (*Amaranthaceae* s.str.): Прохоровский р-н, в 1 км севернее ж.д. ст. «Прохоровка», по ж.д. полотну, 5.VIII.2012 (LE, MW, G). Вид встречался вместе с *A. retroflexus*. В предыдущей статье по заносному компоненту флоры области [1] мы специально указали на то, что, как ни странно, *A. powellii* не был обнаружен нами в Белгородской области. Весьма вероятно, что эта щирица на территории области только находится в состоянии расселения, и число популяций вида еще не достигло критического уровня, как, например, в ряде мест Тамбовской области.

Astrodaucus orientalis Drude (*Apiaceae*): Белгородский р-н, между ж.д. платф. «Терновка» и «Шопино», часто по откосу ж.д. полотна, 6.VIII.2012 (E, MW, LE). Спорадично встречаю-

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ (проект 11-04-00123-а).

щийся и находящийся в стадии натурализации в пределах Черноземья вид из Южной Европы и Западной Азии.

Heliotropium ellipticum Ledeb. (*Boraginaceae*): Белгородский р-н, между ж.д. платф. «Терновка» и «Шопино», по откосу ж.д. полотна, 1 экземпляр, 6.VIII.2012 (E, G, LE, MW).

Papaver dubium L. (*Papaveraceae*): Белгородский р-н, железнодорожная станция «Долбино», по путям на гравии, 13.VI.2012 № 33 (E, G, MW).

Rumex patientia L. (*Polygonaceae*): Белгородский р-н, железнодорожная станция «Гостицево», рудеральное местообитание, 11.VI.2012 № 19 (LE, MW). Вид также наблюдался в пределах г. Белгорода.

Senecio dubitabilis C. Jeffrey & G.L. Chen (*Asteraceae*): г. Белгород, в 3 км в ЮВ от ж.д. платф. «Салют» (ветка на Сумы), по ж.д. полотну, единично, 15.VI.2012 (MW).

Vicia varia Host (*Fabaceae*): Прохоровский р-н, ж.д. ст. «Прохоровка», по ж.д. полотну близ станции, немногочисленно, 5.VIII.2012 (MW).

Новые местонахождения недавно обнаруженных видов

Barkhausia rhoeadifolia Bieb. (*Asteraceae*): 1) г. Белгород, Южный р-н, близ спортивного комплекса С. Хоркиной, рудеральное местообитание между комплексом и железнодорожной веткой, 15.VI.2012 (MW); 2) Прохоровский р-н, близ ж.д. ст. «Прохоровка», луговина у ж.д. полотна, 5.VIII.2012 (MW); 3) Белгородский р-н, у ж.-д. платф. «Терновка», гравий у железнодорожного полотна, спорадично близ платформы, 6.VIII.2012 (G). Встречается всюду на железных дорогах между ст. «Наумовка» и «Прохоровка», реже – в населенных пунктах как рудеральное растение.

Таксономия этого вида до сих пор не вполне ясна. С одной стороны, *Barkhausia* морфологически отличается от близкого рода *Crepis* наличием хорошо выраженного хохолка, что рассматривается нами как надежный признак для их разграничения. Кроме того, взаимоотношения двух близких видов, ранее приводимых в составе *Crepis* [3] – *C. rhoeadifolia* (= *Barkhausia rhoeadifolia*) и *C. foetida* L. – недостаточно изучены. Нам, в частности, встречались экземпляры и с широкими, и с узкими (соответствующими *Barkhausia* (*Crepis*) *foetida*) корзинками.

Bromus sterilis L. (= *Anisantha sterilis*, *Poaceae*): г. Белгород, между железнодорожным вокзалом и Центральным пляжем [массово], 13.VI.2012 (E, G, MW). Вид отмечен для области недавно [4]. Периодически он встречался также в других местах центральной части города (наблюдение). В этом же местонахождении на влажном песчаном субстрате обычен американский злак *Echinochloa microstachya* (E, MW).

Eragrostis albensis H. Scholz (*Poaceae*): Прохоровский р-н, ж.д. ст. «Прохоровка», в расщелинах асфальта и по обочинам дорог близ станции, 5.VIII.2012 (G, MW). Всюду обыкновенно.

Hordeum murinum L. (*Poaceae*): г. Белгород, газон близ здания БелГУ, 12.VI.2012, № 16 (MW). Периодически растения встречались также в других местах города (наблюдение). Впервые вид приведен для области в самое последнее время [4].

Setaria verticillata (L.) P. Beauv. (*Poaceae*): г. Белгород, проспект Славы, в палисаднике одного из домов, массово, 5.VIII.2012 (E, MW).

Новые инвазивные виды в Центральном Черноземье

В предыдущей статье по новым заносным видам Белгородской области [1] впервые были приведены *Atriplex micrantha*, *Echinochloa microstachya*, *Eragrostis albensis*, *Eriochloa villosa*, *Barkhausia rhoeadifolia* и другие, уже известные из некоторых областей Черноземья таксоны. Находки ряда видов (*Amaranthus powellii*, *Eragrostis albensis*, *Papaver dubium*, *Rumex patientia*, *Senecio dubitabilis*) являются закономерными, поскольку эти экзоты давно известны в других областях средней полосы и на юго-востоке Европейской России, где их экологическая приуроченность изучена ранее [2], [5] и не отличается от таковой в Белгородской области. Тем не менее, исследование рудеральных местообитаний в Белгородской области в течение двух сезонов (2011–2012 гг.) имело большое значение для выявления новых потенциальных мигрантов и их экологии. К числу видов последней волны расселяющихся ксенофитов-неофитов могут быть отнесены *Bromus sterilis*, *Eriochloa villosa*, *Hordeum murinum*, *Echinochloa microstachya* и *Barkhausia rhoeadifolia* – таксоны, считающиеся редкими во всей средней полосе Европейской России [6]. В некоторых странах Центральной Европы, в частности, Австрии и Чехии, два первых вида являются обычным элементом городского ландшафта (наблюдения первого автора), а третий – *Echinochloa microstachya* – идентифицирован на территории Украины как весьма опасное растение североамериканского происхождения [7]. Другой злак, естественно распространенный большей частью в Китае – *Eriochloa villosa* – стал обычным растением в Северной Америке [8], однако в Европе его находки, видимо, все еще нечасты [9], [5]. На территории



Центрального Черноземья и Среднего Поволжья этот вид уже известен из Воронежской, Саратовской и Белгородской областей, а также из Тамбовской области (Сухоруков, сбор 2012 г., неопубл.). На основании собственных результатов исследований, *Bromus sterilis*, *Eriochloa villosa*, *Hordeum murinum*, *Echinochloa microstachya* и *Barkhausia rhoeadifolia* можно считать инвазивными видами, т.е. преодолевшими барьер интродукции и натурализации (согласно терминологии Richardson et al., [10]). Но если экспансия преимущественно железнодорожных видов *Senecio dubitabilis* или *Papaver dubium* сводится исключительно к пространственной составляющей, то инвазия *Atriplex micrantha*, *Barkhausia rhoeadifolia*, *Bromus sterilis*, *Echinochloa microstachya*, *Eragrostis albensis*, *Eriochloa villosa*, *Hordeum murinum* и *Rumex patientia* состоит в расширении как ареала, так и захвате новых экологических ниш. Вследствие способности внедрения в разнообразные местообитания последние восемь ксенофитов требуют дальнейшего мониторинга. На сегодняшний день только *Rumex patientia* может считаться как эфекофитом, так и агрофитом, закрепляясь, например, в составе более или менее трансформированных луговых сообществ.

Из наиболее опасных элементов, зафиксированных в последнее десятилетие на территории Центральной России, в Белгородской области пока не обнаружен кавказский представитель *Chaerophyllum aureum* (Apiaceae) – единственный таксон из новой генерации неофитов, который в условиях лесостепи отнесен к видам-трансформерам [5].

Из всех находок, процитированных в разделе «Результаты», наибольший интерес в таксономическом отношении представляет, пожалуй, *Heliotropium ellipticum*, ранее известный в средней полосе по единственному старому сбору из Московской области (MW). В Белгородской области гелиотроп легко образует плоды, но на сегодняшний день он может быть охарактеризован только в статусе ксенофита, преодолевшего барьер интродукции.

Инвазивные эргазиофиты и ксенофиты – взгляд с другой стороны

В заносной флоре умеренных регионов, в частности, на территории Центральной России, наиболее широко представленными семействами считаются Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Fabaceae, Poaceae, Rosaceae [11], [12]. Традиционно в анализ адвентивной фракции флоры включаются виды с разной степенью натурализации. Тем не менее, если изучать состав наиболее активно распространяющихся адвентивных растений, распределив их по степени натурализации, то соотношение семейств окажется иным. В таких расчетах мы не учитывали случайные элементы (эфемерофиты) или пространственно и экологически неактивную группу колонофитов. Нами проанализированы таксоны, которые прошли все стадии адвентизации и стали не только устойчивыми, но и обычными (инвазивными) элементами флоры. Подобный подход будет наиболее предпочтительным в дальнейших исследованиях острой проблемы «синдрома сорняков» и прогнозирования потенциальных возможностей расселения растений из разных семейств, в особенности культивируемых представителей чужеродных флор. В таблице 1 приведены наиболее обычные или быстро расселяющиеся таксоны адвентивной фракции флоры Центрального Черноземья.

Таблица 1

Наиболее успешные ксенофиты и эргазиофиты во флоре Центрального Черноземья

Семейство	Ксенофиты		Эргазиофиты (археофиты и неофиты)
	Археофиты	Неофиты	
1	2	3	4
Acoraceae			<i>Acorus calamus</i>
Amaranthaceae	<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Amaranthus albus*</i> , <i>A. blitoides</i> , <i>A. powellii</i>	
Apiaceae (Umbelliferae)		<i>Chaerophyllum aureum</i>	<i>Heracleum sosnovskyi</i>
Asteraceae (Compositae)	<i>Centaurea cyanus</i> , <i>Lactuca serriola</i> , <i>L. tatarica</i> , <i>Senecio vulgaris</i> , <i>Sonchus asper</i> , <i>S. oleraceus</i>	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> , <i>A. trifida</i> , <i>Artemisia annua</i> , <i>A. sieversiana*</i> , <i>Bidens frondosa</i> , <i>Cyclachaena xanthiifolia</i> , <i>Erigeron canadensis</i> , <i>Galinsoga ciliata</i> , <i>G. parviflora</i> , <i>Lactuca saligna*</i> , <i>Matricaria matricarioides</i> , <i>Senecio dubitabilis*</i> , <i>Senecio viscosus*</i> , <i>Xanthium albinum</i>	<i>Aster salignus</i> , <i>Erigeron annuus</i> , <i>Helianthus tuberosus</i> , <i>Solidago canadensis</i>

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
Balsaminaceae		<i>Impatiens parviflora</i>	<i>Impatiens glandulifera</i>
Boraginaceae	<i>Buglossoides arvensis</i> *		
Brassicaceae (<i>Cruciferae</i>)	<i>Berteroa incana</i> , <i>Capsella bursa-pastoris</i> , <i>Descurainia sophia</i> , <i>Erysimum cheiranthoides</i> , <i>Lepidium ruderales</i> , <i>Thlaspi arvense</i>	<i>Camelina sylvestris</i> , <i>Cardaria draba</i> *, <i>Erysimum repandum</i> *, <i>Isatis costata</i> *, <i>Kibera gallica</i> , <i>Lepidium densiflorum</i> , <i>Neslia paniculata</i> , <i>Sisymbrium volgense</i>	<i>Armoracia rusticana</i> , <i>Brassica campestris</i> , <i>Hesperis pycnotricha</i> , <i>Sinapis arvensis</i>
Cannabaceae			<i>Cannabis sativa</i>
Caryophyllaceae			<i>Saponaria officinalis</i>
Chenopodiaceae	<i>Atriplex patula</i> , <i>A. tatarica</i> , <i>Corispermum nitidum</i>	<i>Bassia scoparia</i> (<i>Kochia scoparia</i>)*, <i>Corispermum declinatum</i> , <i>Kali collina</i> (<i>Salsola collina</i>)*	
Convolvulaceae (incl. <i>Cuscutaceae</i>)	<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Cuscuta campestris</i>	
Cucurbitaceae			<i>Echinocystis lobata</i> , <i>Thladiantha dubia</i>
Fabaceae (<i>Papilionaceae</i> s.str.)		<i>Melilotus albus</i>	<i>Caragana arborescens</i> , <i>Galega orientalis</i> , <i>Medicago sativa</i> , <i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Vicia villosa</i>
Fumariaceae		<i>Fumaria schleicheri</i> *	
Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i> , <i>Geranium sibiricum</i>		
Hydrocharitaceae		<i>Elodea canadensis</i> (распространяется только вегетативно).	
Juncaceae		<i>Juncus tenuis</i>	
Lamiaceae (<i>Labiatae</i>)		<i>Elsholtzia ciliata</i>	
Lemnaceae		<i>Lemna gibba</i> (размножается вегетативно)	
Liliaceae			<i>Hemerocallis fulva</i>
Oleaceae			<i>Syringa vulgaris</i> , <i>Fraxinus pennsylvanica</i>
Onagraceae		<i>Epilobium adenocaulon</i> , <i>Oenothera depressa</i> , <i>Oe. rubricaulis</i>	<i>Oenothera biennis</i>
Oxalidaceae			<i>Xanthoxalis stricta</i>
Papaveraceae	<i>Papaver somniferum</i> *, <i>P. rhoeas</i> *	<i>Papaver dubium</i> *	
Poaceae (<i>Gramineae</i>)	<i>Apera spica-venti</i> , <i>Panicum miliaceum</i> , <i>Bromus japonicus</i> , <i>B. squarrosus</i> , <i>Echinochloa crus-galli</i> , <i>Eragrostis minor</i> *, <i>Setaria pumila</i> , <i>S. viridis</i>	<i>Bromus tectorum</i> (<i>Anisantha tectorum</i>)*, <i>Digitaria aegyptiaca</i> , <i>Elymus trachycaulus</i> , <i>Eragrostis albensis</i> , <i>Eriochloa villosa</i> , <i>Hordeum jubatum</i> *, <i>Panicum dichotomiflorum</i> *, <i>Puccinellia distans</i>	<i>Arrhenatherum elatius</i> , <i>Lolium perenne</i> , <i>Zizania latifolia</i>
Polygonaceae		<i>Rumex patientia</i>	<i>Reynoutria bohemica</i> , <i>R. japonica</i>
Portulacaceae		<i>Portulaca oleracea</i>	
Ranunculaceae			<i>Aquilegia vulgaris</i>
Rosaceae			<i>Physocarpus opulifolius</i> , <i>Rosa corymbifera</i> , <i>R. glauca</i> , <i>Sorbaria sorbifolia</i>



Окончание табл. 1

1	2	3	4
Salicaceae			<i>Populus suaveolens</i> , <i>Salix euхina</i>
Sapindaceae (<i>Ace- raceae</i> s.str.)			<i>Acer negundo</i>
Solanaceae	<i>Solanum nigrum</i>		
Ulmaceae			<i>Ulmus pumila</i>
Vitaceae			<i>Parthenocissus quinque- folia</i>

* - виды, которые встречаются в основном по железным дорогам.

В наших дальнейших расчетах мы не принимали во внимание археофиты исключительно из-за того, что эту группу не всегда удастся надежно отделить от аборигенных растений – апофитов, в силу ряда причин перешедших почти исключительно на вторичные местообитания. На рис. 1 показано распределение семейств среди инвазивных ксенофитов, широко расселившихся за последние 200 лет. Лидирующую позицию занимает *Asteraceae*, далее, с равным процентом, следуют *Brassicaceae* и *Poaceae*. Степень участия *Fabaceae*, *Caryophyllaceae* или *Rosaceae* среди наиболее успешных ксенофитов-неофитов минимальна (первое семейство) или сведена к нулю (остальные два семейства). Все инвазивные ксенофиты – однолетние или многолетние травянистые растения.

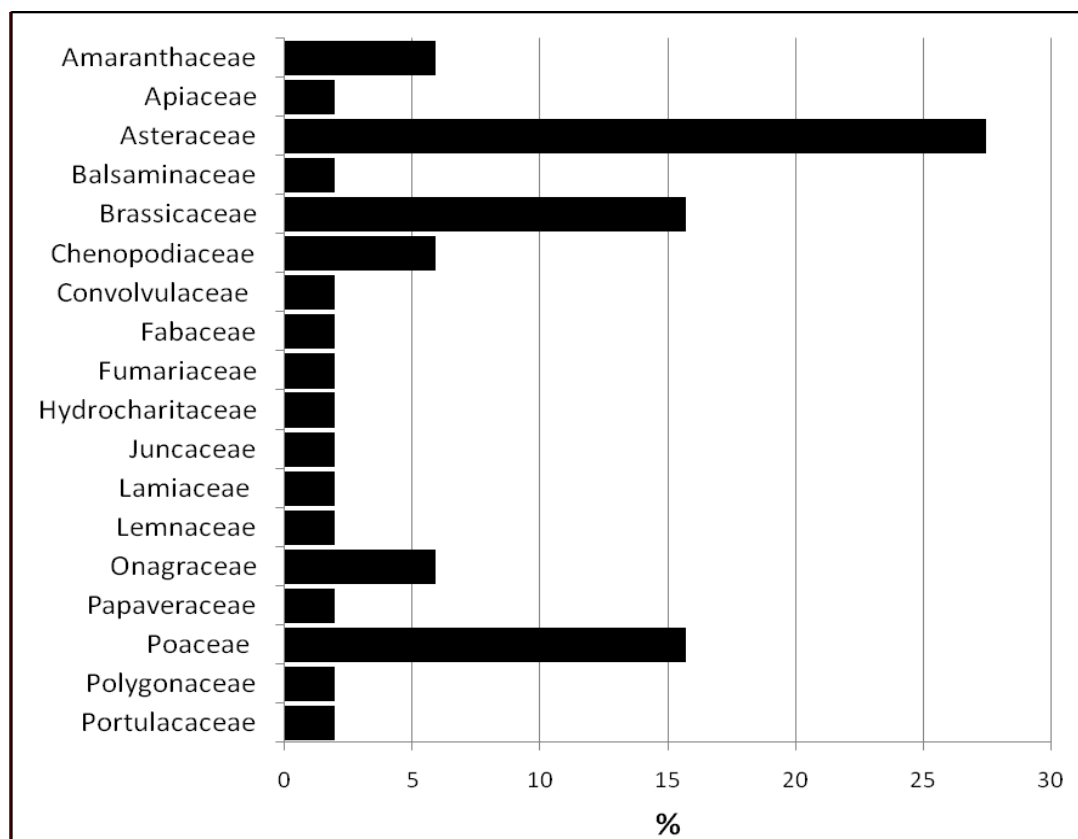


Рис. 1. Доля в процентах представителей семейств среди ксенофитов-неофитов. Семейства, не имеющие представителей в этой подгруппе, на диаграмме не отображены

Состав культивируемых и широко расселившихся эргазифитов более разнообразный в отношении как таксономии (рис. 2), так и жизненной формы или карпологии. Здесь лидирующие позиции занимают *Fabaceae*, *Asteraceae*, *Brassicaceae* и *Rosaceae*, с существенным отставанием *Poaceae* и ряда других семейств. Эргазифиты, в отличие от ксенофитов, преодолевают первый барьер (интродукцию) с помощью антропогенного фактора.

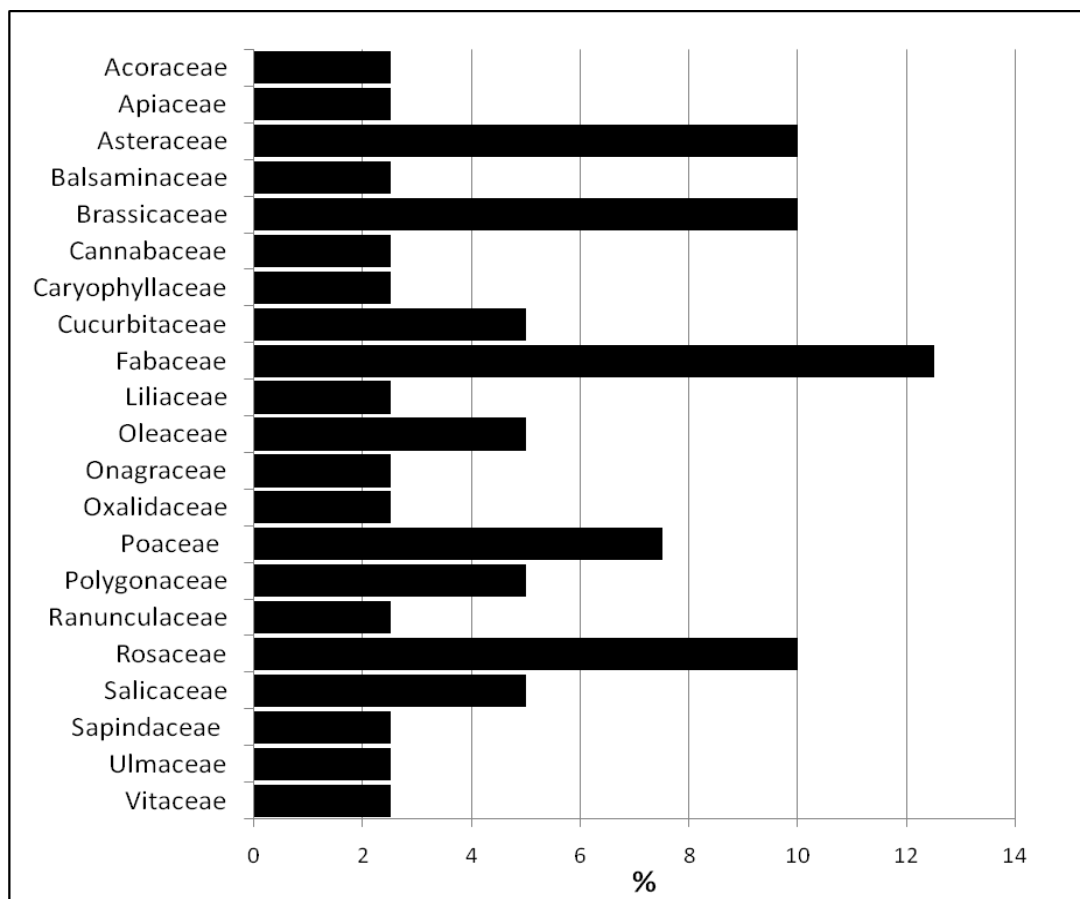


Рис. 2. Доля в процентах представителей семейств среди эргазиофитов. Семейства, не имеющие представителей в этой подгруппе, на диаграмме не отображены

Следуя нашему анализу распределения по семействам наиболее успешных адвентивных элементов, пристального внимания требует группа ксенофитов-неофитов как видов, объединенных спектром возможностей для интродукции, натурализации и инвазии. Несмотря на то, что вопрос «синдрома сорняков», к которым принадлежат как обычные адвентивные растения, так и апофиты, изучен поверхностно, очевиден факт, что среди массово расселившихся или резко увеличивающих численность популяций ксенофитов-неофитов преобладают представители с *односемянными диаспорами*. Это собственно плоды; их части, называемые эремами или мерикарпиями, или плоды, заключенные в разнообразные фолиарные образования. Этот вывод также подтверждается карпологическим анализом инвазивных ксенофитов-неофитов не только во флоре Центрального Черноземья, но и в других независимых флорах: Восточного Средиземноморья и Гималаев, где первый автор проводит полевые исследования на протяжении последних лет (Sukhorukov et al., in prep.). Дальнейшая разработка этого направления, включая сравнительный карпологический анализ, является одним из приоритетных путей в изучении заносных элементов флор и «синдрома сорняков», связана с возможностью прогнозирования появления потенциально опасных представителей и разработкой соответствующих карантинных мероприятий.

Заключение

За сезоны 2011–2012 гг. на территории Белгородской области выявлены почти все адвентивные виды, произрастание которых представлялось вероятным на основе наших исследований в некоторых районах Центрального Черноземья за последнее десятилетие. Исходя из этого, можно заключить, что тенденции расселения заносных растений в Белгородской области те же, что и во всем Центральном Черноземье, и каких-либо особенностей формирования урбанизированной флоры, высказанных ранее [4], не прослеживается. Наиболее агрессивными представителями новой волны неофитов в Центральном Черноземье являются *Amaranthus powellii*, *Atriplex micrantha*, *Eragrostis albensis*, *Eriochloa villosa*, *Papaver dubium* и *Senecio dubitabilis*. Два последних таксона заселяют почти исключительно железные дороги и, в отличие от других вышеназванных видов, экологически неактивны. В Белгородской области к расши-



ряющим вторичный ареал таксонам относятся также *Barkhausia rhoeadifolia*, *Bromus sterilis*, *Echinochloa microstachya*, *Hordeum murinum*. Все эти виды принадлежат к категории успешно расселяющихся ксенофитов-неофитов, семейственный состав которых иной, чем представлялось ранее. Среди новой генерации ксенофитов большинство инвазионно активных таксонов относится к семействам *Asteraceae*, *Brassicaceae* и *Poaceae*, т.е. группам с односемянными диаспорами.

Список литературы

1. Сухоруков А.П., Кушунина М.А. Дополнения к адвентивной флоре Белгородской области // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 2012. Т. 117. – Вып. 6 (в печати).
2. Определитель сосудистых растений Тамбовской области (Коллектив авторов: А.П. Сухоруков и др.) / Под ред. А.П. Сухорукова. – Тула: Гриф и К, 2010. – 350 с.
3. Черепанов С.К. Род *Srepis* // Флора СССР. Т. 29 / Под ред. Е.Г. Боброва, Н.Н. Цвелева. – М.; Л.: Наука, 1964. – С. 594-699.
4. Фомина О.В. Особенности формирования флоры в урбанизированной среде на юге Среднерусской возвышенности. Автореф. ... канд. биол. наук. – Белгород: Изд. БелГУ, 2011. – 21 с.
5. Sukhorukov A.P. New invasive alien plant species in the forest-steppe and northern steppe subzones of European Russia: secondary range patterns, ecology and causes of fragmentary distribution // Fedd. Repert. – 2012. – Bd. 122. – N. 3-4. – P. 287-304.
6. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. 10-е изд. / Под ред. А.Г. Еленевского и др. – М.: КМК, 2006. – 600 с.
7. Protopopova V.V., Shevera M.N., Mosyakin S.L. Deliberate and unintentional introduction of invasive weeds: A case study of the alien flora of Ukraine // Euphytica. – 2006. – Vol. 148. – P. 17-33.
8. Darbyshire S.J.; Wilson C.E., Allison K. The biology of invasive alien plants in Canada. 1. *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth // Can. J. Pl. Sci. – 2003. – Vol. 83. – P. 987-999.
9. Partosfalvi P.; Madarász J., Dancza I. Occurrence of *Eriochloa villosa* (Thunb.) Kunth in Hungary // *Növényvédelem*. – 2008. – Vol. 44. – № 6. – p. 304.
10. Richardson D.M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M.G., Panetta F.D., West C.J. Naturalization and invasion of alien plants: Concepts and definitions // Diversity and Distributions. – 2000. – Vol. 6. – P. 93-107.
11. Сенатор С.А. Флора Волго-Иргизского ландшафтного района (Самарско-Саратовское низменное Заволжье) // Фиторазнообразии Восточной Европы. – 2008. – № 6. – С. 96-185.
12. Нотов А.А. Адвентивный компонент флоры Тверской области. Динамика состава и структуры. – Тверь: Тверской государственный университет, 2009. – 471 с.

NEW DATA ON THE ALIEN FLORA OF THE BELGOROD REGION

**A.P. Sukhorukov,
M.A. Kushunina**

Faculty of Biology, Lomonosov Moscow State University, 1/12, Vorobyovy Gory, Moscow, 119234, Russia

E-mail: suchor@mail.ru;
lazymary@rambler.ru

Seven new alien species are reported for the Belgorod region as well as some additional localities for the recently discovered alien taxa. *Bromus sterilis* (*Anisantha sterilis*), *Eriochloa villosa*, *Hordeum murinum*, *Echinochloa microstachya* and *Barkhausia rhoeadifolia* are considered as alien invasive species rapidly spreading over the region. We conclude that the most successful xenophytes in the Black Earth Region of Central Russia belong to Asteraceae, Brassicaceae and Poaceae.

Keywords: alien plants, flora of Belgorod region, new species, Asteraceae, Poaceae.

УДК 630*181.65

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВЫХ ХРОНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

**С.И. Шабанов,
В.К. Тохтарь**

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

E-mail: : tokhtar@bsu.edu.ru

В связи с резким изменением гидрологического режима почв в насаждениях Житловского лесничества (Луганская обл., Украина) проведена дендрохронологическая реконструкция состояния сосны обыкновенной в древостоях урочища Мечетное за 30-тилетний период времени. Установлено, что кривая изменения радиального прироста разновозрастных деревьев за разные годы хорошо согласуется с изменением гидрологического режима в изученных экотопах. В статье проанализированы естественные и антропогенные причины состояния деревьев и насаждений *Pinus sylvestris* L.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., мониторинг, антропогенное воздействие, гидрологический режим.

Введение

Одной из наиболее важных и актуальных задач современной ботаники и экологии является поиск и разработка достоверных биоиндикационных способов мониторинга состояния среды. Среди прочих подходов несомненными преимуществами перед другими методами обладают методы дендроиндикации, которые используют древесно-кольцевые хронологии для реконструкции и прогноза состояния окружающей среды. Применение этих методов позволяет проанализировать долговременные изменения среды, поскольку они основаны на фиксированных растениями реакциях, которые отражают многолетний характер природно-климатических или антропогенных изменений [1, 2].

Прирост отдельных деревьев и древостоев в целом является наиболее универсальным признаком их состояния. При оценке воздействия антропогенных факторов на лесные экосистемы нельзя обойтись без применения данной характеристики для анализа ситуации. Дендроклиматология базируется на хорошей «памяти» деревьев, которые в структуре, химическом составе и ширине годичных колец чётко фиксируют все изменения, происходящие как внутри экосистемы, так и во внешних условиях, определяющих их развитие.

Начатое в 50-х гг. в поймах рек юго-востока Украины строительство водозаборных сооружений с целью решения проблем водоснабжения приводит к значительному снижению уровня грунтовых вод. В зоне деятельности водозаборов образуются так называемые «депрессионные воронки». На таких участках уровень грунтовых вод снижается на несколько метров. Наиболее остро это прослеживается в пойме реки Северский Донец [3, 4]. В зоне воздействия водозаборных сооружений снижение уровня грунтовых вод достигает 5 и более метров. В таких условиях зеркало грунтовых вод формируется на несколько метров ниже уровня реки, а его наклон направлен не к реке, как это имеет место в природных условиях, а к центру депрессионной воронки.

У отмирающих деревьев отсутствует прирост кроны текущего года, наблюдается частичное отмирание вершинок и отдельных скелетных ветвей, сохраняется угроза массового размножения стволовых вредителей [4].

Эксплуатация водозаборных сооружений приводит к резкой трансформации гидрологических условий в направлении катастрофического снижения влажности почвы. Наиболее сильно это прослеживается на аллювиальных песках и супесях. В середине вегетационного периода влажность таких почв в большинстве случаев не превышает 5-8%. Такой уровень влажности зачастую даже ниже величины влажности увядания (уровня влажности почвы, недостаточного для продолжения роста). Учитывая, что уровень грунтовых вод на таких почвах даже в начале вегетационного периода не повышается, а потому не увлажняются верхние слои почвы, низкий уровень влажности является постоянным [3].

Основной целью исследования было изучение реакции прироста сосны обыкновенной в урочище Мечетное Кременского государственного лесохозяйственного хозяйства Луганской области (Украина) на многолетние изменения уровня грунтовых вод, вызванных интенсивной

эксплуатацией системы скважин Краснореченского водозабора, которые расположены на территории насаждений.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования были насаждения сосны обыкновенной в урочище Мечетное Кременского государственного лесохозяйственного хозяйства (Луганская область, Украина).

Эксплуатация системы скважин Краснореченского водозабора началась в 1992 г. Первоначально объём откачки воды составлял 7200 м³ в сутки, в декабре 1994 г. объёмы забора воды были увеличены до 12000 м³ в сутки, что повлекло образование депрессионной воронки глубиной свыше 5 м.

Дендрохронологический анализ насаждений различных классов возраста проводился на образцах, отобранных с пробных площадей, расположенных в выделах 5 (VIII класс возраста) и 11 (V класс возраста) квартала 5 Житловского лесничества, а так же выдел 1 кв. 56 того же лесничества. В качестве контрольного (фоновое) использованы насаждения VIII класса возраста Кудряшовского лесничества того же лесхоза. Все указанные насаждения 1 бонитета, с первоначальным типом условий произрастания В₂ (свежая суборь). В исследуемом насаждении (выд. 11 кв. 5) заложен почвенный разрез. Твёрдость и объёмная масса почвенных слоёв не препятствуют развитию корневых систем. Однако основная масса корней сосредоточена в верхнем слое почвы до глубины 40-60 см, глубже корни не проникают. Уровень грунтовых вод находится на глубине свыше 2 м.

Отбор образцов производился возрастным буром на высоте 1.3 м по 1-2 с каждого дерева в количестве 23-25 штук на каждой пробной площади. Измерялась и анализировалась только общая ширина годичного кольца без разбивки на раннюю и позднюю зоны.

Построенные древесно-кольцевые хронологии полностью отвечают общепринятым в дендроклиматологическом анализе требованиям [6].

Результаты и обсуждение

Анализ многолетних данных позволил установить, что уже весной 1995 г. произошло массовое усыхание сосновых насаждений в зоне деятельности водозабора – урочище Мечетное, а также в насаждениях лесничества, примыкающих к пойме реки Красная. Усыханием были охвачены насаждения сосны общей площадью 547.3 га, в том числе в первый год полностью погибли 21,9 га насаждений, диффузным усыханием в различной степени (от 10 до 40%) было охвачено 525.4 га, из них в последующие годы погибли ещё 5,2 га насаждений. При этом в число погибших не включены значительные площади прогалин, образовавшихся в результате выборочных санитарных рубок, прежде всего в юго-западной части урочища (рис. 1).



Рис. 1. Панорама урочища Мечетное

В ходе эксплуатации водозабора было допущено нарушение проекта в части использования системы обводнения, которая должна была обеспечивать возврат воды в болота, но в течение всего периода эксплуатации водозабора (1992-2002 гг.) данная система не функционировала.

Деревья сосны обыкновенной в зависимости от возраста по-разному реагируют на изменения уровня грунтовых вод. Это вызвано тем, что в поглощении из почвы воды и элементов питания принимают участие не все корни, а лишь ограниченная их часть, а именно: растущие окончания корней, ещё не покрытые пробковым слоем, и корневые волоски, развитые на поверхности этой части корней. Корни сосны могут развиваться лишь в верхней части зоны капиллярного увлажнения, лежащей выше зеркала грунтовых вод [5] Формирование корневой системы у сосны происходит в возрасте до 40-50 лет, Поэтому насаждения более старших возрастов тяжелее (вплоть до гибели) переносят резкие колебания уровня грунтовых вод.

По профилю почвы наблюдаются признаки оглеения, что свидетельствует о высоком уровне стояния грунтовых вод в прошлом. Оглеение проявляется в виде побеления песка («белый песок»), за счёт вымывания железа в виде растворимой закиси железа FeO, верхние границы уровня грунтовых вод (капиллярной каймы) в прошлые годы достаточно чётко обозначены ржавыми псевдофибрами, образовавшимися в результате окисления закисной формы оксида железа FeO атмосферным воздухом до окисной формы Fe_2O_3 , нерастворимой в воде. Отложения окиси железа проявляются начиная с глубины в 45 см.

Осреднённые по пробным площадям данные погодичной динамики радиального прироста в относительных индексах (%) представлены в виде графиков (рис. 2). Для удобства и приведения к единому масштабу на графиках показаны дендрохронологические ряды равной продолжительности – с 1975 по 2005 гг.

Анализ радиального прироста показывает, что все насаждения крайне резко отреагировали на ввод в эксплуатацию Краснореченского водозабора. Несмотря на то, что массовое усыхание, т. е. видимое негативное воздействие деятельности водозабора отмечено только весной 1995 г, на графиках отмечается резкое снижение прироста с 1992 г, т. е. непосредственно с момента ввода в эксплуатацию данного объекта. Падение прироста отмечается также и на пробной площади № 3, расположенной на расстоянии 8 км от ближайшей скважины. При этом в данном насаждении признаков усыхания в период 1995 года отмечено не было.

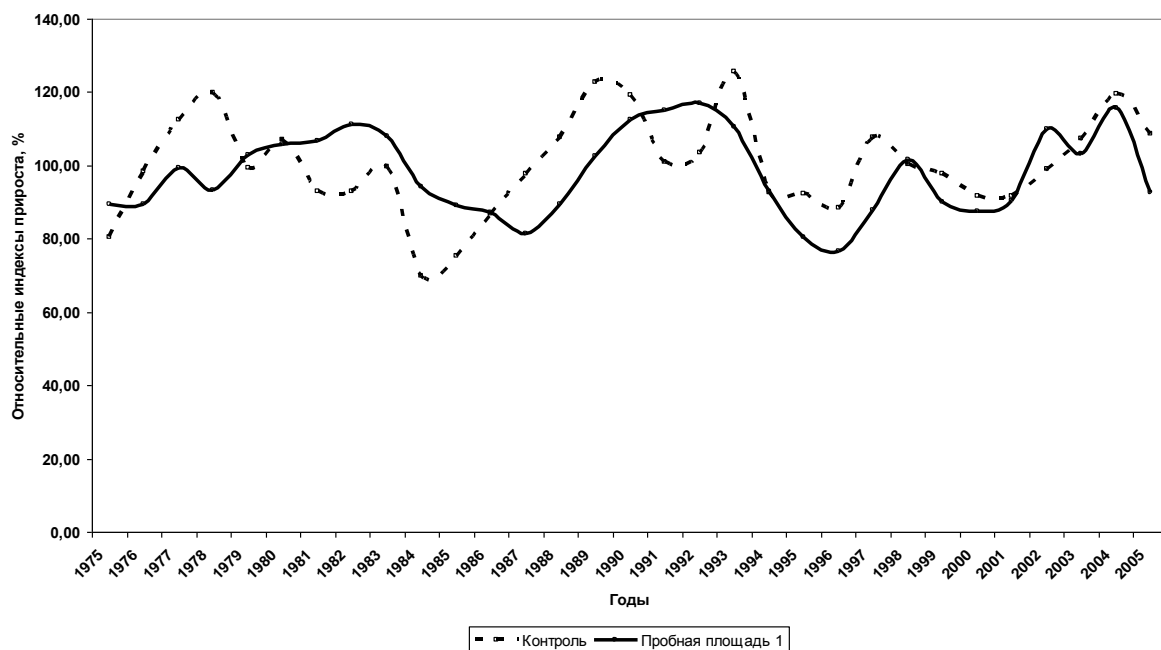
Насаждения не отреагировали даже на достаточно благоприятные климатические условия 1993 года, вызвавшие резкий всплеск прироста в контрольных насаждениях. Абсолютный минимум прироста приходится на 1994-1995 гг. Вызванное сильной засухой 1994 г. падение прироста усилилось резким (до 5 м) падением уровня грунтовых вод в декабре 1994 г., что и повлекло начало массового усыхания насаждений в Житловском лесничестве весной 1995 г. после возобновления физиологических процессов в деревьях. При этом насаждения VIII класса возраста пострадали достаточно сильно. Весной 1995 г. погибло около 40% древостоя, в то время, как в насаждении V класса, с учётом выборки во время плановой рубки зимой 1994-95 гг., отпад составил всего 15%. Невостребованная в результате гибели значительной части деревьев влага способствовала, хотя и не в полной мере, росту сохранившихся экземпляров. В последующие годы гибели деревьев V класса возраста не отмечено, в то время как в изреженном насаждении VIII класса возраста в результате ветровала и снеговых заломов в 1999 и 2001-2002 гг. отпад составил более 10% по запасу, невостребованная в результате гибели этих деревьев влага не смогла компенсировать падение уровня грунтовых вод. Таким образом, насаждения старших классов возраста тяжелее перенесли резкое падение уровня грунтовых вод. Насаждение изрежено до полноты 0.3-0.4; т. е. по полноте данный древостой приближается к редколесью. Насаждение изрежено неравномерно, в микропонижениях сохранились только единичные деревья сосны, в то же время на вершинах дюн насаждение практически не подверглось усыханию. Изреживание полога снизило общую ветроустойчивость насаждения, в результате чего в период 1995-2001 гг. от ветровала и снеговых заломов погибло ещё около 10 % оставшихся деревьев. Согласно отчётов лесничества, за период с 1995 по 2007 г в данном насаждении выборочно проводились санитарные рубки различной интенсивности в 1995, 2001, 2002 и 2006 гг. Данные факты свидетельствуют о начале распада древостоя.

В отличие от насаждения VIII класса возраста, насаждение V класса возраста внешне выглядит здоровым, следы усыхания и распада древостоя отсутствуют. Данное насаждение легче перенесло падение уровня грунтовых вод. Сравнительно молодое насаждение сумело достаточно быстро отреагировать на резкое изменение гидрологических условий. Этому, помимо фактора возраста, в немалой степени способствовали проведённые ранее лесохозяйственные мероприятия. Наличие микропонижений в междурядьях, образованных в процессе ухода за насаждением в раннем возрасте (дискование междурядий), позволило накопить больше влаги в зимний период, небольшой возраст насаждения и как следствие – меньший

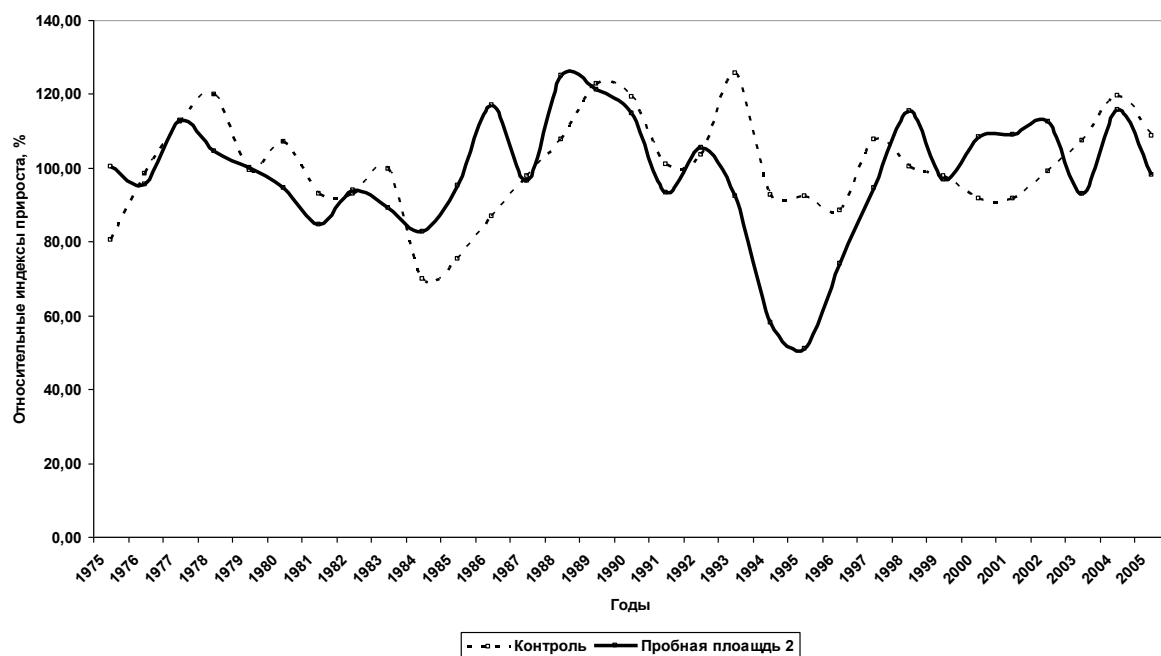


расход влаги. При этом корневые системы большинства деревьев ещё не достигли уровня грунтовых вод и не прекратили свой рост, что также способствовало устойчивости насаждения. Проведение зимой 1994-1995 гг. планового прореживания 2-й очереди с выборкой 15% запаса древесины привело к неостребованности части почвенной влаги, что дало преимущество оставшимся деревьям.

а)



б)



Пробная площадь № 3, как отмечалось ранее, расположена на территории основного массива лесничества, на расстоянии 8 км от ближайшей скважины, в насаждении IV класса возраста. В период массового усыхания насаждений (1995 г.) на данном участке каких-либо внешних признаков ухудшения состояния древостоя выявлено не было. В результате пожара в июле 1996 г. погибли сосновые насаждения на значительных (более 6 тыс. га) площадях. Неостребованная почвенная влага вызвала резкий подъём уровня грунтовых вод на 1-1,5 м с выходом воды на дневную поверхность уже в октябре 1996 г. и образованию большого количества водоемов. Исследуемое насаждение находится в непосредственной близости от горельника 1996 г., в связи с чем также оказалось подверженным подтоплению. В исследуемом насажде-

нии в результате указанных событий произошло повышение уровня грунтовых вод с В₂ (свежая суборь) до В₄ (мокрая суборь). В весенний период наблюдался выход грунтовых вод на поверхность в микропонижениях, оставшихся после дискования междурядий..

в)

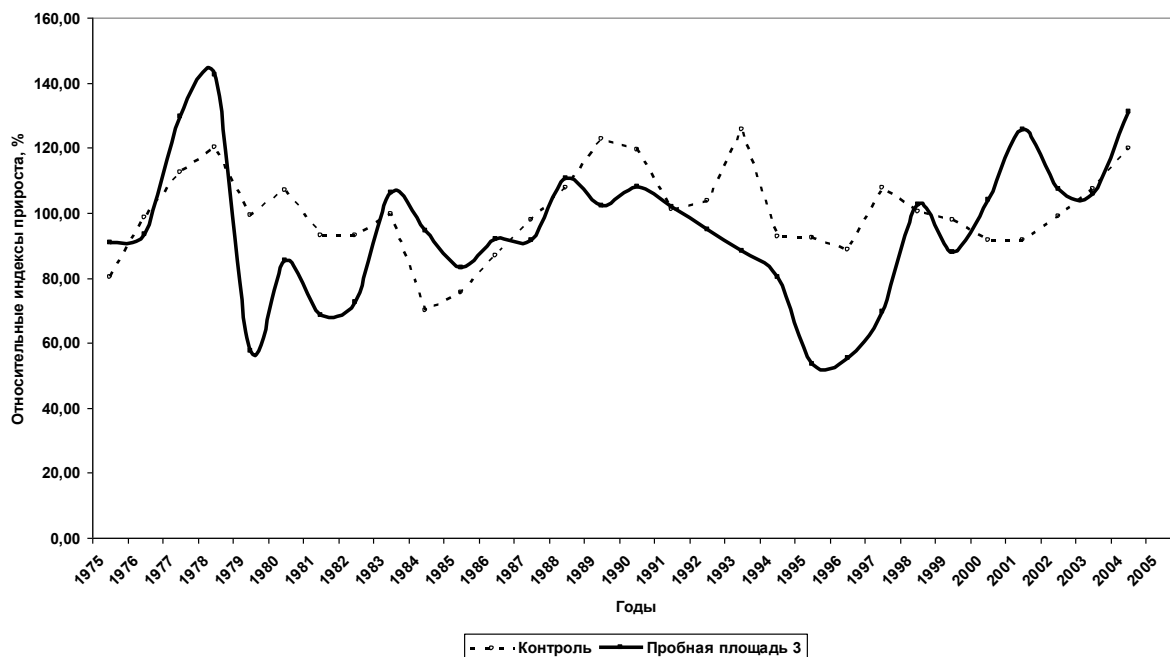


Рис. 2. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной (относительные индексы) в насаждении VIII (а), V (б) и IV (в) классов возраста

При сравнении полученных относительных индексов прироста с данными контрольного насаждения рост древостоя на пробной площади № 3 можно условно разделить на три периода:

1. Период до 1992 г. – изменения прироста в исследуемом насаждении и в контрольном синхронны,

2. Период с 1992 по 1997 гг. – резкое снижение прироста в насаждении, в отличие от контрольного, где наблюдается максимум прироста в 1993 г. Насаждение не отреагировало на улучшение климатических условий (рост количества осадков). Данная аномалия связана с пуском в эксплуатацию в 1992 г. Краснореченского водозабора. Отмеченное в декабре 1994 г. резкое (до 5 м) снижение уровня грунтовых вод на фоне засух 1994 и 1996 гг. совпадает с минимумом прироста, приходящимся на 1995-1996 гг.

3. Период с 1997 г. по настоящее время – прирост деревьев заметно возрастает. Очевидно, что увеличение их прироста связано с резким подъёмом уровня грунтовых вод осенью 1996 г. Причиной послужила гибель в июле указанного года насаждений на значительных (свыше 6 тыс. га) площадях вследствие пожара. Несмотря на засуху, неостребованная в результате гибели древостоя влага стала причиной резкого скачка уровня грунтовых вод вплоть до выхода последних на дневную поверхность. В то же время восстановление прироста происходит с некоторым запозданием. Несмотря на повышение влагообеспеченности насаждения, прирост сравнивается с контрольными насаждениями только спустя два года (в 1998 г), а затем даже превышает показатели контрольного древостоя на 15-20%, достигая в 2001 году разницы в 34%. Замедленная реакция «отклика» на резкое улучшение влагообеспеченности вероятно связана с необходимостью приспособления корневых систем сосны к изменяющимся условиям увлажнения.

Таким образом, использование методов дендроклиматологии при изучении состояния насаждений сосны обыкновенной в урочище Мечетное Кременского государственного лесохозяйственного хозяйства (Луганская область, Украина) позволило фиксировать изменения в состоянии лесных экосистем в зависимости от изменений гидрологического режима. Установлено, что основной причиной усыхания древостоев в изученных условиях следует считать резкое понижение уровня грунтовых вод, возникшее в связи с нарушениями проектной документации, допущенными при эксплуатации Краснореченского водозабора на фоне засух 1994 и



1996 гг. Несмотря на остановку водозабора в 2002 г., уровень грунтовых вод в урочище Мечетное до настоящего времени не восстановился. С целью предупреждения отрицательных последствий при эксплуатации сооружений подобного рода необходимо ужесточение контроля за соблюдением требований природоохранного законодательства и проектной документации.

Список литературы

1. Колин Г.Е. Применение дендрохронологических методов в экологическом мониторинге лесов // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С. 3-11.
2. Методы дендрохронологии / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов и др. – Красноярск, 2000. – 79 с.
3. Ткач В.П. Заплавні ліси Лівобережної України та наукові основи господарювання в них : дис. ... докт. с.-х. наук. – Харьков: УкрНИИЛХиА, 1999. – 383 с.
4. Усцкий В.С. Отчёт о причинах усыхания сосновых насаждений Житловского лесничества Кременского ГЛОХ. – Харьков: УкрНИИЛХиА, 1995. – 17 с.
5. Ремезов Н.П., Погребняк П.С. Лесное почвоведение. – М.: Лесная промышленность, 1965. – 323 с.
6. Рудаков В. Е. О методике изучения влияния колебаний климата на ширину годичных колец деревьев // Ботан. журн. – 1958. – Т. 43, № 12. – С. 1709–1712.

USE OF DENDROLOGICAL-AND-RING CHRONOLOGY IN CARRYING OUT ENVIRONMENTAL MONITORING

S.I. Shabanov, V.K. Tokhtar'

*Belgorod State National
Research University,
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

Due to the sharp changes of the soil hydrological regime in planted forests of the Zhitlovsky forest area (Lugansk Region, Ukraine) dendrochronological reconstruction of the *Pinus sylvestris* L. planted forest in the Mechetnoye settlement vicinity has been carried out in the 30-year period. The curve formed by increase of the radial measurements of uneven-age trees over different years proves to be well coordinated with changes of hydrological regime in the ecotopes under study. The natural and anthropogenic reasons of the state of trees and plantations of *Pinus sylvestris* L. are analyzed in the paper.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., monitoring, anthropogenic impact, hydrological regime.

УДК 582.572.2:633.878.32

ЭФФЕКТИВНЫЙ СПОСОБ РЕГЕНЕРАЦИИ ПОБЕГОВ ТОПОЛЯ ИЗ ПОЧЕК И ЛИСТЬЕВ

А.А. Эрст, В.Т. Бакулин

Ботанический сад СО РАН,
Россия, 630090, г. Новосибирск,
ул. Золотодолинская, 101

E-mail: annaerst@yandex.ru

Пазушные почки и листья четырех элитных гибридов и двух видов тополя использованы в качестве исходных эксплантов для клонального микроразмножения. Показаны пути морфогенеза: прямой (адвентивное побегообразование, развитие пазушных почек) и непрямого (геммогенез). Выявлена зависимость ответа эксплантов от генотипа материнского растения. Лучшим морфогенным ответом характеризовались *Populus nigra* и *P. alba* (80 и 72% соответственно). Ключевым фактором для развития побегов из каллусной культуры явилось внесение в среду ГК₃. На этапе мультипликации побегов оптимальной выбрана среда MS + БАП 1 мкМ + ГК₃ 5 мкМ. Полученные прямым и непрямым путем микропобеги успешно укореняли на редуцированной вдвое среде MS.

Ключевые слова: тополь, гибриды, листья, почки, размножение *in vitro*.

Список сокращений: 2,4-Д – 2,4-дихлорфеноксисукусная кислота; БАП – 6-бензиламинопурин; ГК₃ – гибберелловая кислота; Кн (кинетин) – 6-фурфуриламинопурин; ИУК – β-индолилуксусная кислота; ИМК – β-индолилмасляная кислота; Зн (зеатин) – 6-(4-гидрокси-3-метилбут-2-еноламино) пурин.

Введение

Представители рода тополь – *Populus L.* (сем. Salicaceae) широко используются для озеленения населенных мест и создания различного типа защитных насаждений. Вегетативное размножение видов и гибридов тополя успешно осуществляется во многих странах [1]. Однако быстрое внедрение ряда элитных форм тополя сдерживается слабой укореняемостью черенков при традиционных методах размножения. Биотехнологические приемы и подходы открывают новые возможности для массового воспроизводства таких растений и являются хорошей альтернативой их размножения.

Род *Populus* является модельной системой, как в области биотехнологии древесных растений, так и в сфере получения древесных растений с улучшенными характеристиками [2]. Этот род занимает почти половину всех работ, касающихся генетической трансформации древесных пород [3]. Однако успех этих технологий напрямую зависит от разработки эффективных протоколов размножения *in vitro* [4]. Виды и гибриды рода *Populus* размножены в культуре тканей и органов растений из различных типов эксплантов: из почек, листьев и корней [5, 6, 7]; из междоузлий [8,9]; из средней жилки листа [10]; из примордий женских сережек [11] и др.

В данном исследовании рассмотрен морфогенетический потенциал различных типов эксплантов четырех, используемых в зеленом строительстве гибридов тополя (т. Сибирский серебристый № 12 и № 4, т. Стройный № 18/4, т. Подмосковный × *P. suaveolens* № 10/1) и двух видов (*P. alba* и *P. nigra*).

Объекты и методы исследования

Растительный материал. Объектами исследований служили четыре быстрорастущих, зимостойких, декоративных гибридов тополя, полученных в ЦСБС СО РАН и два дикорастущих вида.

Тополь Сибирский серебристый № 12 получен в 1980 г. от скрещивания тополя белого (из поймы Оби) с тополем Болле (*P. alba* × *P. bolleana*). Стройное декоративное дерево с прямым стволом и узкой цилиндрической кроной. В 6 лет высота 7.4 м, в 20 лет – 20.6 м. Сравнительно засухоустойчив, газоустойчив, не повреждается ржавчиной. Укоренение зимних (одревесневших) стеблевых черенков в открытом грунте достигает максимально 65% [12].

Тополь Сибирский серебристый № 4 получен в 1980 г. от той же комбинации скрещивания, что и Сибирский серебристый № 12. Обладает сходными с ним свойствами, но отлича-



ется более интенсивным серебристым опушением листьев. В 20 лет высота 22 м. Укореняемость зимних стеблевых черенков невысока – около 50%.

Тополь Стройный № 18/4 получен в 1981 г. от свободного опыления полиплоидной формы C_0 (*P. nigra* × *P. pyramidalis*). Декоративное дерево с прямым стволом и очень узкой кроной. В 7 лет высота 8.4 м, в 20 лет – 20 м. Обладает высокой полевой устойчивостью к ржавчине и пятнистости листьев [13].

Гибрид № 10/1 получен в 1971 г. от контролируемого скрещивания т. Подмосковный × *P. suaveolens*. Стройное дерево с прямым стволом и компактной кроной, состоящей из сравнительно тонких (2–3 см) ветвей. В 16 лет высота 16 м, в 36 лет – 23 м [14].

P. alba и *P. nigra* выделены в естественных насаждениях поймы Оби, на окраине г. Новосибирска. Возраст их около 25 лет. Оба вида весьма зимостойки, экологически пластичны, довольно устойчивы к болезням и энтомофагам, но очень трудно размножаются зимними стеблевыми черенками, что сдерживает более широкое использование их в практике лесного хозяйства.

1–2-летние побеги гибридов были срезаны с молодых (5–15 лет) деревьев второго вегетативного поколения, выращенных на территории ЦСБС.

Растительный материал был взят в два сезона – апрель-март и ноябрь 2011 года. Исходными эксплантами служили пазушные почки и молодые листья, полученные после выгонки побегов. Было испытано два варианта поверхностной стерилизации: 1) 0.1% раствор сульфохлорантина (10 мин.), затем 70% этанол (3 сек.) и 0.1% раствор сулемы (20 мин.); 2) 70% этанол (3 сек.), затем 0.1% раствор сулемы (30 мин.). По окончании стерилизации растительный материал трижды промывали стерильной дистиллированной водой. С почек удаляли все покровные чешуи и часть листьев, оставляя два, наиболее глубоко расположенных листочка и помещали экспланты на питательную среду.

Среды для культивирования. Испытаны различные составы питательных сред: Мурасиге и Скуга (MS) [15], Уинтона (W) [16], Симола (N6, S) [17]. Среды содержали 3% сахарозу и 0.6% агар (Difco, USA). Автоклавирование среды проводили при 121°C в течение 20 мин, pH среды доводили до 5.8. Минеральную основу дополняли различными регуляторами роста и физиологически активными добавками (табл. 1). Экспланты культивировали в следующих условиях: фотопериод – 16/8 часов свет/темнота, освещенность – 2–3 клк, температура – 24±1°C.

Таблица 1

Состав питательных сред, используемых для размножения гибридов и видов тополя

Вариант	Состав среды
MS (1)	MS + 2,4 Д 5 мкМ + БАП 1 мкМ + гидролизат казеина 1 г/л
MS (2)	MS + 2,4 Д 5 мкМ + БАП 1 мкМ + гидролизат казеина 1 г/л + кокосовая вода 5%
MS (3)	MS + БАП 1 мкМ + ГК ₃ 5 мкМ
MS (4)	MS + БАП 5 мкМ + гидролизат казеина 200 мг/л
MS (5)	MS + БАП 7 мкМ + НУК 0.3 мкМ
MS (6)	MS + БАП 8 мкМ + ГК ₃ 5 мкМ + аскорбиновая кислота 100 мг/л
MS (7)	½ MS + БАП 10 мкМ + ГК ₃ 5 мкМ + гидролизат казеина 200 мг/л + аскорбиновая кислота 100 мг/л
MS (8)	MS + кокосовая вода 5%
MS (9)	MS + Кн 1.25 мкМ + ИУК 1.25 мкМ
MS (10)	½ MS
MS (11)	½ MS + ИМК 5 мкМ + аскорбиновая кислота 100 мг/л
N6 (1)	N6 + 2,4-Д 10 мкМ + Кн 2.5 мкМ
N6 (2)	N6 + Зн 50 мкМ
N6 (3)	N6 + Зн 25 мкМ + ГК ₃ 50 мкМ
W (1)	W + 2,4-Д 0.2 мкМ + Кн 5 мкМ
W (2)	W + БАП 0.75 мкМ

Наблюдение и учет результатов. Все эксперименты проводились в 2–3 повторностях. Статистическая обработка результатов осуществлялась путем расчетов с использованием пакета статистического анализа приложения Microsoft Excel. В таблицах показаны средние арифметические величины и доверительные интервалы. Доверительность оцениваемых показателей принимали на уровне значимости $P < 0.05$ [18].

Наблюдения проводили в центре коллективного пользования ЦСБС СО РАН (г. Новосибирск) на микроскопе Stereo Discovery V 12 (Carl Zeiss, Germany).

Результаты и их обсуждение

Культура листовых эксплантов. Молодые листья тополя помещали на среды для прямой регенерации побегов MS (9) (жидкие и твердые) и для индукции каллусообразования MS

(1), MS (2), N6 (1) и W (1) (рис. 1, 2). Использование жидких сред на этапе введения в культуру является наиболее эффективным способом, особенно для древесных растений, в связи с фенольным окислением тканей эксплантов. Так, использование жидкой среды MS оказалось оптимальным вариантом для прямой регенерации побегов *P. deltoides* [6]. В нашем эксперименте

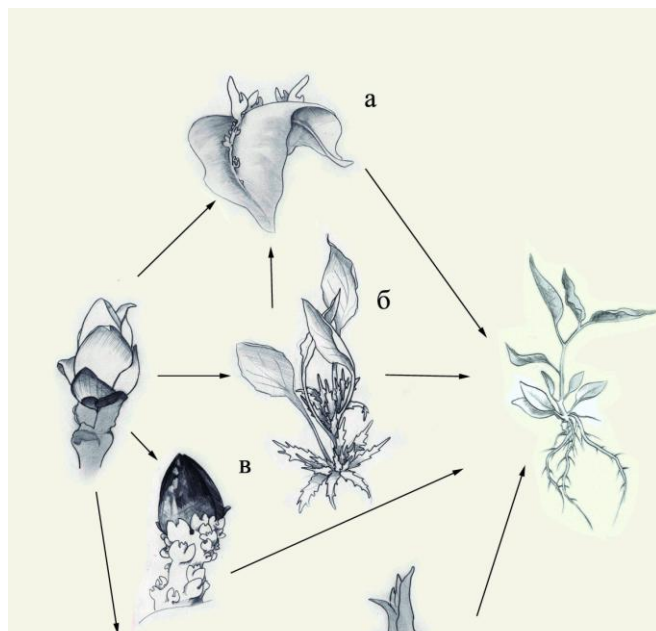


Рис. 1. Пути морфогенеза изучаемых представителей рода *Populus* в культуре *in vitro*: а) прямая регенерация побегов из средней жилки листа; б) развитие пазушных почек побега; в) адвентивное побегообразование в основании почки; г) непрямой геммогенез

на среде MS (9) у изучаемых гибридов и *P. nigra* наблюдался рост и оводнение листьев и только у *P. alba* происходила прямая регенерация побегов из средней жилки листа (рис. 2г).

На регенерацию побегов через каллусную культуру влияют следующие факторы: генотип растения, тип эксплантата, состав питательной среды. Для получения каллусов молодые листья делили на части и помещали горизонтально адаксиальной стороной на питательные среды. Каллусообразование наблюдали через 20 дней культивирования в термостате в условиях темноты. Все изучаемые виды и гибриды тополя были способны к образованию каллуса, дедифференциация тканей шла в первую очередь в местах среза листа. Частота каллусообразования на средах MS (1), MS (2), N6 (1) составила 100%, на среде W (1) около 60%. Использование среды MS, дополненной 2,4-Д оказалось эффективным для индукции каллусообразования многих представителей рода *Populus*: *P. angustifolia*, *P. balsamifera*, *P. deltoides* [9].

Регенерация побегов у изучаемых гибридов и видов тополя на среде для

калусообразования не происходила. Через месяц культивирования каллусы были пересажены на среды для регенерации побегов MS (2) – MS (9), N6 (2), N6 (3) и W (2) в условия фотопериода. На свету они приобрели зеленую и зелено-красную окраску. На средах MS (8) и W (2) наблюдали заложение меристематических очагов у тополя Сибирского серебристого №4 и тополя Подмосковный×*P. suaveolens*, но дальнейшего развития побегов на данных средах не происходило. На средах, содержащих кокосовую воду (MS (2) и MS (8)), отмечен только ризогенез.

Стабильную морфогенную каллусную культуру всех изучаемых гибридов и видов тополя получили на среде N6 (2). На данной среде возможно длительное время поддерживать каллусную культуру без потери морфогенности. Дальнейшее развитие и рост побегов происходили только при добавлении в среду, совместно с Зн, ГК₃ – N6 (3). Гиббереллины используют чаще всего для вытягивания укороченных побегов, как, например, для *P.×euramericana* [8]. Роль ГК₃ проявляется и в синергическом эффекте с другими регуляторами роста, в том числе с цитокининами. Известно, что обработка растений гиббереллинами значительно увеличивает митотическую активность [19]. Так, например, только при внесении в среду для культивирования ГК₃ был получен морфогенный ответ у *Betula schmidtii* [20]. Данные наших исследований приведены в таблице 2.

Таблица 2

Регенерация побегов у представителей рода *Populus* в каллусной культуре *in vitro*, n=10

Вид, гибрид	% морфогенеза	Количество побегов, шт./экспл
Т. Сибирский серебристый № 4	25	5.3±1.4
Т. Сибирский серебристый № 12	15	4.5±2.0
Т. Стройный № 18/4	10	3.5±1.6
Т. Подмосковный× <i>P. suaveolens</i> № 10/1	14	3.3±1.2
<i>P. alba</i>	72	5.4±2.1
<i>P. nigra</i>	80	7.6±1.5

Невысокая частота регенерации побегов гибридов тополя возможно объясняется длительным культивированием на среде с ауксинами. В работе Р. Maheshwari и I. Kovalchuk [9] отмечено, что только короткий период культивирования эксплантов (6–10 дней) на среде для

каллусообразования способствует дальнейшей высокой регенерации побегов. Количество побегов на каллусе также было видоспецифично, наибольшее число побегов развивалось у *P. nigra* (см. табл. 2).

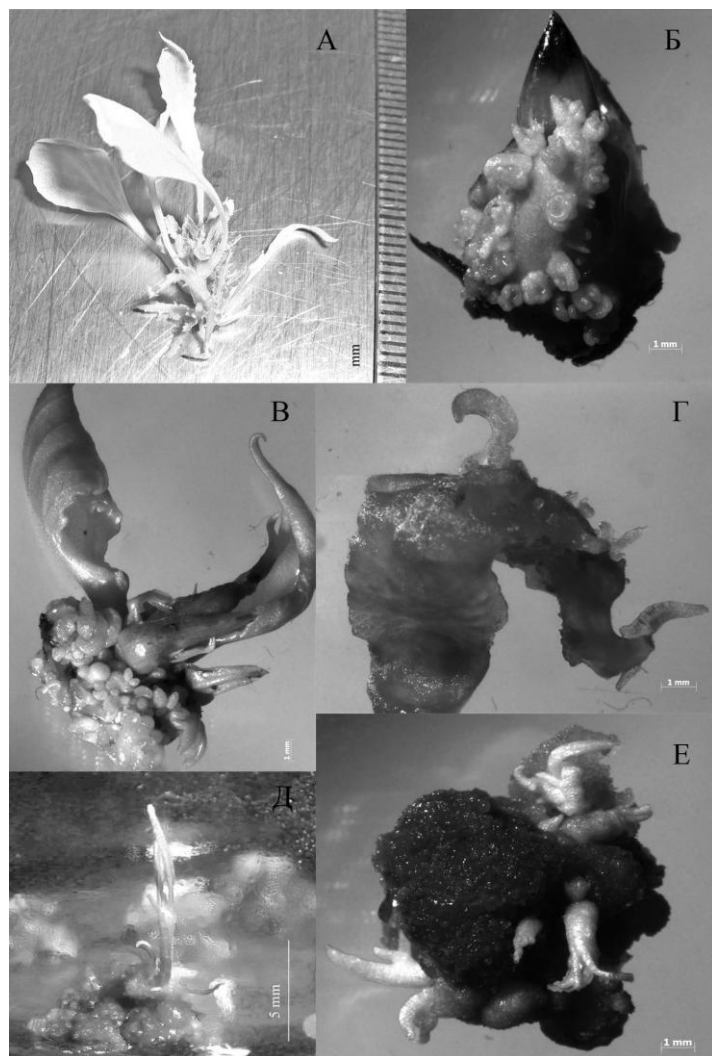


Рис. 2. Морфогенез *in vitro* представителей рода *Populus*: А. Развитие пазушных почек тополя Сибирского серебристого №12 на среде MS + Кн 1.25 мкМ + ИУК 1.25 мкМ. Б. Адвентивное побегообразование в основании почки тополя Стройного на среде MS + БАП 5 мкМ + гидролизат казеина 200 мг/л. В. Адвентивное побегообразование в основании почки *P. nigra* на среде MS + БАП 5 мкМ + гидролизат казеина 200 мг/л. Г. Адвентивное побегообразование на средней жилке листа *P. alba* на среде MS + Кн 1.25 мкМ + ИУК 1.25 мкМ. Д. Регенерация побегов тополя Подмосковный × *P. suaveolens* из каллуса на среде N6 + Zn 25 мкМ + ГК₃ 50 мкМ. Е. Регенерация побегов тополя Сибирского серебристого №4 из каллуса на среде N6 + Zn 25 мкМ + ГК₃ 50 мкМ

лей рода *Populus* как *P. deltoides*, *P. ×euramericana* [6,8]. Наши исследования показывают, что применение высоких концентраций БАП (более 5 мкМ) действует негативно на все изучаемые тополя, кроме *P. nigra*. Оптимальной для развития и роста побегов оказалась среда MS (3). Побеги тополя Сибирского серебристого №12 характеризовались также хорошим ростом на среде MS (9).

Культура пазушных почек. Почки гибридов и видов тополя вводили в культуру *in vitro* осенью (ноябрь). Через две недели культивирования почти все почки проявили ответ на среде MS (4). На данной среде у тополя Стройного и *P. nigra* развивались адвентивные побеги у основания почки, у тополей Сибирского серебристого №12 и №4 и *P. alba* происходило развитие пазушных почек на побеге. Различия в морфогенном ответе эксплантов объясняются происхождением гибридов. Тополь Стройный – гибрид *P. nigra* × *P. pyramidalis*, проявил схожий морфогенный ответ в культуре *in vitro* с *P. nigra*. Тополя Сибирский серебристый №12 и №4 – гибриды *P. alba* × *P. bolleana* имели одинаковый ответ с *P. alba*. Эти данные еще раз подтверждают строгую зависимость морфогенного ответа экспланта от генотипа материнского растения. Наибольшее количество почек развивалось у *P. nigra* и т. Стройного за счет образования большого количества адвентивных почек (23.8 и 15.4 соответственно) (табл. 3).

Среда MS (4) оказалась универсальной для всех изучаемых видов и гибридов на этапе введения почек в культуру *in vitro*, однако дальнейшее культивирование эксплантов на данной среде влияло негативно на показатели роста и развития. Наши данные показывают, что для заложения адвентивных почек и стимуляции развития пазушных почек необходимы высокие концентрации БАП. Для дальнейшего роста и развития почек необходимо культивировать экспланты на средах того же состава, но с уменьшенным в 5 раз содержанием цитокининов.

Мультипликация и укоренение побегов. Для мультипликации побегов, полученных прямым и непрямим путем, применяли среды MS (3) – MS (9). Ранее сообщалось, что использование среды MS было эффективным для таких представите-

Таблица 3
Регенерация побегов у представителей рода *Populus* в культуре пазушных почек *in vitro*, n=10

Вид, гибрид	% морфогенеза	Количество побегов, шт./экспл
Т. Сибирский серебристый № 4	100	6.0±1.2
Т. Сибирский серебристый № 12	100	5.6±1.8
Т. Стройный № 18/4	80	15.4±2.0
Т. Подмосковный× <i>P. suaveolens</i> № 10/1	—*	—*
<i>P. alba</i>	100	5.3±1.6
<i>P. nigra</i>	90	23.8±3.5

Примечание: * – нет данных.

Для укоренения микропобегов использовали среды MS (10) и MS (11). Все изучаемые представители рода *Populus* проявили способность к укоренению на данных средах. На среде с ИМК ризогенез происходил быстрее, но при этом наблюдали развитие каллуса. Поэтому безгормональная среда выбрана как оптимальная для стадии ризогенеза.

Заключение

Таким образом, для гибридов и видов тополя выявлены прямой (адвентивное побегообразование, развитие пазушных почек) и непрямой (геммогенез) пути морфогенеза. *P. nigra* и *P. alba* характеризуются наибольшей пластичностью, проявляя высокую способность к морфогенезу в культуре *in vitro*. Для развития по прямому пути почки необходимо культивировать на среде MS + БАП 5 мкМ + гидролизат казеина 200 мг/л, а после заложения побегов культивировать на средах с низким содержанием цитокининов. Оптимальной средой для непрямого геммогенеза из листовых эксплантов является среда N6 + Зн 25 мкМ + ГК₃ 50 мкМ, при этом решающую роль в развитии заложившихся почек играет ГК₃. Полученные прямым и непрямым путем микропобеги успешно укореняли на среде MS с редуцированным вдвое содержанием минеральных элементов.

Список литературы

1. Эйзенрейх Х. Быстрорастущие древесные породы / Пер. с нем. – М.: Изд-во иностр. лит., 1959. – 508 с.
2. Jansson S., Douglas C.J. *Populus*: a model system for plant biology // *Annu Rev. Plant Biol.* – 2007. – Vol. 58. – P. 435–458.
3. Marchadier H., Sigaud P. *Poplars in biotechnology research* // *Unasylya* 221. – 2005. – Vol. 56. – P. 38–39.
4. McCown B.N. *Poplar shoot cultures: their generation and use in biotechnology* / *Micropropagation, genetic engineering, and molecular biology of Populus* / Klopfenstein N.B., Chun Y.W., Kim M.-S., Ahuja M.R. eds. Fort Collins, CO. – 1997. – P. 5–9.
5. Ahuja M. R. Somatic cell differentiation and rapid clonal propagation of aspen // *Silvae Genetica.* – 1983. – Vol. 3, № 3/4. – P. 131–135.
6. Yadav R., Aror P., Kumar D., Katyal D., Dilbaghi N., Chaudhury A. High frequency direct plant regeneration from leaf, internode and root segments of Eastern Cottonwood (*Populus deltoides*) // *Plant Biotech. Report.* – 2009. – № 3. – P. 175–182.
7. Raj A.Y., Ho R.H., Zsuffa L. *In vitro* propagation of forest trees by tissue culture // *Proc. 28th Northeastern For Tree Impr. Conf.* – 1983. – P. 218–293.
8. Agrawal V., Gupta S.C. *In vitro* plantlet development from explants of 25-year-old trees of *Populus euramericana* – a hybrid poplar // *Pl. Sci.* – 1991. – V. 78. – P. 99–105.
9. Maheshwari P., Kovalchuk I. Efficient shoot regeneration from intermodal explants of *Populus angustifolia*, *Populus balsamifera* and *Populus deltoides* // *New Biotech.* – 2011. – Vol. 28, № 6. – P. 778–787.
10. Lee-Stadelmann O.Y., Lee S.W., Hackett W.P., Read P.E. The formation of adventitious buds *in vitro* on micro-cross sections of hybrid *Populus* leaf midveins // *Plant Science.* – 1989. – Vol. 61. – P. 263–272.
11. Bawa K.S., Stettler R.F. Organ culture with black cottonwood: morphogenic response of female catkin primordia. *Can. J. Bot.* – 1972. – Vol. 50. – P. 1627–1631.
12. *Древесные растения для озеленения Новосибирска* / Под ред. И.Ю. Коропачинского. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2008. – 303 с.
13. Бакулин В.Т. Тополь черный в Западной Сибири. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. – 121 с.
14. Бакулин В.Т. Тополь душистый в Сибири. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2010. – 110 с.
15. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture // *Physiol. Plant.* – 1962. – Vol. 15, № 2. – P. 473–497.



16. Winton L.L. Shoot and tree production from aspen tissue cultures // Amer. J. Bot. – 1970. – Vol. 57, № 8. – P. 904–909.
17. Simola L. Propagation of plantlets from leaf callus of *Betula pendula* f. *purpurea* // Scientia Hort. – 1985. – Vol. 26. – P. 77–85.
18. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М., 1990. – 352 с.
19. Дерфлинг К. Гормоны растений. Системный подход. Пер. с англ. – М., 1985. – 304 с.
20. Ide Y., Nishikawa H. In vitro propagation of *Betula schmidtii* from germinated seedlings // Bull. Tokyo Univ. For. – 1993. – Vol. 89. – P. 163–169.

EFFECTIVE WAY OF SHOOTS REGENERATION OF THE POPLAR BUDS AND LEAVES

A.A. Erst
V.T. Bakulin

*Central Siberian Botanical Garden,
Siberian Branch of Russian Academy
of Sciences, 101, Zolotodolinskaya St.,
Novosibirsk, 630090, Russia*

E-mail: annaerst@yandex.ru

Axillary buds and leaves of four elite hybrids and two species of poplar have been used as initial explants for clonal micropropagation. The ways of morphogenesis have been revealed: a direct (adventive shoot formation, the development of axillary buds) and indirect (gamogenesis). The response of explants proved to be dependent upon the genotype of the parent plant. The best morphogenic response was characteristic of *Populus nigra* and *P. alba* (80 and 72% respectively). The key factor for the development of shoots from callus culture was entering GA₃ into the growth medium. The best medium at the stage of multiplication of shoots was MS + BAP 1 μM + 5 μM GA₃. Microshoots obtained directly and indirectly have been rooted successfully on half-strength MS medium.

Keywords: poplar, hybrids, leaves, buds, propagation *in vitro*.

УДК 574.21

ДВУСТВОРЧАТЫЕ МОЛЛЮСКИ КАК ИНДИКАТОРЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНО-МОРСКИХ ВОД ЮЖНОЙ БАЛТИКИ

**Е.А. Пономарёва,
Е.В. Краснов**

Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, Россия, 236041, г. Калининград, ул. А.Невского, 14

E-mail: titlinovae@list.ru

Двустворчатые моллюски – важнейший компонент донной фауны Балтийского моря. Автором с 2008 по 2011 гг. на пляже г. Зеленоградска изучались штормовые выбросы раковин наиболее массовых видов моллюсков – *Mya arenaria* L., *Mytilus edulis* L., *Macoma baltica* L., створки вида *Cerastoderma rusticum* L. Встречаются значительно реже остальных. Максимальное количество собранных раковин приходится на весенние месяцы, минимальное – осенний период каждого года.

Ключевые слова: Балтийское море, двустворчатые моллюски, биоиндикация, биомониторинг.

Введение

Индикаторами геоэкологического состояния прибрежно-морских вод Южной Балтики являются разнообразие морские организмы, в том числе моллюски.

Моллюски – важнейший компонент донной фауны Балтийского моря наиболее доступный для использования с целью индикации качества морской среды в системе биомониторинга Балтийского моря. По числу видов в прибрежно-морских водах они занимают довольно скромное место и не превышают 5% от общего числа видов макробентосных форм, а по биомассе их роль значительна – от 40% до 90%. Во многих биотопах моллюски доминируют в зообентосе, определяя структурно-функциональные особенности донных сообществ. Обладая высокой плодовитостью, они осуществляют функцию биофильтра, что способствует поддержанию высокого качества морской среды за счет трансформации органических и минеральных соединений, поступающих в водную толщу [1]. Удаляя из воды компоненты загрязнений, большинство моллюсков обладают различной устойчивостью к действию токсикантов, что позволяет использовать их при биомониторинге состояния морской среды. Моллюски питаются, активно фильтруя значительные объемы воды, извлекая из нее фитопланктон и взвешенный детрит. Пройдя через пищеварительный тракт и мантийную полость моллюсков детрит, заключенный в фекалии, оседает затем на дно. Таким образом, эти организмы принимают активное участие в биологической очистке воды и играют важную роль в осадконакоплении.

Будучи весьма заметным элементом морского населения, моллюски имеют существенное значение и в жизнедеятельности человека. Их раковины, хорошо сохраняющиеся в фосильном и субфосильном состояниях, часто оказываются руководящими ископаемыми. Это в полной мере относится и к Балтийскому морю, где условия фоссилизации благоприятствуют сохранению раковин двустворчатых моллюсков, почти не оставляя останков других донных животных [2].

Двустворчатые моллюски – наиболее удобны для мониторинга качества морской среды. Для дыхания и питания они пропускают через себя значительное количество морской воды. В процессе фильтрации животные аккумулируют загрязняющие вещества [3]. Концентрация ксенобиотиков в тканях двустворчатых моллюсков может достигать высокого уровня [4].

Методы биоиндикации должны базироваться на знании закономерностей взаимодействия организмов и среды их обитания, отклика биоты на изменения условий существования. Этим и объясняется выбор авторами темы данного исследования.

С 2008 по 2011 гг. авторы изучали штормовые выбросы раковин на трех участках пляжа г. Зеленоградска, Калининградской области протяженностью 100 метров каждый. Собирались створки массовых видов моллюсков – *Macoma baltica* L., *Mya arenaria* L., *Mytilus edulis* L., *Cerastoderma rusticum* L. наиболее распространенных в мелководье южной Балтики. Сравнительный анализ сборов (табл. 1; рис. 1) и позволяет сделать некоторые выводы об изменении среды обитания моллюсков в разные сезоны года.



Таблица 1

**Распространение створок двустворчатых моллюсков на участках пляжа
г. Зеленоградска (Калининградская область)**

Участок	Дата сбора	М.б.		М.а.		М.е.		С.г.	
		кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%	кол-во	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1 участок 0–100 м (от окончания променада на СВ)	04.09.2008	61/17	41.78	34/2	23.28	27/18	18.49	24/5	16.44
	07.12.2008	38/5	38.38	20/11	20.2	35/0	35.35	6/2	06.06
	24.01.2009	100/37	37.87	40/0	15.15	100/88	37.87	24/5	09.09
	07.02.2009	100/6	37.87	68/42	25.76	52/0	19.69	45/11	16.66
	08.03.2009	73/8	31.83	54/6	23.17	100/61	42.91	6/3	2.57
	16.04.2009	100/21	30.58	100/11	30.58	100/30	30.58	27/6	8.26
	16.05.2009	100/50	26.04	100/15	26.04	100/50	26.04	84/23	21.88
	16.06.2009	100/48	29.07	100/8	29.07	100/80	29.07	44/15	12.79
	16.07.2009	38/5	29.29	53/0	40.78	36/15	27.69	3/1	02.3
	22.08.2009	100/6	32.46	100/2	32.46	100/4	32.46	08/1	02.6
	16.09.2009	64/4	23.44	90/1	32.97	100/79	36.63	19/5	6.96
	18.10.2009	29/3	16.9	47/0	27.48	88/3	50.2	9/3	5.26
	19.11.2009	0	0	21/0	100	0	0	0	0
	23.03.2010	6/4	16.22	23/0	62.16	4/1	10.81	4/0	10.81
	16.04.2010	70/11	36.27	60/0	31.08	55	28.50	8/3	4.15
	18.05.2010	1/0	5.26	17/0	89.48	0	0	1/0	5.26
	16.06.2010	12/2	17.66	51/0	75	0	0	5/0	7.34
	18.07.2010	0	0	0	0	0	0	0	0
	18.08.2010	86/8	38.38	100/0	44.65	23/6	10.26	15/3	6.69
	23.03.2011	25/4	15	51/7	32	71/39	44	12/3	7
24.04.2011	54/8	45.37	34/4	28.58	16/5	13.45	15/6	12.60	
22.05.2011	21/3	35	38/0	63.33	1/0	1.67	0	0	
26.06.2011	0	0	0	0	0	0	0	0	
2 участок 100–200 м	07.12.2008	39/7	53.42	5/1	6.84	20/0	27.4	9/1	12.33
	24.01.2009	100/20	54.05	30/0	16.21	24/7	12.97	31/5	16.76
	08.03.2009	72/13	28.34	68/8	26.77	100/48	39.37	13/5	5.52
	16.04.2009	21/7	12.2	41/11	23.84	100/20	58.13	10/4	5.81
	16.05.2009	100/48	28.41	100/9	28.41	100/40	28.41	84/23	21.87
	16.06.2009	100/40	29.67	100/7	29.67	100/61	29.67	37/15	10.97
	16.07.2009	32/5	28.32	48/3	42.48	31/13	27.43	2/1	1.77
	22.08.2009	100/14	31.25	100/3	31.25	100/11	31.25	20/5	6.25
	16.09.2009	100/10	36.36	100/4	36.36	46/11	16.72	29/5	10.54
	18.10.2009	55/10	19.2	87/10	30.4	100/53	34.9	44/12	15.3
	19.11.2009	0	0	37/0	100	0	0	0	0
	23.03.2010	2/0	5	28/1	70	5/2	12.5	5/1	12.5
	16.04.2010	65/17	24.44	78/0	29.32	100	37.60	23/10	8.64
	18.05.2010	5/2	16.14	25/0	80.65	0	0	1/0	3.3
	16.06.2010	9/2	36	15/0	60	0	0	1/0	4
	18.07.2010	0	0	0	0	0	0	0	0
	18.08.2010	57/14	27.95	100/0	49.02	34/12	16.66	13/1	6.37
	23.03.2011	11/6	22.43	38/0	77.57	0	0	0	0
	24.04.2011	28/4	54.91	23/1	45.09	0	0	0	0
	22.05.2011	7/0	22.58	22/1	70.96	1/0	3.23	1/0	3.23
26.06.2011	1/0	0	1/0	0	0	0	0	0	
3 участок 200–300 м	07.12.2008	15/0	42.86	2/1	5.71	14/0	40	4/2	11.43
	24.01.2009	100/11	42.73	27/0	11.54	100/72	42.73	7/2	2.99
	08.03.2009	37/5	20.55	31/3	17.23	100/39	55.55	12/9	6.67
	16.05.2009	100/40	25	100/16	25	100/20	25	100/26	25
	16.06.2009	100/36	31.15	100/9	31.15	100/44	31.15	21/3	6.54
	16.07.2009	28/2	29.79	43/0	45.74	21/6	22.34	2/0	2.13
	22.08.2009	100/14	31.85	100/23	31.85	100/49	31.85	14/4	4.46
	16.09.2009	69/1	26.23	81/1	30.8	100/58	38.02	13/3	4.94
	18.10.2009	26/8	10.7	87/3	35.95	100/36	41.32	29/9	11.99
	19.11.2009	0	0	33/0	100	0	0	0	0
	23.03.2010	3/0	8.1	25/2	67.6	5/0	13.5	4/1	10.8
	16.04.2010	100/38	26.60	100/6	26.60	100/25	26.60	76/36	20.20
	18.05.2010	4/0	11.76	28/0	82.35	0	0	2/0	5.8

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	16.06.2010	11/1	26.82	27/0	65.86	1/0	2.44	2/1	4.88
	18.07.2010	2/0	33.34	4/0	66.66	0	0	0	0
	18.08.2010	48/4	30.57	91/1	57.97	12/0	7.64	6/3	3.82
	23.03.2011	23/3	16.9	48/2	35.29	55/14	40.44	10/1	7.35
	24.04.2011	25/4	43.86	21/2	36.85	10/2	17.54	1/0	1.75
	22.05.2011	8/1	24.25	23/1	69.69	1/0	3.03	1/0	3.03
	26.06.2011	2/0	100	0	0	0	0	0	0

Примечание: М.б. – *M. baltica*, М.а. – *M. arenaria*, М.е. – *M. edulis*, С.г. – *C.a rusticum*; 100/37 – общее кол-во створок/из них целых.

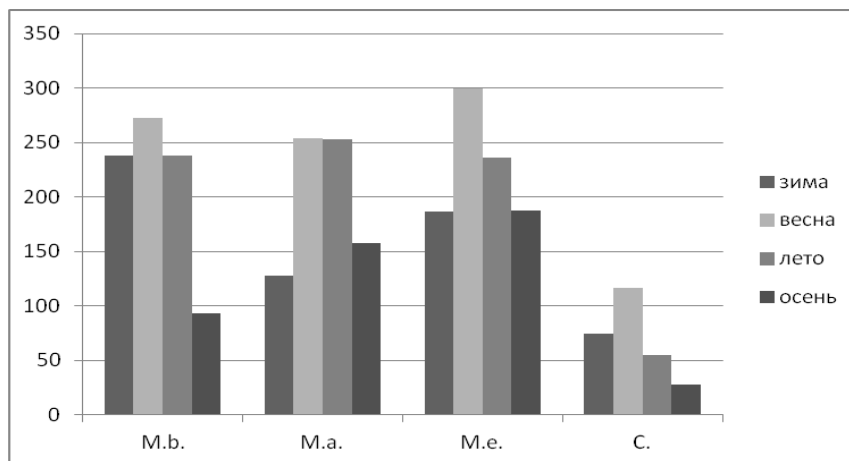


Рис. 1. Сезонная динамика количества выброшенных створок в 2009 г.
Примечание: М.б. – *Macoma baltica*, М.а. – *Mya arenaria*, М.е. – *Mytilus edulis*, С. – *Cerastoderma rusticum*

Массовые выбросы на Зеленоградский пляж (более 100 экз.) на каждом участке представлены видом *M. arenaria*, второй по численности выбросов створок вид – *M. edulis*, третье место занимает вид – *M. baltica*. *C. rusticum* представлен значительно реже остальных.

Минимальные количества створок исследованных видов пришлось на март 2010 года, а в июне 2011 года было найдено только 2 створки на третьем (3) участке, в ноябре 2009 года в штормовых выбросах присутствовал один вид – *M. arenaria*.

Число раковин *M. edulis* в половине случаев достигало 100 экземпляров не зависимо от времени года. *M. arenaria*, *M. baltica* характеризуются явным доминированием и также как вид *M. edulis* в 50% случаев достигало 100 экземпляров не зависимо от времени года. Характерно на протяжении всех сборов небольшое число раковин вида *C.a rusticum*, максимальное количество – май 2009 (1, 2 участки – 84,3 – 100 штук).

В ноябре 2009 года в выбросах был обнаружен только один вид – *M. arenaria*.

Максимальное количество створок за все исследованные годы приходится на весну и лето период, минимальные на осенне-зимний период.

Значительное колебание численности всех изученных видов, вероятнее всего связаны с сезонными и годовыми изменениями температурных условий и гидродинамической обстановкой водной среды. Соотношение целых и обломанных створок дает возможность судить о волнении моря, о силе штормов и антропогенной нагрузке в выходные и праздничные дни (по максимальным значениям количества фрагментов створок).

Изучая штормовые выбросы двустворчатых моллюсков, а затем, прослеживая их изменения по сохранности, совместной встречаемости видов и размерно – возрастному составу в дальнейшем будет возможно проследить уровень воздействия антропогенного загрязнения на биоразнообразии прибрежно-морских вод Южной Балтики.

Анализ полученных данных позволяет судить об изменениях колебания численности всех изученных видов в зависимости от экологических условий среды их обитания.

Несмотря на многочисленные исследования по использованию организмов-мониторов для оценки уровня загрязнения морских вод [5, 6, 7], методы биоиндикации еще нуждаются в более глубоком осмыслении. Они должны базироваться на знании закономерностей взаимодействия организмов и среды их обитания, отклика биоты на изменение условий существования, представлениях о способах оценки качества водной среды.



Список литературы

1. Краснов Е.В., Романчук А.Ю., Пономарёва Е.А. Оценка качества прибрежно-морских вод методами биоиндикации // Проблемы управления социально-экономическими процессами регионов: материалы V Международной конференции. – Калининград, 2009. – С. 142–146.
2. Krasnov E.V. Corals and mollusks as indicators of sea water quality // Water quality bulletin. – 1977. – Vol. 2, № 4. – P. 10–11.
3. Наумов А.Д. Двустворчатые моллюски Белого моря. Опыт эколого-фаунистического анализа. – СПб.: ЗИНРАН, 2006. – 367 с.
4. Краснов Е.В., Корнеев Л.В. Антропогенное воздействие на морские экосистемы европейских морей // VI Baltyckie forum ekologiczne. – Gdansk, 1993. – S.76-82.
5. Романчук А.Ю. Об эволюционной и экологической изменчивости двустворчатых моллюсков рода *Cardium* L. // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. – Калининград, 2006. – С. 79-82.
6. Романчук А. Ю., Пономарева Е.А. Методы оценки качества прибрежно-морских вод: состояние перспективы // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта. – Калининград, 2010. – С. 77-82.
7. Буяновский А.И. Пространственно-временная изменчивость размерного состава в популяциях двустворчатых моллюсков, моржей и десятиногих ракообразных – М.: Изд-во ВНИРО, 2004. – 307 с.

BIVALVE MOLLUSKS AS INDICATORS OF GEOECOLOGICAL STATE OF COASTAL-MARINE WATERS OF THE SOUTHERN BALTIC

E.A. Ponomareva, E.V. Krasnov

Immanuel Kant Baltic Federal University, 14, A. Nevskiy St., Kaliningrad, 236041, Russia

E-mail: titlinovae@list.ru

Bivalve mollusks are a key component of the benthic fauna of the Baltic Sea. During the period of 2008 to 2011 the storm casts of the seashells of the most abundant species of mollusks - *Mya arenaria* L., *Mytilus edulis* L., *Macoma baltica* L. were studied by the author on Zelenogradsk beach. The shells of *Cerastoderma rusticum* L. species proved to be much rarer. The maximum number of collected shells is characteristic for the spring months, the minimum is found in the autumn of each year.

Keywords: the Baltic Sea, bivalves, bioindication, biomonitoring.

УДК 598.2 : 576.12

РАЦИОНЫ ПИТАНИЯ «ЖЕЛТЫХ» ТРЯСОГУЗОК (PASSERIFORMES, MOTACILLIDAE, MOTACILLINAE)¹

**Е.А. Артемьева,
И.В. Муравьев**

Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, Россия, 432700, Ульяновск, пл. 100-летия со дня рождения В.И. Ленина, д. 4

E-mail: hart5590@gmail.com;
pliska58@mail.ru

На примере видов группы «желтых» трясогузок (Passeriformes: Motacillidae; Motacillinae) рассматриваются особенности питания в популяциях полиморфного транспалеарктического комплекса видов *Motacilla flava* L. На территории европейской части России, в том числе в Волжско-Камском крае распространены представители западного комплекса форм видовой ранга *flava* (с подвидами: *flava*, *thunbergi*, *beema*, *leucocephala*), *citreola* (с подвидами *werae*), *lutea*, *feldegg*, *cinerea*. Различия в пищевых рационах питания взрослых птиц и птенцов видоспецифичны для каждого из видов. Разнообразие кормовой базы является маркером состояния природных популяций в пространстве ареала и важной составляющей эколого-ценотической стратегии видов группы «желтых» трясогузок.

Ключевые слова: рацион питания, эколого-ценотическая стратегия, популяция, вид, экологическая ниша, ценоз, гнездопригодный биотоп, кормовая база, птицы, Motacillidae.

Введение

На примере видов группы «желтых» трясогузок (Passeriformes: Motacillidae; Motacillinae) рассматриваются особенности питания в популяциях полиморфного транспалеарктического комплекса видов *Motacilla flava* L. На территории европейской части России, в том числе в Среднем Поволжье распространены представители западного комплекса форм видовой ранга *flava* (с подвидами: *flava*, *thunbergi*, *beema*, *leucocephala*), *citreola* (с подвидами *werae*), *lutea*, *feldegg*, *cinerea*. Различия в пищевых рационах питания взрослых птиц и птенцов видоспецифичны для каждого из видов. Разнообразие кормовой базы является маркером состояния природных популяций в пространстве ареала и важной составляющей эколого-ценотической стратегии видов группы «желтых» трясогузок. Рационы питания «желтых» трясогузок (*Motacilla flava* L.) характеризуют особенности видов группы, при этом существуют различия в рационах питания самцов и самок, а также птенцов. Пищевая специализация близких видов в условиях симпатрии является изолирующим механизмом при конкуренции за пищевые ресурсы биотопов гнездования популяций как каждого вида в отдельности, так и всей группы в целом.

Транспалеарктический комплекс «желтых» трясогузок подрода *Budytes* Guw. 1817, *Motacilla flava* sensu lato характеризуется чрезвычайно широкой индивидуальной и географической изменчивостью морфологических и видоспецифичных экологических признаков в пределах ареала [1, 2]. На территории европейской части России, в том числе Среднем Поволжье, распространены представители западного комплекса форм видовой ранга *M. flava*, (с подвидами: *flava*, *thunbergi*, *beema*, *leucocephala*), *citreola* (с подвидами *werae*), *lutea*, *feldegg*, *cinerea*, что было подтверждено с помощью мтДНК-анализа [3–6].

На основе проведенных многолетних полевых исследований показано, что *M. feldegg* – вид, адаптированный к нестабильной и бедной кормовыми ресурсами среде (населяет засушливые поймы степных водоемов, берега водоемов в глинистых и солончаковых степях); *M. citreola* – вид, адаптированный к стабильной, но бедной кормовыми ресурсами среде, обитает в ценозах олиготрофных болот, сырых заболоченных лугах, бедных питательными веществами. *M. cinerea*, *M. lutea* адаптированы к нестабильной и богатой среде (высокогорные и степные, луговые ксерофильные ценозы); наконец, *M. flava* – вид, адаптированный к стабильной и богатой среде – луговым и пойменным мезофильным ценозам [7, 8].

Цель исследования – выявление у видов группы «желтых» трясогузок особенностей рациона питания птенцов и взрослых птиц.

¹ Данная работа выполнена при поддержке регионального гранта РФФИ Поволжье № 09-04-97012-р_поволжье_а.



Объект и методы исследования

Исследуемая группа «желтых» трясогузок представлена видами *Motacilla lutea* (S.G. Gmelin, 1774); *Motacilla flava* Linnaeus, 1758; *Motacilla feldegg* Michahelles, 1830; *Motacilla citreola* Pallas, 1776; *Motacilla cinerea* Tunstall, 1771 с выборками из различных областей ареала. Для выяснения границ ареалов видов и географического паттерна распространения основных фенотипов использован музейный материал Зоологического института РАН (г. С.-Петербург) – 350 экз., Зоологического музея МГУ (г. Москва) – 1100 экз., Зоологического музея СГУ (г. Саратов) – 85 экз., Кировского государственного краеведческого музея – 103 экз., Пензенского государственного краеведческого музея – 20 экз., Зоологического музея ПГПУ им. В. Г. Белинского – 35 экз., Краеведческого музея г. Сердобска Пензенской области – 1 экз., а также материалы полевых исследований 1978–2011 гг. (1322 экз.), из которых 230 экз. были окольцованы. Общий объем исследованного материала составляет 3016 экз.

Для поиска гнезд и определения гнездопригодности биотопов проводили полевые исследования на территориях Астраханской, Волгоградской, Оренбургской, Пензенской, Ростовской, Самарской, Саратовской и Ульяновской областей, в Республиках Калмыкии, Мордовии и Чувашии с апреля по сентябрь 1978–2011 гг.

Исследования гнездовых поселений с целью изучения рациона питания птенцов и взрослых птиц проводились на трех площадках в течение 15 лет: окр. сс. Раевка и Каменка Кошлейского района Пензенской области (10 га и 15 га), окр. с. Пригородное Сердобского района Пензенской области (21 га).

Для анализа особенностей питания в период гнездования исследовали содержимое желудков погибших особей *M. lutea* (25 проб); *M. flava* (21 проба); *M. feldegg* (2 пробы); *M. citreola* (22 пробы). Кроме того, были взяты пробы корма птенцов (возраст 7–9 дней) методом наложения лигатур [9]: *M. lutea* (110 проб), *M. flava* (102 пробы), *M. citreola* (90 проб). Проведены также визуальные наблюдения за кормодобыванием взрослых особей и кормлением слетков у *M. cinerea* (22 особи), за кормлением птенцов у *M. feldegg* (4 особи) и *M. cinerea* (11 особей).

Определение кормовых объектов трясогузок проводили до отряда, в некоторых случаях до семейства и вида (моллюсков, ракообразных, пауков и насекомых).

Результаты и их обсуждение

Наиболее предпочитаемые кормовые объекты взрослых птиц видов комплекса «желтых» трясогузок представлены в таблицах 1 и 2, в которых кроме собственных наблюдений авторов включены данные В.Н. Сотникова [6] по северным областям ареалов.

Таблица 1

Рацион питания самцов у разных видов группы «желтых» трясогузок (результаты анализа наблюдений и проб содержимого желудков)

Кормовые объекты	<i>M. flava</i> % встреч (n=21)	<i>M. lutea</i> % встреч (n=25)	<i>M. feldegg</i> % встреч (n=2)	<i>M. citreola</i> % встреч (n=22)	<i>M. cinerea</i> % встреч (n=22)
Gastropoda	-	-	19.1	-	-
Gammaridae	0.3	-	-	9.8	-
Aranea	-	-	11.6	6.3	-
Ephemeroptera	-	-	-	-	17.6
Odonata	-	-	11.3	-	2.3
Orthoptera	-	35.2	-	3.7	-
Homoptera	14.9	21.1	7.7	-	-
Hemiptera	3.1	7.1	16.9	1.5	-
Coleoptera	42.0	19.9	10.2	27.9	-
Neuroptera	-	-	4.1	-	-
Trichoptera	-	-	-	-	22.5
Lepidoptera	30.8	5.1	-	3.4	-
Hymenoptera	1.7	-	4.3	22.8	-
Diptera	7.2	11.6	14.8	24.6	39.8
Водные беспозвоночные	-	-	-	-	17.8

Таблица 2

**Рацион питания самок у разных видов группы «желтых» трясогузок
(результаты анализа наблюдений и проб содержимого желудков)**

Кормовые объекты	<i>M. flava</i> % встреч (n=21)	<i>M. lutea</i> % встреч (n=25)	<i>M. feldegg</i> % встреч (n=2)	<i>M. citreola</i> % встреч (n=22)	<i>M. cinerea</i> % встреч (n=22)
Gammaridae	3.3	-	-	12.0	-
Aranea	-	-	3.7	5.2	-
Ephemeroptera	-	-	-	-	14.2
Orthoptera	-	14.3	37.8	4.3	-
Homoptera	10.6	23.8	14.6	-	-
Hemiptera	5.5	12.2	16.3	1.0	-
Coleoptera	14.8	11.2	-	19.6	-
Trichoptera	-	-	-	-	26.4
Lepidoptera	39.2	10.6	22.2	5.3	-
Hymenoptera	2.4	-	-	8.1	-
Diptera	24.2	27.9	15.4	44.5	52.9
Водные беспозвоночные	-	-	22.2	-	6.5

Трясогузки в период сезонных миграций используют для поиска и сбора кормовых видов насекомых отдели крупных водоемов (в том числе, водохранилищ), где птицы активно добывают личинок *Trichotanytus posticulis* Lundbeck, *Acalcarella nucus* Pankratova, *Chironomus plumosus* L., *C. anthracinus* Ztt., *Cryptochironomus psittacinus* Mg. (Chironomidae), личинок и куколок (пупарии) *Hydrotaea dentipes* F. (Muscidae) (наблюдения 5.09. и 3.10.2010 г. на территории Ульяновской области с последующим сбором, лабораторным выведением личинок и определением имаго) (данные Е.А. Артемьевой).

У *M. flava* (n=622) в питании преобладают Elateridae, Curculionidae в северных областях ареала (n=92), Pterophoridae, Pyraustidae, Phyticidae, Crambidae, Pyralidae, Noctuidae, Geometridae, Muscidae в центральных областях ареала (n=376), Pyraustidae, Noctuidae в южных областях ареала (n=154). Для *M. lutea* (n=358), соответственно – Scarabaeidae, Elateridae, Curculionidae в северных областях ареала (n=108), Acrididae, Sepsidae, Syrphidae, Dolichopodidae, Muscidae в центральных областях ареала (n=196), Acrididae в южных областях ареала (n=54). У *M. feldegg* (n=7) – Planorbidae, Lymneidae, Acridiidae, Miridae, Pyraustidae на территории Ростовской области. У *M. citreola* (n=322) – Carabidae, Scarabaeidae в северных областях ареала (n=87), Elateridae в центральных областях ареала (n=170), Curculionidae в южных областях ареала (n=65); у *M. cinerea* (n=22) – Plecoptera, Tipulidae, Limnophilidae, Tipulidae, Chironomidae, Tipulidae, Chironomidae на территории Ульяновской области.

M. cinerea специализируется на добывании двукрылых (Chironomidae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae, Scatophagidae), реофильных насекомых, связанных в своем развитии с ручьями и быстро текущими речками, а также обитающих в зоне береговой линии, развивающихся во влажной почве, песчаном или каменистом грунте. *M. lutea* выбирает в качестве кормовых объектов представителей Acridiidae, Cicadellidae, Muscidae, Curculionidae. *M. feldegg* кроме Orthoptera и Lepidoptera, активно собирает мелких представителей Gastropoda (Planorbidae, Lymneidae). *M. flava* специализируется на питании Miridae (Hemiptera), Pyralidae (Lepidoptera), Muscidae (Diptera). *M. citreola* использует в качестве кормовых объектов Aranea, Tetrigiidae (Orthoptera), Formicidae и Mirmicidae (Hymenoptera), Diptera олиготрофных болот. Процентное соотношение кормовых объектов в рационах питания, как взрослых особей, так и птенцов «желтых» трясогузок зависит от направления адаптивной стратегии каждого из видов и от индивидуальных особенностей родительских пар [7, 10].

Питание *M. flava*. В рацион питания входят жесткокрылые (долгоносики, щелкуны), личинки бабочек, цикадки, комары, мухи, муравьи и др. Первые 3–4 дня птенцов кормят мягким кормом – тлями, нимфами, личинками жуков, а далее в кормах присутствуют крупные насекомые с более грубыми хитиновыми покровами, позднее переходят на стрекоз и бабочек. По мере роста птенцов кормовая территория у родительской пары увеличивается. Питание в северных областях ареала связано в основном с жесткокрылыми (до 42%) семейств Elateridae, Curculionidae, гораздо в меньшей степени с питанием гусеницами бабочек, Cicadellidae (Homoptera), Hemiptera, Diptera, Formicidae (Hymenoptera), ракообразными (Сотников, 2006). Основу рациона питания птенцов *M. flava* в Среднем Поволжье (n=102) составили представители отрядов: двукрылые (28.7%), чешуекрылые (20.6%) и прямокрылые (1.5%). Это составило 2/3 основных кормов, которые приносили родительские пары птенцам. Очень редко птенцам скармливались клопы и стрекозы (по 1.9%) [7]. Самцы *M. flava* чаще приносили кормовые порции, состоящие



из представителей Lepidoptera (Pyraloidea 41.3%), а самки – из Diptera (Muscidae) (28.3%). В желудках *M. flava* (n=21) чаще встречались мухи и комары [7].

Питание *M. lutea*. Питание в северных областях ареала связано в большей степени с добыванием жуков семейств Scarabaeidae, Elateridae, Curculionidae, в меньшей – с прямокрылыми (Orthoptera), клопами (Hemiptera), цикадками (Homoptera, Cicadellidae) и гусеницами бабочек (Lepidoptera) [6]. Состав кормовых объектов для птенцов (n=110) имеет свои отличительные особенности. Чаще взрослые птицы кормят своих птенцов представителями отряда двукрылых (34.5%) и прямокрылых (20.4%). В пищевых пробах птенцов этого вида в отдельных гнездах отмечалось кормление насекомыми из отряда равнокрылых (15.4%) и паукообразных (12.0%) (данные по Пензенской области). Кроме того, в рационе птиц встречаются жуки *Aphodius*, *Onthophagus* и *Oniticellus*, Curculionidae, Chrysomelidae, Elateridae, а также клопы (Hemiptera), и гусеницы бабочек (Lepidoptera) [7].

Питание *M. feldegg*. В желудках птиц встречались преимущественно долгоносики, мелкие водолюбы Sphaeriniinae, *Saprinus* (Histeridae), ночные бабочки из Noctuidae, муравьи *Messor*, двукрылые и пауки [11]. В составе содержимого желудков погибших 09.06.2011 г. особей *M. feldegg* обнаружены: у самца – Mollusca (Gastropoda: Planorbidae: *Planorbis spitorbis*; Lymneidae – *Galba glabra*) – 19.1%; Diptera (Chironomidae: *Chironomus* sp.) – 14.8%; Homoptera (Aphirophoridae: *Lepyronia coleoprata* L.; *Philaenus spumarius* L.) – 7.7%; Odonata (Coenagrionidae) – 11.3%; Aranea – 11.6%; Hemiptera (Rhopalidae: *Corizus hyosciami* L.; Pentatomidae: *Aelia acuminata* L.) – 16.9%; Coleoptera (Carabidae: *Amara* sp.) – 10.2%; Hymenoptera (Formicidae) – 4.3%; Neuroptera (Chrysopidae: *Chrysopa* sp.) – 4.1%. Соответственно у самки: Lepidoptera – 32.2%; Orthoptera – 27.8%; Diptera – 15.4%; Homoptera – 14.6%; Hemiptera (Miridae) – 6.3%; Aranea – 3.7%.

Питание *M. citreola*. В желудке добытой в июле птицы были дафнии, личинки водных насекомых [6]. Основу рациона питания составляют – жуки (долгоносики, щелкуны, назвозники, мелкие жужелицы и др.), паукообразные, прямокрылые, клопы, комары, личинки чешуекрылых. Питание в северных областях ареала связано с добыванием Coleoptera (Carabidae, Scarabaeidae, Elateridae, Curculionidae), Orthoptera, Hemiptera, Diptera, гусениц бабочек (Lepidoptera), а также пауков (Aranea) [6, 7, 12]. У птенцов *M. citreola* (n=99) в пищевых пробах (Пензенская область) чаще отмечались представители отрядов: двукрылые (39.8%), паукообразные (19.5) и жесткокрылые (17.6%). Очень редко в пищевых пробах птенцов этого вида отмечались представители отряда чешуекрылых (1.8%) и полное отсутствие в пищевом рационе стрекоз и перепончатокрылых. Взрослые птицы (n=22) предпочитают двукрылых (Muscidae), личинок жуков плавунцов (Dytistidae), рачков-бокоплавов (Gammaridae), муравьев (Formicidae, Mirmicidae). Для *M. citreola* заметных различий в составе кормов приносимых птенцам самками и самцами не отмечено [7].

Питание *M. cinerea*. Выкармливает своих птенцов реофильными насекомыми, связанными с развитием личинок в ручьях и быстро текущих речках, по берегам и рукавам горных рек и в зоне их береговой линии, развивающимися во влажной почве, песчаном или каменистом грунте. Питание вида в условиях Среднего Поволжья (Ульяновской области) связано с реофильными видами насекомых. В состав кормовых объектов *M. cinerea* входят 16 видов насекомых, относящихся к 2 отрядам и 8 семействам: Limnophilidae (Trichoptera) – *Chaetopteryx villosa* F., *Limnophilus affinis* Curt.; Tipulidae (Diptera) – *Tipula pruinosa* Wd.; Xylophagidae – *Xylomyia ferruginea* Sc.; Tabanidae – *Chrysops caecutiens* L., *C. relictus* Mg., *Tabanus autumnalis* L.; Stratiomyidae – *Potamida ephippium* F., *Geosargus cuprarius* L., *Chloromyia formosa* Scop., *Eulalia viridula* F.; Syrphidae – *Volucella pellucens* L., *V. bombylans* L., *Sphaerophoria scripta* L., *Syrphus ribesii* L., *Syrphus ribesii* L., *S. corollae* F., *Eristalis nemorum* L., *Eristalis tenax* L.; Dolichopodidae – *Poecilobothrus nobilitatus* L.; Muscidae – *Phaonia fuscata* Flln., *Fannia canicularis* L., др. (табл. 3).

Таблица 3

Рацион питания птенцов у разных видов группы «желтых» трясогузок (результаты анализа пищевых проб и наблюдений)

Кормовые объекты	<i>M. flava</i> % встреч (n=102)	<i>M. lutea</i> % встреч (n=110)	<i>M. feldegg</i> % встреч (n=4)	<i>M. citreola</i> % встреч (n=90)	<i>M. cinerea</i> % встреч (n=11)
1	2	3	4	5	6
Gastropoda	-	-	-	-	-
Aranea	3.4	12.0	1.8	19.5	-
Ephemeroptera	-	-	-	-	23.6
Odonata	1.9	-	-	-	-

Окончание табл.3

1	2	3	4	5	6
Plecoptera	-	-	-	-	15.2
Orthoptera	17.5	20.4	38.2	4.7	-
Homoptera	12.1	15.4	11.4	8.2	-
Hemiptera	1.9	4.2	12.0	3.6	-
Coleoptera	7.2	9.3	2.3	17.6	-
Trichoptera	-	-	-	-	28.4
Lepidoptera	20.6	0.1	27.1	1.8	-
Hymenoptera	3.5	-	-	-	-
Diptera	28.7	34.5	24.3	39.8	26.5
Водные беспозвоночные	3.2	4.1	2.9	4.8	6.3

M. feldegg, *M. lutea* используют нагретые солнцем проселочные дороги и тропинки в степи и пойменных остепненных лугах для сбора привлеченных теплом насекомых. *M. cinerea* вылавливает плавающих в воде личинок водных насекомых, собирает насекомых вдоль береговой линии, у самого уреза воды, с камней, гальки, влажного грунта. *M. flava* добывает летающих насекомых с присады – высокого растения полыни обыкновенной, конского щавеля, коровяка, цикория, тростника, невысокого куста и т.д. *M. citreola* собирает насекомых с водной поверхности луж, мочажин болот, вершин болотных кочек (поселения муравьев Formicidae, Mirmicidae), вылавливает ракообразных из луж [7].

Заключение

В результате исследования проведен анализ рационов питания видов группы «желтых» трясогузок, показаны существенные различия в рационах питания самцов и самок, а также птенцов.

Характерный набор основных видов кормовых объектов может быть обусловлен особенностями биотопов (гнездового и кормового), которые занимает каждая конкретная популяция вида в пределах своего ареала. В пределах видовых ареалов с севера на юг происходит смена стадий у «желтых» трясогузок и соответствующая смена групп основных кормовых объектов, что, вероятно, обусловлено принципом зональной смены стадий [13].

Аналогичная картина просматривается как на особенностях питания самцов, так и самок. При этом предпочтения добычи кормовых объектов самцами и самками различны, что, вероятно, обусловлено видоспецифическими особенностями видов на уровне полов в гнездовой период. Это является показателем территориальной активности и площади гнездопригодной территории. Гнездовая территория и кормовая территория иногда находятся на некотором удалении друг от друга [7].

Рацион питания птенцов «желтых» трясогузок, по-видимому, тесно связан с особенностями биотопа гнездования и прилегающей к нему территории [7, 10, 14], а также возраста птенцов и подбора гнездящихся пар [12]. В течение первых трех дней жизни модельные виды трясогузок кормят птенцов нежными насекомыми – тлями, нимфами цикадок (Homoptera) и клопов (Hemiptera), личинками жуков (Coleoptera) и гусеницами бабочек (Lepidoptera), позже переходят к выкармливанию более крупными насекомыми с жесткими хитиновыми покровами (Odonata, Lepidoptera) [7]. Различия в пищевых рационах питания взрослых птиц и птенцов видоспецифичны и, вероятно, могут отражать характер экологической ниши модельных видов [7].

Таким образом, особенности рациона питания модельных видов трясогузок – одна из основных характеристик их популяций, которая является видоспецифическим маркером. Гнездопригодная территория должна иметь основной набор кормовых объектов для выкармливания птенцов и питания взрослых птиц в рамках определенных растительных сообществ и природных зон.

Особенности питания отражают адаптивную стратегию видов, к которой относятся следующие признаки: выбор гнездопригодного биотопа; способы кормодобывания, предпочтения кормовых объектов (рационы питания птенцов и взрослых птиц). Данные особенности определяют видовую специализированность (видоспецифичность) трофических взаимоотношений как единую систему признаков, которая в целом характеризует ландшафтно-географическое распространение и микрофилогенез (микроэволюцию) группы «желтых» трясогузок. Пищевая специализация близких видов в условиях симпатрии является изолирующим механизмом при конкуренции за пищевые ресурсы биотопов гнездования популяций как каждого вида в отдельности, так и всей группы в целом.



Авторы благодарят сотрудника Зоологического музея МГУ Я.А. Редькина и профессора Белорусского государственного университета В.В. Гричика за поддержку исследований.

Список литературы

1. Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны СССР // М.: Наука, 1990. – 366 с.
2. Cramp S. The Birds the Western Palaearctic// Oxford Univ. Press, 1988, P. 1–1063.
3. Мальчевский А.С., Пукинский Ю.Б. Птицы Ленинградской области и сопредельных территорий. Т.2. – Л., 1983. – 504 с.
4. Редькин Я.А. Таксономические отношения форм в эволюционно молодых комплексах птиц на примере рода *Motacilla* L., 1785 (таксономическая ревизия подрода *Budytes*): автореф. дис. ... канд. М., 2001. – 19 с.
5. Коблик Е.А., Редькин Я.А., Архипов В.Ю. Список птиц Российской Федерации. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 256 с.
6. Сотников В.Н. Птицы Кировской области и сопредельных территорий. Воробьинообразные. Том 2, Часть 1. Киров: ООО «Триада+», 2006. – 448 с.
7. Муравьев И.В. Сравнительная экология близкородственных видов на примере рода *Motacilla* L. // Автореф. диссер. на соискание уч. степ. канд. биол. наук. М.: МГПИ, 1997. – 17 с.
8. Муравьев И.В. Экология группы «желтых» трясогузок в Среднем Поволжье // Бутурлинский сборник: матер. III Всерос. Бутурлинских чтений. Ульяновск: Изд-во «Корпорация технологий продвижения», 2010. – С. 241–252.
9. Нумеров А.Д., Климов А.С., Труфанова Е.И. Полевые исследования наземных позвоночных. Воронеж: изд-во ВГУ, 2010. – 301 с.
10. Лысенков Е.В. Антропогенные изменения поселений и экологии птиц открытых ландшафтов Присурья (на примере г.Саранска): Автореф. канд. дисс., М., 1988. – 15 с.
11. Гладков Н.А. Птицы Советского Союза. М.: Советская наука, 1954. – Т. 5. – С. 594–690.
12. Данилов Н.Н., Рыжановский В.Н., Рябцев В.К. Птицы Ямала. М.: Наука, 1984. – 336 с.
13. Бей-Биенко Г.Я. Общая энтомология. М.: Высшая школа, 1980. – 416 с.
14. Прокофьева И.В. Питание воробьиных птиц на лугах // Индив. разв. и троф. связи жив-х. – Л.; Ленигр. пед. ин-т, 1981. – С. 55–57.

FEED RATIIONS OF YELLOW WAGTAILS (PASSERIFORMES, MOTACILLIDAE, MOTACILLINAE)

E.A. Artemyeva, I.V. Muravjev

Ulyanovsk State Pedagogical University of I.N. Ulyanov, 4, 100-letia of V.I. Lenin Sq., Ulyanovsk, 432035, Russia

*E-mail: pliska58@mail.ru;
hart5590@gmail.com*

Feeding peculiarities of populations of polymorphic transpalaearctic complex species were considered on the example of yellow wagtail species group. The European part of Russia including Volzhsko-Kamsky region is characterized by the wide spread of representatives of western complex of species forms of *Motacilla flava* L. (with subspecies forms, such as: *flava*, *thunbergi*, *beema*, *leucocephala*), *citreola* (with *werae* subspecies), *lutea*, *feldegg*, *cinerea*. Feed ration differences of adult birds and nestlings are specific for every species. Diversity of forage reserve is the marker of natural population condition in natural habitat space and is an important component of ecological-cenoses strategy of yellow wagtail species group.

Keywords: feed ration, ecological-cenoses strategy, population, species, ecological niche, cenoses, nesting biotope, forage reserve, birds, Motacillidae.

УДК 598.288.6

ПРИЖИЗНЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛА У ПЕНОЧКИ-ЗАРНИЧКИ *PHYLLOSCOPUS INORNATUS INORNATUS* (BLYTH, 1842) НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ

Е.В. Лелюхина

Дальневосточный федеральный университет, Россия, 690950, г. Владивосток, ул. Суханова 8

E-mail: storozhevaev@mail.ru

Рассмотрена корреляция размеров у самцов и самок пеночки-зарнички *Phylloscopus inornatus*. Приведены формулы прижизненного определения пола с использованием показателей длины крыла и хвоста для птиц дальневосточной популяции.

Ключевые слова: пеночка-зарничка, *Phylloscopus inornatus*, определение пола, размерные характеристики.

Введение

Прижизненное определение пола у птиц с невыраженным половым диморфизмом – значимая задача, имеющая не только теоретическое значение для науки, но и практическое применение. По данным о демографической структуре можно судить о состоянии популяций в текущий период и прогнозировать изменения численности вида в ближайшие годы. Статистические методы позволяют применить новый подход к решению проблем в определении пола у птиц. В настоящее время с использованием дискриминантного анализа разработаны критерии, позволяющие по размерным характеристикам определять пол у разных представителей воробьиных птиц [1, 2, 3]. В частности, данный метод определения пола широко применяется для восточноевропейских видов рода *Phylloscopus* [4, 5]. Для дальневосточных видов подобные исследования до сих пор не проводились.

Материал и методы

В работе использованы данные, полученные при обработке коллекционных экземпляров пеночки-зарнички *Phylloscopus inornatus* из Зоологического музея Дальневосточного федерального университета, а также промеры птиц дальневосточной популяции данного вида из коллекции Зоологического музея МГУ, любезно предоставленные Я.А. Редькиным. Для статистического анализа были отобраны особи с точно определенным полом, добытые в гнездовой период в Приморском (n=20) и Хабаровском (n=7) краях, а также в Магаданской (n=2), Читинской (n=6) и Сахалинской (n=6) областях, в Чукотском автономном округе (n=1) и в Якутии (n=3). Кроме того, при проведении дискриминантного анализа использовались промеры птиц, собранных в периоды осенних миграций в Южном Приморье в 2009–2011 гг. (n=11). У последних пол определялся по вскрытию.

У всех птиц, по стандартным методикам [6, 7] снимались основные промеры. Длины клюва (от переднего края ноздри), головы, цевки и хвоста (от основания копчиковой железы до конца самого длинного рулевого пера) измерялись с точностью до 0.1 мм штангенциркулем. Длину крыла измеряли с точностью до 0.5 мм с помощью линейки с упором.

Материал был обработан с применением пакетов корреляционного и дискриминантного анализа программы Statistica 8. При проведении статистической обработки всем самцам было присвоено значение «+1», самкам – «-1».

Результаты и обсуждение

В литературе приводятся противоречивые данные о перекрытии значений длины крыла и хвоста у самцов и самок пеночки-зарнички (*Phylloscopus inornatus*), по остальным промерам информация отсутствует. Ряд авторов [7, 8] указывает на незначительное перекрытие этих показателей у птиц разного пола. Так длина крыла самцов варьирует в диапазоне 55–60 мм, в то время как у самок она принимает значения от 50 до 56 мм. Длина хвоста в свою очередь у самцов составляет от 40 до 45 мм, у самок – 36.5–41 мм. В то же время Н.В. Виноградова с соавторами [6] отмечает значительное перекрытие крайних значений этих измерений у представителей разного пола, при довольно большой разнице средних. По данным этих авто-



ров, у самцов длина крыла составляет от 53 до 61 мм, в среднем 57.3 мм, у самок – 52-58 мм, в среднем 54.5 мм. Следует отметить, что во всех цитируемых источниках приводятся общие результаты, полученные при измерении птиц, относящихся к подвидам *Ph. i. inornatus*, *Ph. i. humei* и *Ph. i. mandellii*. Однако недавно было установлено, что *Ph. i. inornatus*, в отличие от остальных подвидов, более длинноклювая и имеет меньшие значения длины крыла и цевки [9]. В настоящее время на основании генетических исследований и данных вокализации все три подвида предложено считать разными видами [10, 11]. Таким образом, имеющиеся в литературных источниках размерные характеристики для каждого из них, требуют уточнений. Исследования проведены для дальневосточной популяции номинативного подвида *Phylloscopus inornatus inornatus*.

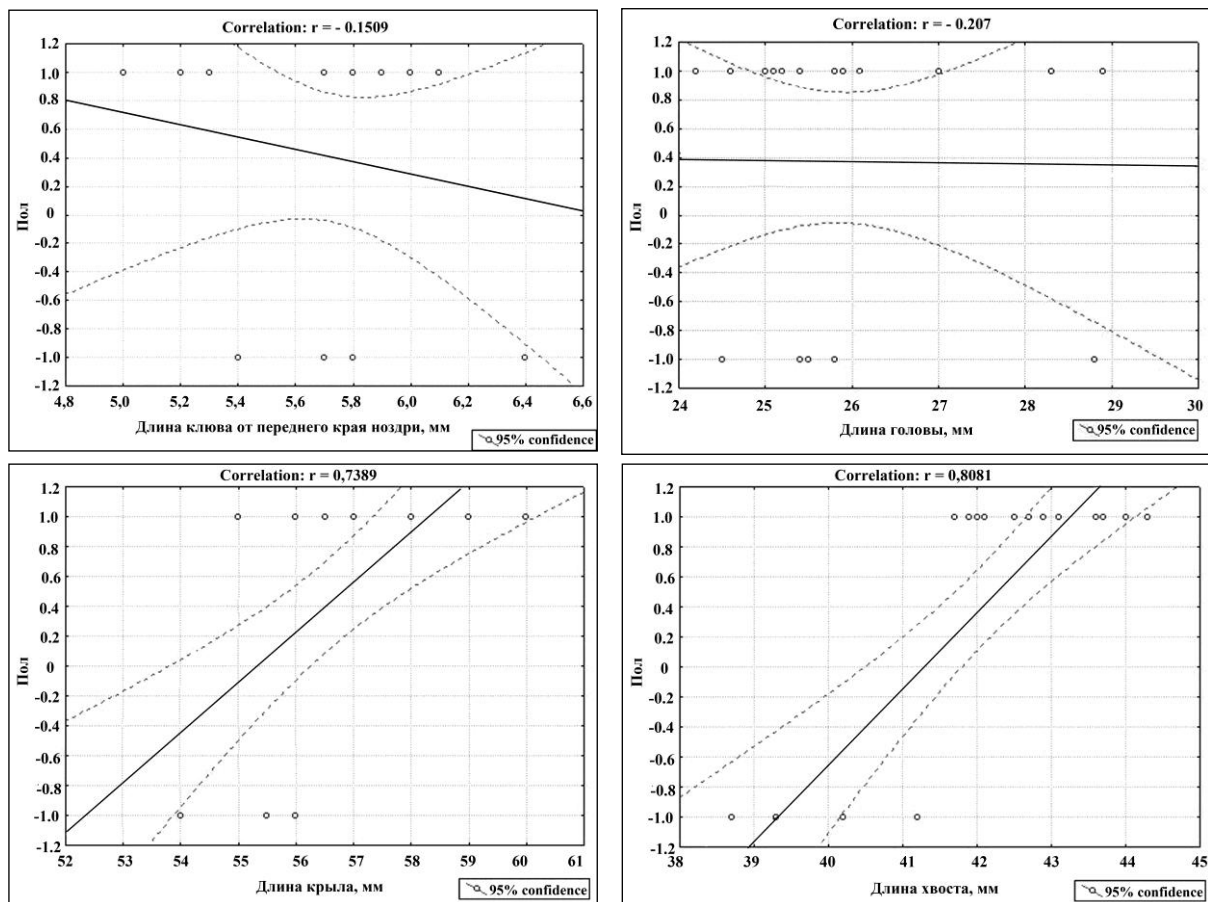
Разделение птиц по полу на основании размерных характеристик в миграционный период может быть использовано только в случае, если особи из разных частей популяции, не имеют значимых различий по используемым для определения показателям. В связи с этим, нами был проведен сравнительный анализ между размерами птиц Приморского и Хабаровского краев, Сахалинской и Читинской областей, а также обобщенной группы, включающей в себя птиц из Магаданской области, Чукотки и Якутии.

Несмотря на небольшие выборки, согласно LDS тесту ($p < 0.05$) и приморские и хабаровские птицы имеют незначительные различия по длине хвоста от сахалинской популяции. По длине клюва от переднего края ноздри приморские и хабаровские птицы отличаются между собой. По длине крыла, длине головы и цевки различий между всеми группами не выявлено. Полученные данные показывают, что птицы из разных районов Дальнего Востока и Восточной Сибири имеют сходные размерные характеристики по большинству показателей, следовательно, могут рассматриваться совместно.

Корреляционный анализ выявил значительные различия между длиной крыла ($r = 0.73$) и длиной хвоста ($r = 0.81$) у самцов и самок (рис. 1).

Более низкий показатель степени корреляции выявлен для значений длины цевки (см. рис. 1), но, тем не менее, этот размер может также учитываться, как дополнительный параметр при возникновении спорных моментов в определении пола. Длина клюва от переднего края ноздри и длина головы не являются значимыми при определении пола.

Дискриминантный анализ также показывает значимые различия между длиной крыла и длиной хвоста у самцов и самок (табл.). По остальным показателям значимых различий не выявлено.



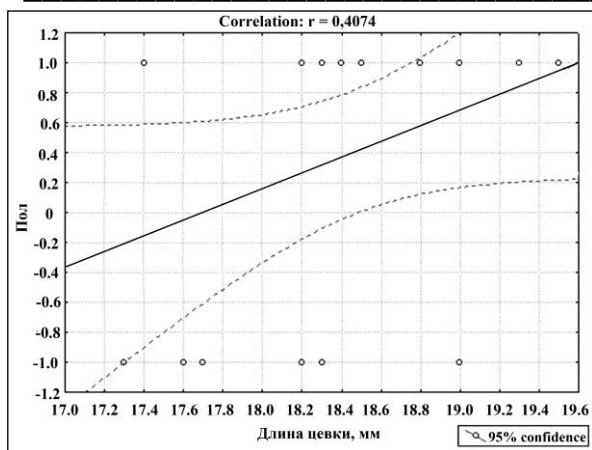


Рис. 1. Графическое отображение уровня корреляции размерных характеристик самцов и самок пеночки-зарнички *Phylloscopus inornatus*

Таблица

Статистические показатели размерных характеристик самцов и самок пеночки-зарнички и размер выборок

Показатели	Объем выборки		Среднее значение		Мин.-макс., значение		t-знач.	p-уров.	Стандарт. отклонение		F-знач.	P-знач.
	F	M	F	M	F	M			F	M		
Клюв от ноздри, мм	11	27	5.72	5.8	5.2-6.4	5-6.7	0.82	0.41	0.83	0.85	1.05	0.97
крыло, мм	20	36	53.5	56.6	51-56	53-60.5	-6.99	0.00	1.37	1.69	1.52	0.33
Цевка, мм	11	26	18.1	18.5	17.3-19.4	16.4-20	-1.28	0.21	0.62	0.88	2.03	0.24
Хвост, мм	20	34	38.9	43.2	35.1-41.5	41.5-47.2	-9	0.00	2.05	1.39	2.18	0.04
Длина головы, мм	15	32	25.5	26.1	23.9-28.8	24-28.9	-1.23	0.22	1.14	1.42	1.53	0.39

Несмотря на высокие показатели корреляции длин крыла и хвоста самцов и самок, для определения пола целесообразнее использовать формулу, включающую несколько размерных характеристик. Применение линейной и квадратичной формул с использованием размеров длины крыла и хвоста приведены на рис. 2 и 3. Все особи находящиеся выше полученной плоскости относятся к самцам, ниже – к самкам.

Проведенные нами исследования показывают, что при применении линейной формулы « пол = - 17.233+0.1576×X+0.21×Y », где X – максимальная длина крыла, а Y – длина хвоста, при p < 0.05 вероятность ошибки для самок составляет – 7%, для самцов – 5%. Использование квадратичной формулы

$$\text{« пол} = -42.4864 + 1.8577 \times X - 0.8813 \times Y - 0.0184 \times X^2 + 0.0088 \times X \times Y + 0.0072 \times Y^2 \text{»},$$

позволяет снизить вероятность ошибки у самок до 4%, у самцов до 2%. При применении формул, все птицы, имеющие отрицательные значения пола, считаются самками, положительные – самцами. Округление коэффициентов в формулах до десятых значений снижают правильность определения на 10-12%.

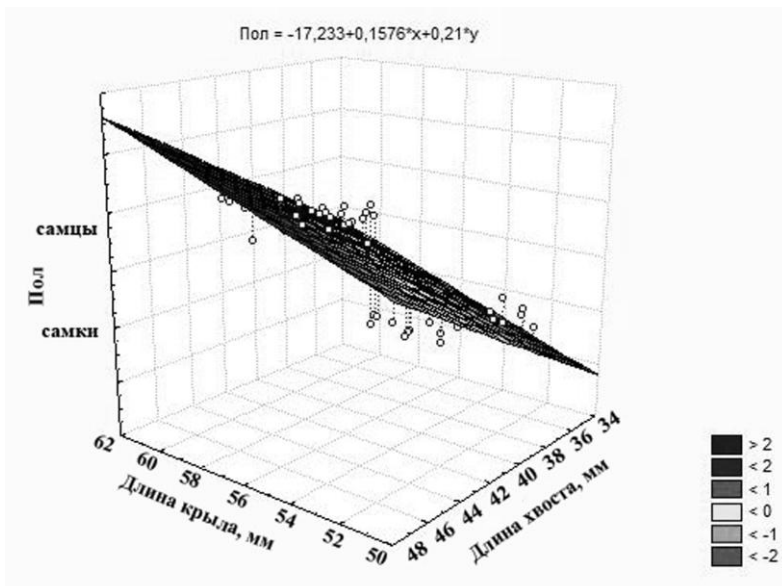


Рис. 2. Графическое отображение применений линейной формулы для определения пола пеночки-зарнички *Phylloscopus inornatus*

Таким образом, применение полученных дискриминантных формул позволяет с высокой точностью определить пол пеночки-зарнички (географическая раса *Phylloscopus inornatus inornatus*) во внегнездовой период и может быть использовано при

проведении прижизненного анализа птиц во время кольцевания.

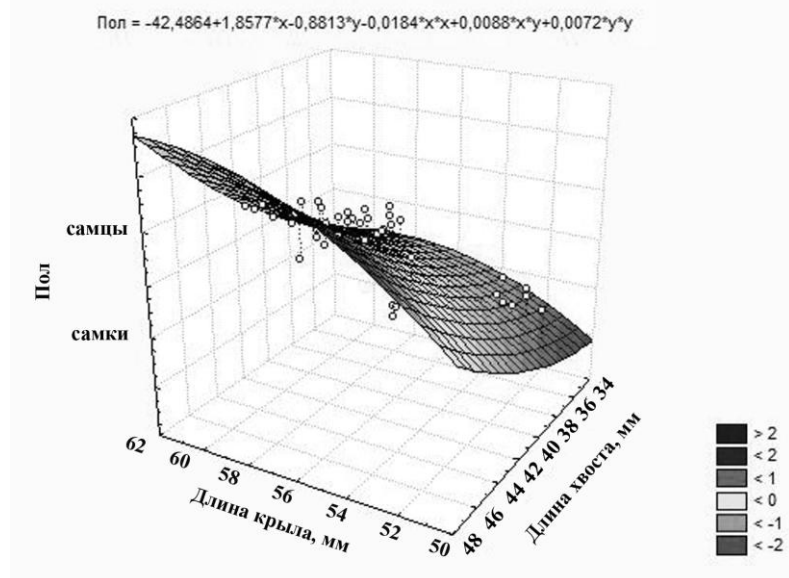


Рис. 3. Графическое отображение применения квадратичной формулы для определения пола пеночки-зарнички *Phylloscopus inornatus*

Список литературы

1. Марковец М.Ю. Определение пола у пухляка (*Parus montanus*) // Русский орнитологический журнал. – 1992. – Т. 1, № 1. – С. 111-113.
2. Марковец М.Ю. Определение пола у болотной гаички *Parus palustris* // Русский орнитологический журнал. – 1998. – №7 (36). – С. 15-17.
3. Марковец М.Ю. Определение пола у обыкновенной пищухи *Certhia familiaris familiaris* // Русский орнитологический журнал. – 2011. – №20 (634). – С. 355-358.
4. Чернышов В.М. Возрастные и половые признаки теньковки *Phylloscopus collybita* на юге Западной Сибири // Русский орнитологический журнал. – 2011. – № 20 (627). – С. 165-166.
5. Лапшин Н.В. Определение пола у восточноевропейских пеночек рода *Phylloscopus* // Русский орнитологический журнал. – 1998. – № 56. – С. 3-8.
6. Виноградова Н. В., Дольник В. Р., Ефремов В. Д., Паевский В. А. Определение пола и возраста воробьиных птиц фауны СССР. – М.: Наука, 1976. – С. 73 - 75.
7. Svensson L. Identification Guide to European Passerines. – Stockholm, Sweden, 1992. – С. 207.
8. Портенко Л. А. Птицы СССР. – Л.: Изд-во Академии наук СССР, 1960. – Ч. IV. – 415 с.
9. Редькин Я.А., Коновалова М.В. К вопросу о репродуктивных отношениях двух форм зарнички *Phylloscopus inornatus* (Blyth, 1842) на основе анализа внешних морфологических признаков и деталей распространения // Русский орнитологический журнал. – 2003. – Т. 12, № 247. – С. 1407-1430.
10. Del Hoyo J., Elliott A., Christie D. A. Old World Flycatchers to Old World Warblers. Handbook of the Birds of the World. – Barselona: Lynx Edicions, 2006. – V. 11. – 659 p.
11. Irwin D. E., Alström P., Olsson U., Benowitz-Fredericks Z. M. Cryptic species in the genus *Phylloscopus* (Old World leaf warblers) // Ibis. – 2000. – № 143(2). – С. 233-247.

INTRAVITAL SEX DETERMINATION OF YELLOW-BROWED WARBLER *PHYLLOSCOPUS INORNATUS INORNATUS* (BLYTH, 1842) IN THE RUSSIAN FAR EAST

E.V. Leliukhina

Far Eastern Federal University, 8,
Sukhanov St., Vladivostok,
690950, Russia

E-mail: storozhevaev@mail.ru

The size correlation between male and female Yellow-browed warbler *Phylloscopus inornatus* has been considered. The formulas of intravital sex determination using the length of the wing and tail for birds of the Far Eastern populations are given.

Keywords: Yellow-browed warbler, *Phylloscopus inornatus*, sex determination, size dimensions.

УДК: 598.2 : 598.829

СИМПАТРИЧЕСКАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ФОРМ В ЭВОЛЮЦИОННО МОЛОДОМ КОМПЛЕКСЕ «ЖЕЛТЫХ» ТРЯСОГУЗОК (PASSERIFORMES, MOTACILLIDAE, MOTACILLINAE)¹

**И.В. Муравьев,
Е.А. Артемьева**

Ульяновский государственный педагогический университет
им. И.Н. Ульянова, Россия, 432700,
г. Ульяновск, пл. 100-летия
со дня рождения В.И. Ленина, 4

E-mail: pliska58@mail.ru;
hart5590@gmail.com

Дифференциация форм «желтых» трясогузок в пространстве ареала отражает симпатрические механизмы видообразования и является результатом микроэволюции группы – политипического комплекса *Motacilla flava* L.

Ключевые слова: популяция, вид, ареал, микроэволюция, симпатрическое видообразование, птицы, «желтые» трясогузки.

Введение

«Желтые» трясогузки как молодая группа сложилась в интразональной среде Северной Палеарктики в условиях криостепей (тундростепей), или холодных степей. Начиная с конца ледникового периода, когда обширные территории криостепей стали заполняться массивами тайги, началась активная дифференциация экологических ниш «желтых» трясогузок, которая, в конечном счете, привела к формированию их довольно широкого спектра. При этом сохранилось экологическое своеобразие «желтых» трясогузок как фоновой группы интразональных ценозов в различных природных зонах, от тундры и высокогорий до степей и полупустынь. Этот процесс происходил на фоне бурного видообразования, результатом которого является сложный политипический комплекс форм видового и подвидового ранга «желтых» трясогузок. Однако для того, чтобы понять направления и механизмы их микроэволюции, необходимо обратиться к исследованиям особенностей популяционной экологии группы и истории формирования ландшафтов, которые она населяет.

Установление родственных связей низших таксонов воробьинообразных птиц, а также пространственных и репродуктивных взаимоотношений форм представляется наиболее эффективным на основе комплексного подхода, сочетающего оценку данных морфологии на основе фенотипического анализа популяций с последующим подтверждением ДНК-анализа [1] и на основе метода феноеографии [2, 3], а также палеогеографии формирования экологических ниш. Работа посвящена выявлению адаптивных стратегий в условиях симпатрии и выяснению закономерностей микроэволюции форм политипического комплекса на примере группы «желтых» трясогузок.

Цель работы: изучение закономерностей микроэволюции «желтых» трясогузок в пространстве исторического и современного ареала группы, выявления экологических связей и пространственных взаимоотношений форм политипического комплекса «желтых» трясогузок.

Объект и методы исследования

Среди наиболее дискуссионных в таксономическом плане группировок воробьинообразных птиц особое место занимает политипический комплекс *Motacilla flava* in sensu lato [4, 5]. Формам этой группировки присуща чрезвычайно сложная индивидуальная и географическая изменчивость. Для выяснения реальных родственных связей внутри группы предпринята попытка нового рассмотрения ситуации на основе комплексного подхода, сочетающего оценку изменчивости признаков фенотипов и пространственно-временного их распределения, на основе синтеза концепции экологической ниши и метода феноеографии.

В качестве объекта исследования выбрана группа «желтых» трясогузок подрода *Budytes* Guw. 1817, in sensu lato, так как: морфолого-экологические характеристики являются

¹ Данная работа выполнена при поддержке регионального гранта РФФИ Поволжье № 09-04-97012-р_поволжье_а.



типowymi для рода *Motacilla* и семейства Motacillidae) [6, 7]; достаточно многочисленные виды в природе, что позволяет организовать многочисленные популяционные сборы; полиморфные виды, к настоящему времени описано более 20 видовых и внутривидовых форм [1, 8]; обитают в крайне разнообразных эколого-географических условиях, транспалеарктическая политипическая группа. Исследуемые виды группы «желтых» трясогузок представлены выборками из различных областей ареала. Использован музейный материал Зоологического института РАН (г. С.-Петербург) – 350 экз., Зоологического музея МГУ (г. Москва) – 1100 экз., Зоологического музея СГУ (г. Саратов) – 85 экз., Кировского государственного краеведческого музея – 103 экз., Пензенского государственного краеведческого музея – 20 экз., Краеведческий музей г. Сердобска Пензенской области – 1 экз., а также материалы полевых исследований 1978–2011 гг. (1300 экз.), из которых 230 экз. были окольцованы. Общий объем исследованного материала составляет 2959 экз.

Работа выполнена с использованием следующих методов: картирование фенотипов трясогузок и точек гнездования; сбор и определение беспозвоночных (кормовых объектов) проводились по стандартным методикам; оригинальная методика по определению цветности скорлупы яиц на основе спиртово-кислой среды с использованием биохимического анализа и фотоколориметрического метода [6, 7, 9]. Наряду с этим в исследовании сравнительной экологии близкородственных видов «желтых» трясогузок было использовано кольцевание, мечение цветными кольцами, изучение рациона питания птенцов и взрослых особей, а также обрабатывались полученные сонограммы записей голосов названной группы птиц [6].

Результаты и их обсуждение

В результате исследования проведен анализ признаков гнездовой стратегии и экологических ниш данной группы видов птиц и показано, что адаптивная стратегия – это единая биоэкологическая система признаков, которая характеризует особенности ландшафтно-географического распространения и микрофилогенеза представленной группы «желтых» трясогузок. К данной системе относятся следующие таксономически значимые признаки гнездовой стратегии (биологии и экологии), определяющие конфигурацию экологической ниши «желтых» трясогузок: оологические и нидологические исследования; использование пространства: индивидуальные участки и территориальность (индивидуальные территории, групповые поселения на уровне вида и подвидовых форм, межвидовые поселения, коммуникативные особенности звуковых (акустических) сигналов); способ использования гнездопригодного пространства; стратегия кормодобывания: стратегия «искателей»; специализированность и неспециализированность (видоспецифичность трофических взаимоотношений); тактика добывания пищи и рациона питания птенцов; оптимальное использование «пятнистой» гнездопригодной и кормовой среды и участков; поиск, выбор и способы сбора кормовых объектов и добывания пищи; выбор гнездового участка; выбор кормовых объектов; выбор биотопа гнездования.

Результаты показывают историческое изменение экологических ниш большинства форм политипического комплекса *M. flava* по биоэкологическим характеристикам гнездовой стратегии на протяжении палеогена-неогена и антропогена, когда происходило формирование и экологическая дифференциация группы «желтых» трясогузок. При этом наблюдается частичное перекрытие экологических ниш рассматриваемых видов, что отражает их общий характер происхождения в результате симпатрии. Отмечен исторический характер признаков экологических ниш в широтном и долготном направлениях (выбор гнездового участка; выбор кормовых объектов; выбор биотопа гнездования; особенности коммуникативных звуковых сигналов), которые связаны с географическим паттерном распространения основных фенотипов этой группы. Выявлено 8 типов экологических ниш, связанных с основными фенотипами западного комплекса (*flava*, (с подвидами *thunbergi*, *beema*), *lutea*, *feldegg*, *cinerea*) и восточного комплекса (*citreola* (с подвидам *werae*)) рассматриваемой группы, встречающихся в Поволжье, которые маркируют 5 видовых форм и 3 подвидовых формы *M. flava* в разных областях ареалов представителей западного и восточного комплекса форм видовой ранга, которые были подтверждены с помощью анализа митохондриальной ДНК [1]. История формирования ландшафтов и дифференциация экологических ниш «желтых» трясогузок в геологическом прошлом Северной Палеарктики (в том числе и Поволжья) (описание рельефа и климата дано по З.В. Дашкевич [10]).

Палеогеновый период. В течение палеогенового периода рельеф Северной Евразии, в том числе и Поволжья, не был контрастным. В олигоцене увеличились площади низменных равнин как за счет регрессии морей и обнажения первичных морских равнин, так и за счет формирования аккумулятивных равнин с густой гидрографической сетью, обилием озер и болот. Произошло увеличение площадей различных плато, низкогорий на палеозойском складчатом основании. Господство показателей теплого и влажного климата даже на широтах современного уме-

ренного климата (55-65° с. ш.) повлекло развитие ценозов пышных хвойно-широколиственных листопадных лесов с некоторыми субтропическими и тропическими элементами и сосной, пихтой, дубом, липой, кленом, березой, ольхой, ивой, др. В аридных зонах формировались саванновые группировки. Предковые формы группы «желтых» трясогузок исходно были связаны с лесными и болотно-лесными ландшафтами, занимали экологические ниши лесов и болот, сырых заливных лугов, речных пойм, по которым происходило распространение представителей видов этой группы птиц. В дальневосточных районах до сих пор сохранились многие позднемиоценовые реликты, например, древесная трясогузка *Dendronanthus indicus* Gm.

На территории Средней Европы и средней полосы Европейской части России, в Поволжье господствовал растительный покров с преобладанием вечнозеленых элементов мезофильной лесной флоры. Большая часть Западной и Южной Европы, Юго-Восточная Европа, Кавказ, юг Русской равнины, Южный Урал, Приморье находились под влиянием равномерно-теплого, влажного климата субтропического типа, здесь господствовали вечнозеленые леса тропического облика с участием дубов, каштанов, др. В районах горного рельефа проявлялась вертикальная поясность. В данном типе ландшафта обитал предок горной трясогузки *M. cinerea* Tunst. На территории Юго-Западной Европы, Передней и Средней Азии, Южного Казахстана, Центральной Азии простирался аридный пояс. В этом поясе господствовали ландшафты саваннового типа с разреженным ксерофитизированным растительным покровом на междуречьях и галерейными лесами и оазисами в речных долинах в сочетании с ксерофитизированной травяно-кустарничковой растительностью из злаков, маревых, эфедры. Во многих районах аридного пояса, в том числе и средиземноморских районах, пограничных с гумидными зонами, растительный покров имел характер ксерофитных редколесий с парковым древостоем. В данном типе ландшафтов обитали предковые формы черноголовой и желтолобой трясогузок *M. feldegg* Michelles и *M. lutea* (S.G. Gmelin).

Таков набор и размещение ландшафтных зон и связанных с ними экологических ниш предковых форм «желтых» трясогузок в палеогеновой Евразии. Для олигоцена характерны сглаженный рельеф Северной Евразии, глубокое взаимопроникновение элементов различных ландшафтных зон, отсутствие четких границ между ними, наличие широких переходных территорий, что могло за собой повлечь формирование широких зон гибридизации различных фенотипов «желтых» трясогузок, пестрая палитра которых явилась мощным плацдармом для возникновения их видового и подвидового разнообразия на фоне некоторого похолодания климата и усиления позиции бореальных хвойных (темнохвойных) лесов в Южной и Северо-Восточной Сибири. В аридном поясе происходила дальнейшая ксерофитизация растительного покрова, что вызвало расхождение путей развития и обособления предков черноголовой и желтолобой трясогузок. Предковая экологическая ниша – прототип экологической ниши «желтых» трясогузок – луга и заболоченные поймы рек в лесных долинах, питание околородными и лесными видами насекомых. Здесь происходило формирование характерного облика этих птиц: слегка удлиненное тело с зеленой окраской спинной и желтой окраской брюшной сторон (камуфляж на фоне пестрых лугов с преобладанием растений с желтой окраской цветков и соцветий), при этом окраска головы самцов в брачный период у разных форм различна, что должно было поддерживать ассортативное скрещивание определенных фенотипов на определенных территориях; достаточно длинные ноги с удлиненными и широко расставленными пальцами, что облегчает хождение по топким местам и вязким или каменистым отмелям водоемов, длинный покачивающийся хвост, как средство удержания равновесия над водой и топями, а также дистанционного общения особей («флажок»).

Неогеновый период. Характеризуется активной дифференциацией рельефа в Северной Евразии от высоких плато и плоскогорий до сильно пересеченных высокогорий со сложными системами хребтов и межгорных котловин, образование альпийско-гималайского горного пояса, что приблизило картину макрорельефа Северной Евразии и Поволжья к современному облику, отличаясь от него лишь в деталях. Климат неогенового периода характеризуется похолоданием, распространившимся от высоких широт, усиливавшимся от миоцена к концу плиоцена и сопровождавшимся появлением ледовитых высокоширотных морей; обострением контрастов климата между высокими и низкими широтами и возрастанием аридности внутриконтинентальных районов.

В конце плиоцена возникли зоны холодного и умеренно-холодного климата, получили развитие горные оледенения, зарождались ледниковые покровы, в высоких широтах появились ледовитые моря, произошла дифференциация пустынь. Все это повлекло резкую дифференциацию экологических ниш группы «желтых» трясогузок, дифференциацию их экологических групп, вызванных дифференциацией условий среды. От предковой формы желтоголовой трясогузки обособились формы, давшие начало формам *M. lutea* в западных и *M. flavissima* в северо-западных областях (остров Великобритания, др.) Северной Евразии, появились предки юго-



восточных форм *M. macronyx* и *M. taiwana*, для всех перечисленных форм характерен общий фенотип с зелено-желтой окраской верха головы, который считается более примитивным. На северо-востоке Евразии обособился предок формы *M. tschitschensis*. В зонах умеренно-теплого и умеренно-влажного климата появляется и в конце периода широко распространяется новый зональный тип ландшафтов – тайга, которая, вероятно, имеет горное южно-сибирское происхождение как проявление вертикальной поясности. По мере ухудшения климата тайга «спустилась» с гор на равнины по поймам рек и сформировала особую ландшафтную (природную) зону. В конце плиоцена таежные ландшафты уже занимали обширные пространства северной Евразии. Вместе с таежными элементами в условиях высокогорий Сибири обособился предок формы *M. citreola*.

На рубеже плиоцена и антропогена в высоких широтах в окружении периодически замерзавших морей возникли первые элементы арктической и тундровой биоты, вычленившиеся из ландшафтов тургайских лесов и лесных болот, вероятно, начало этого процесса связано с Берингийской областью. С этим процессом связано последующее обособление предков форм *M. tschutschensis plexa* и *M. tschutschensis simillima*. Отражением процесса похолодания и увеличения засушливости климата во внутриконтинентальных районах умеренного пояса можно считать и вычленение травянистых ценозов степного типа. Степной тип ландшафтов, как и таежный, имеет неогеновый возраст. В неогене происходил процесс «великого остепнения равнин», наиболее отчетливо проявившийся в Северной Евразии, но неогеновые степи были облесены в большей степени, чем современные. В условиях дифференциации неогеновых степей обособились предки формы *M. flava flava*, изначально обитавшие на остепненных участках и суходольных лугах речных пойм.

Ландшафты степного типа формировались на внутриконтинентальных равнинах умеренного пояса в условиях умеренно-аридного климата. В районах аридного и экстрааридного климата в процессе прогрессирующего усиления засушливости климата, затронувшего и умеренные широты, формировались ландшафты попустынь и пустынь с разреженным растительным покровом, господством ксерофильной травяно-кустарничковой растительности, где обособились предки форм черноголовой трясогузки *M. feldegg feldegg* и *M. feldegg melanogrisea*. Ландшафтная дифференциация происходила не только на равнинах, но и в горах. В соответствии с активным ростом гор интенсивно формировалась вертикальная поясность горных ландшафтов; при этом возникали специфические формации растительного покрова высокого пояса гор, отсутствующие на равнинах, – формации нагорных ксерофитов, альпийские луга, формации гольцов, нагорные степи, высокогорные пустыни, др. В данных условиях обособились предки форм *M. iberiae*, *M. cinereocapilla*, *M. zaissanensis*, *M. leucocephala*, *M. pygmaea*, *M. angarensis*. В неогеновый период группа «желтых» трясогузок испытывает резкую дифференциацию экологических ниш в соответствии с дифференциацией ландшафтов Северной Евразии. Процесс остепнения равнин, приведший к увеличению площади открытых ландшафтов и уменьшению облесенности аридных зон в целом вследствие возрастания сухости климата вызвал бурную эволюцию экологических ниш «желтых» трясогузок как группы открытых пространств, роль которой к концу плиоцена стала все более возрастать.

Антропогенный (четвертичный) период. В антропогене продолжали углубляться контрасты рельефа в Северной Евразии, Поволжье. В течение плейстоцена изменения климата имели ярко выраженный ритмичный характер, усилились похолодание и аридизация. Наиболее важным следствием изменений климата, оказавшим существенное влияние на облик ландшафта, были оледенения. Однако арктические районы, вследствие сухости климата были «сухими», не испытывали покровного оледенения, представляли собой огромные пространства криостепей – холодных степей. Под влиянием процесса похолодания климата и оледенений в высоких и умеренных широтах на участках, свободных от ледниковых покровов, скованных мерзлотой, в непосредственной близости от края ледников формировалась биота арктического и тундрового типа (например, в Берингии и многих районах Восточной Сибири). В высокогорных областях по мере роста гор и в периоды снижения снеговой границы активно формировалась биота нивального и альпийского пояса. Многие теплолюбивые элементы вымерли или мигрировали из одних районов в другие, менее холодные, что вызвало смешение фаунистических элементов разных районов. Особенно активно такое смешение происходило в ледниковые эпохи, могли смешиваться элементы тундровой, арктической и альпийской фауны.

В плейстоцене возникли новые типы ландшафтных зон (арктическая и тундровая), в умеренном поясе возросла роль монодоминантных ценозов еловых, сосновых и лиственных лесов. Существенно обеднела биота хвойно-широколиственных и широколиственных лесов в районах непосредственного развития ледников и перигляциальных зон, где образовались рефугиумы биоты, покинувшей под влиянием оледенений и сдвига зон свои первоначальные места обитания на Кавказе, в Поволжье, дельте р. Волги, в Приморье, др. С этим процессом была свя-

зана дальнейшая дифференциация форм *M. cinerea* на *M. c. cinerea* (Кавказ), *M. c. melanope* (Поволжье и Урал до Охотского моря), *M. c. robusta* (Приморье, Сахалин, Камчатка, Курилы). Происходили далекие миграции фаунистических элементов под влиянием оледенений и обмен ими между отдельными континентами (проникновение из Евразии в Африку через просторы Азии и Гибралтар).

В соответствии с наибольшей изменчивостью ландшафтов Северной Евразии, здесь происходило активное видообразование. В результате резкой дифференциации рельефа и ландшафтов возросла роль географической изоляции в формировании популяционных групп фенотипов «желтых» трясогузок в Северной Евразии и Поволжье. Дальнейшее асортативное скрещивание в условиях изоляции привело к обособлению основных форм «желтых» трясогузок, каждая из которых заняла видоспецифичную экологическую нишу. На северо-востоке обособились подвиговые формы *M. tscutscensis* – *plexa*, *simillima*. В горных системах северной Азии произошла дивергенция формы *M. citreola* на подвиговые формы *calcarata* и *quassatrix*. В последствии обособились подвиговые формы *citreola* и *wevae*, которые спустились с гор вместе с тайгой по поймам рек и распространились на равнинах Северной Евразии. В дальнейшем форма *M. citreola* завоевала тундровые и тундростепные ценозы Сибири и Северной Европы, а форма *quassatrix* осталась на своих позициях в Центральной Азии (в Монголии), населяя долины и поймы рек и озер пустынных ценозов. На обширных просторах Западной и Восточной Европы получила распространение чрезвычайно изменчивая форма *M. flava*, от которой обособились подвиговые формы *thunbergi* и *beema*. В лесостепных и степных ценозах Северной Евразии, Поволжья обособились видовые формы *M. lutea* с северо-западной островной формой – *M. flavissima*, и *M. feldegg* с южно-европейско-передне-малоазиатской подвиговой формой *M. feldegg feldegg* и южно-сибирской формой *M. feldegg melanogrisea*. В Северной Евразии южная граница ледниковых эпох, связанных с плейстоценом, проходит через северную Испанию, северную Италию, Кавказ, южную Сибирь, Поволжье, Приморье, где произошло смешение фаун и до сих пор встречаются совместные гнездовые поселения разных видов «желтых» трясогузок, показывая явление симпатрии близких видов в условиях репродуктивной изоляции, благодаря расхождению форм по разным экологическим нишам. В плейстоцене в условиях Поволжья окончательно складывается спектр экологических ниш «желтых» трясогузок: арктическая и тундровая – желтоголовая трясогузка; горно-таежная – горная трясогузка; пойменная и луговая – желтая трясогузка; лесостепная – желтолобая трясогузка; степная – черноголовая трясогузка. Голоцен – время окончательного становления современной структуры рельефа и ландшафтов Северной Евразии, Поволжья. В целом, антропогенный период характеризуется максимальной дифференциацией экологических ниш группы «желтых» трясогузок, разнообразие которых вполне соответствуют современному политипическому облику этой группы и направлениям ее микроэволюции.

По проявлению эколого-генетических признаков в составе политипического комплекса *M. flava* выявляются два группировки форм, – западная и восточная, реальность которых показана методами феногеографии и ДНК-анализа и [1]. Формы каждого из комплексов имеют собственные тенденции в микроэволюции. На территории Поволжья и Предуралья обитают следующие представители этой группы видов.

К формам западного комплекса относятся *желтолобая трясогузка* – *Motacilla lutea* (S.G.Gmelin, 1774): кальцефил и псаммофил, занимает интазональные биотопы в лесостепях и степях, ортофаг и колеоптерофаг, олигофаг, имеет узкую и специализированную экологическую нишу; *желтая трясогузка* – *Motacilla flava* Linnaeus, 1758: пойменный и луговой вид, диптерофаг, лепидоптерофаг, гаммарофаг, хемиптерофаг, мирмекофил, полифаг, имеет широкую неспециализированную экологическую нишу, характерно сохранение исходного типа экологической ниши; *черноголовая трясогузка* – *Motacilla feldegg* Michahelles, 1830: галофил, обитает по берегам засоленных озер в глинистых и солончаковых степях и полупустынях, моллюскофаг, колеоптерофаг, ортофаг, лепидоптерофаг, олигофаг с переходом к монофагии, имеет узкую специализированную экологическую нишу; *горная трясогузка* – *Motacilla cinerea* Tunstall, 1771: горно-таежный вид, реофил, диптерофаг, трихоптерофаг, олигофаг, имеет узкую специализированную экологическую нишу. Показан реликтовый характер экологической ниши. Вид ледникового периода, периода наступления тайги, который сохранился в рефугиумах меловых гор Среднего Поволжья, аркто-альпийском комплексе высокогорий Кавказа, Кавказ, Урала и Северной Азии. Гляциальный плиоценовый реликт. К формам восточного комплекса относится *желтоголовая трясогузка* – *Motacilla citreola* Pallas, 1776: болотно-луговой вид, аранеофаг, мирмекофил, диптерофаг, олигофаг, имеет узкую специализированную экологическую нишу, сохранился реликтовый характер экологической ниши.

Исходным наиболее примитивным типом экологической ниши группы «желтых» трясогузок следует считать нишу пойменного вида, которая сформировалась в интазональных биотопах – поймах рек, по которым формы проникли в различные ценозы и природные зоны



по долинам крупных речных артерий. Впоследствии представители западной группы форм разошлись по видоспецифичным экологическим нишам, связанным с аридными и семиаридными ландшафтами. Для восточной группы форм характерны экологические ниши, связанные с формированием в тундровых и аркто-альпийских ландшафтах, исходная форма экологической ниши этого комплекса сформировалась в условиях высокогорий, затем данные формы спустились вместе с таежными ценозами с гор по долинам горных рек и речек в равнины и заселили огромные площади криостепей, а затем и тундр.

Эволюция экологических ниш у «желтых» трясогузок

Экологическая ниша – это общая сумма адаптаций (адаптивных стратегий) вида (особи) в определенной среде как способность использовать ее ресурсы (в том числе и кормовые) [11]. Изменения ниш в эволюционном масштабе довольно трудно документировать, хотя факт существования этих изменений не вызывает сомнений. С появлением новых форм, в результате дивергенции появляются новые ниши. Главной силой, которая привела к разделению ниш и возникновению разнообразия «желтых» трясогузок, является межвидовая конкуренция. Нередко эволюционные взаимодействия таксонов носят двусторонний характер. Нишам свойственно большое число признаков (параметров) и непрерывность. Частичное перекрывание экологических ниш у «желтых» трясогузок возможно в случаях их совместных гнездовых поселений, что должно приводить к жесткой межвидовой конкуренции за ресурсы среды. Однако этого, как правило, не происходит, вследствие, разной видоспецифичностью к выбору гнездопригодных биотопов и кормовых территорий, пищевой специализации, особенностей поведения, звуковых (акустических) сигналов, др., т.е. разных адаптивных стратегий каждого из сравниваемых видов (подвидов) этого комплекса. Это обстоятельство поддерживалось в эволюции представленной группы «желтых» трясогузок, что привело, по видимому, к взаимной адаптации видов друг к другу. Структура ниши может меняться в зависимости от разных промежутков времени на уровне изменения условия среды по сезону, по времени жизни одной особи или нескольких поколений, или в масштабах эволюционного времени по времени жизни многих поколений.

Основные факторы, приводящие к экологической изоляции у птиц: различия в географических ареалах, местобитаниях и кормовых объектах [12]. Существует несколько измерений ресурсов в порядке убывания их роли в сегрегации ниш: макробиотоп, микробиотоп, тип кормовых объектов, время дня (суточная активность), сезонная активность [13]. Сегрегация типов кормовых объектов имеет небольшое значение для видов, питающихся мелкими пищевыми объектами (насекомыми). «Желтые» трясогузки составляют единую группу экологически функционально сходных видов – гильдию [14]. Они сильно взаимодействуют друг с другом и слабо с остальными видами сообщества. Гильдии – арена наиболее сильной межвидовой конкуренции.

Анализ таксономических взаимоотношений форм комплекса *M. flava* на исследованной территории европейской части России

Показано наиболее древнее обособление от общего эволюционного ствола предков западной группы форм и более поздняя дивергенция предковых форм восточной группы, приведшая в дальнейшем к обособлению каждой из форм *M. flava*. Выявленная картина указывает на существование западной и восточной групп форм *M. flava*, обособленных вследствие географической изоляции. Выявленные совокупности форм обладают значительным уровнем взаимной обособленности, поэтому заслуживают присвоения статуса соответственно видовых и подвидовых таксонов. В областях симпатрии встречаются популяции, в которых довольно высок процент особей с промежуточными фенотипами, что можно объяснить возможной гибридизацией симпатричных форм видового уровня.

Репродуктивные отношения форм *M. flava* в зонах пространственного контакта

Выявлены следующие типы пространственных и репродуктивных контактов между формами *M. flava*: зоны интерградации с неограниченной гибридизацией между контактирующими формами (подвиды *thunbergi*, *beema*, *werae*); зоны парapatрии и в некоторых случаях симпатрии с ограниченной гибридизацией между формами, не оказывающей существенного влияния на фенотипический состав популяций – подвиды *flava*, *lutea*, *citreola*; зоны симпатрии, в которых гибридизация отсутствует или носит случайный характер, что свидетельствует о существовании механизмов устойчивой репродуктивной изоляции (виды *flava*, *citreola*, *lutea*, *feldegg*, *cinerea*) в условиях европейской части России, в частности, Поволжья.

Заключение

Направления адаптивной стратегии и микроэволюции у «желтых» трясогузок

Величина кладки у «желтых» трясогузок. Кладки средней величины (5–6 яиц) дают больше потомков (% половозрелых), доживающих до момента собственного размножения

в следующем сезоне. Оптимальное число яиц в кладке такое, при котором родители в среднем способны обеспечить достаточным количеством пищи всех птенцов. Оптимальная такая кладка, при которой численность молодых, достигших периода размножения, будет точно равна численности родителей [15]. В пределах одного вида особи, живущие в более высоких широтах, имеют большую размерность кладок в результате воздействия большей продолжительности светового дня, весеннего (сезонного) изобилия и доступности кормовых ресурсов, сравнительно низкой численности хищников, разоряющих кладки. Кроме этого может оказывать влияние соотношение между ожиданием будущего потомства и оптимальным текущим вкладом в размножение. Если случаи гибели особей во время миграций или зимовок в более высоких широтах приводят к гибели птиц, то ожидаемая продолжительность жизни и остаточная репродуктивная ценность в высоких широтах должны сократиться. Это будет способствовать увеличению репродуктивного усилия в текущем размножении и приведет к увеличению кладки.

Использование пространства: индивидуальные гнездовые участки (групповые поселения) и территориальность у «желтых» трясогузок. Большинство местобитаний представлено пространственно-временной мозаикой разнообразных, переходящих друг в друга микробиотопов (микрорландшафтов), каждый из которых содержит свой набор видов и кормовых ресурсов. Существуют два крайних типа распределения вида (особей) на занимаемой ими территории: пятнистое (контагиозное) – образование гнездовых поселений (г-отбор), равномерное – одиночное гнездование (К-отбор). Радиус индивидуальной активности «желтых» трясогузок составляет от 2 до 5 км, что предполагает существование у них так называемых «вязких» популяций, особи которых, как правило, далеко не перемещаются от своих гнездопригодных территорий. В таких популяциях поток генов невелик, что и приводит к значительной генетической, и как следствие ее, фенотипической (индивидуальной) изменчивости.

Индивидуальные территории у «желтых» трясогузок. Активно защищаются и используются обычно гнездящейся парой или выводком (группой), или одиночным самцом, который, как правило, занимает позицию для наилучшего обзора, используя высокое растение конского щавеля, коровяка, так называемый «сторожок». Не перекрывающиеся территории приводят к равномерному распределению особей в пространстве и указывают на конкуренцию за ресурсы (кормовые, топические, др.), которые должны охраняться. Можно выделить три типа территории: гнездовую, брачную и кормовую. Такая территориальность связана с необходимостью экономии энергии при полете и с большой подвижностью, которая делает защиту территории экономически выгодной. Как правило, самцы устанавливают границы территорий ранней весной, часто до прилета самок. В течение этого периода между самцами происходят столкновения за право обладания определенной территорией. Но когда начинается пора высидывания яиц и выкармливания птенцов, самцы актуализируют свои территориальные права только в течение короткого времени в утренние и вечерние часы. Распознавание территориальных сигналов ближайших соседей по совместному гнездовому поселению и ослабление реакции на них выгодны, так как экономят время и энергию особей, что поддерживается в эволюции группы. По мере роста, взросления птенцов и появления активных слетков, таковые границы индивидуальных участков «стираются» и полностью исчезают.

Стратегия добывания пищи у «желтых» трясогузок: стратегия «искателей». «Желтые» трясогузки, как и другие насекомоядные птицы, проводят значительную часть своего времени в поисках потенциальной добычи (насекомых), но расходуют на их преследование, схватывание и поедание сравнительно мало времени и энергии, так как это бывает достаточно легко. У них среднее время поиска в расчете на один съеденный объект велико в сравнении со средним временем, затраченным на преследование, и поэтому наилучшей стратегией будет такая, при которой поедаются все встреченные съедобные насекомые. Кроме того, в местах, богатых кормовыми ресурсами, среднее время поиска, приходящееся на один кормовой объект, будет меньше, что экономически выгодно. Поэтому оптимальной стратегией в этом случае будет ограничение рациона питания, только наилучшими кормовыми объектами.

Тактика добывания пищи и эффективность питания у «желтых» трясогузок. Одномерное использование пространства – горная трясогузка при сборе кормовых объектов использует линию уреза воды или ручья, узкую береговую полосу. Двумерное использование пространства – используют при сборе насекомых с поверхности субстрата – черноголовая и желтолобая трясогузки. Трехмерное использование пространства – используют при ловле насекомых с присады, на лету в воздухе – желтая и желтоголовая трясогузки. Трясогузки добывают насекомых двумя разными способами: «выжидание» на присаде с последующим преследованием в воздухе и «активный сбор». При втором способе добывания насекомых энергии тратится больше, чем при первом. Успех тактики выжидания обычно зависит от следующих условий: плотность и подвижность насекомых должны быть достаточно высокими, а энергетические потребности птицы низкими. Тактика активного сбора насекомых тоже зависит от этих же



параметров, но в этом случае первостепенное значение приобретают характер пространственного распределения насекомых и поисковые способности птицы. Есть и промежуточные варианты.

Оптимальное использование «пятнистой» среды «желтыми» трясогузками.

Дискретная среда, представленная набором разнообразных ресурсов, называется «пятнистой» средой. Среда, представленная одинаковыми ресурсами или смесью ресурсов, называется однородной. Трясогузки, живущие в гетерогенной среде, специализируются на использовании разных пятен средовой мозаики. Однако по мере уменьшения различий между пятнами преимущество получает неспециализированность. Если вид использует в период своей суточной активности ресурсы в тех соотношениях, в каких они фактически представлены (т.е. не отдает предпочтения какому-либо одному ресурсу среды), то он использует свою среду тонкодисперсным способом. Если вид в разных пятнах среды проводит совершенно разное количество времени, то он использует среду грубодисперсным способом. Вид, у которого частота столкновений со своей добычей пропорциональна частоте встречаемости жертвы, благодаря выборочному потреблению насекомых определенного типа может использовать тонкодисперсную среду грубодисперсным способом. Тонкодисперсное использование среды возникает в тех случаях, когда размер пятен средовой мозаики невелик по сравнению с собственными размерами птицы. Поэтому мелкие птицы, например, «желтые» трясогузки оказываются в более тонкодисперсном мире, чем более крупные виды. Насекомые еще более грубодисперсным образом используют среду вследствие более мелких размеров, чем птицы.

«Желтые» трясогузки могут собирать насекомых разными способами; собирать насекомых только на одном виде субстрата, перелетать от одного вида субстрата на другой; могут ловить насекомых только одной категории (определенного размера и определенной группы) на любых субстратах. Первая приводит к специализации на разных видах субстрата, вторая – к тому, что каждый вид имеет свой собственный диапазон видов насекомых. Третий – сочетание обеих стратегий. Различия в специализации – на каком месте субстрата вид птицы собирает насекомых, и как он это делает (моно- или полифаг). Определенный ярус – травы, кустарники, кормится самыми разными видами насекомых и отыскивать их на разных субстратах. Различия – как и где птицы собирают насекомых, у каждого вида – свой «естественный маршрут питания» Подобная стратегий оказывается более эффективным способом использования пятнистой среды, нежели специализация по типу кормления или по типу жертвы. Развитие у видов птиц уникальных способов добывания пищи – где и как они это делают. Пищевая специализация определенного типа имеет смысл только в случаях крайне высокой ее концентрации. Оптимизация бюджета времени ловли добычи: питание массовыми видами насекомых в период вспышек размножения, массового выплода по сезону – периоды лета определенных видов насекомых. Стратегия выбора кормовых объектов (мелких моллюсков, ракообразных, пауков, насекомых,) «желтыми» трясогузками: это, как правило, массовые легко доступные виды, с мягкими покровами, неядовитые, без резкого запаха, с высокой калорийностью и легкой усвояемостью (личинки насекомых).

В результате проведенных исследований выявлена система признаков экологической ниши «желтых» трясогузок, которая характеризует особенности их адаптивной стратегии. Характеристики экологической ниши могут быть использованы в популяционных исследованиях «желтых» трясогузок в качестве маркеров групп популяций и межпопуляционных границ. В пределах ареала политипического комплекса выделены центры разнообразия экологических ниш, которые могут являться центрами формообразования. В результате исследования гнездовой экологии и биологии политипического комплекса «желтых» трясогузок подтверждены 5 форм видовой и 3 формы подвидового ранга, встречающихся в европейской части России. В результате ретроспективного (палеогеографического) исследования разнообразия экологических ниш группы «желтых» трясогузок получены представления о филогеографии политипического комплекса *M. flava* (термин филогеография взят из западной литературы и является синонимом понятия микрофилогенеза, или микроэволюции вида). Высокое разнообразие экологических ниш и фенотипов «желтых» трясогузок, а также широкий набор вариантов репродуктивных взаимоотношений отдельных форм (включая явления интерградации, наличие зон межвидовой гибридизации и полную репродуктивную изоляцию в условиях широкой симпатрии) позволяют рассматривать политипический комплекс *M. flava* в качестве эволюционно молодой группы.

Авторы благодарят сотрудников: Зоологического музея МГУ Я.А. Редькина, ЗИН РАН В.М. Лоскота и профессора Беларускаго государственного университета В.В. Гричика за поддержку исследований.

Список литературы

1. Редькин Я.А. Таксономические отношения форм в эволюционно молодых комплексах птиц на примере рода *Motacilla* L., 1785 (таксономическая ревизия подрода *Budytes*): автореф. дис. ... канд. – М., 2001. – 19 с.
2. Гричик В.В. Феногеография полиморфизма желтых трясогузок в связи с проблемами систематики и генезиса комплекса «*Motacilla flava*»: автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Киев, 1992. – 16 с.
3. Гричик В.В. Географическая изменчивость птиц Беларуси. – Минск: БГУ, 2005. – 169 с.
4. Степанян Л.С. Конспект орнитологической фауны СССР. – М.: Наука, 1990. – 366 с.
5. Stamp S. The Birds the Western Palaearctic // Oxford Univ. Press. 1988. P. 1 – 1063.
6. Муравьев И.В. Сравнительная экология близкородственных видов на примере рода *Motacilla* L. // Автореф. диссер. на соискание уч. степ. канд. биол. наук. – М.: МГПИ, 1997. – 17 с.
7. Муравьев И.В. Экология группы «желтых» трясогузок в Среднем Поволжье // Бутурлинский сборник: матер. III Всерос. Бутурлинских чтений. – Ульяновск: Изд-во “Корпорация технологий продвижения”, 2010. – С. 241 – 252.
8. Коблик Е.А., Редькин Я.А., Архипов В.Ю. Список птиц Российской Федерации. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 256 с.
9. Титов С.В., Муравьев И.В., Логунова И.Ю. К вопросу изучения пигментации скорлупы яиц птиц // Зоол. журн. – 1997. – Т. 76. – N 10. – С. 1185–1193.
10. Дашкевич З.В. Палеогеография. – Л.: Изд-во Ленинградского у-та, 1969. – 150 с.
11. Пианка Э. Эволюционная экология. – М.: Мир, 1981. – 400 с.
12. Lack D. Ecological isolation in birds. – Blackwell, Oxford, 1971. – 404 p.
13. Schoener T.W. Resource partitioning in ecological communities // Science. – 1974. – Vol. 185. – P. 27 – 39.
14. Root R.B. The niche exploitation pattern of the blue-gray gnatcatcher // Ecol. Monog. – 1967. – Vol. 37. – P. 317 – 350.
15. Wynne-Edwards V.C. Animal dispersion in relation to social behaviour. – Oliver and Boyd, Edinburgh, 1962. – 653 p.

THE TEMPERATURE FACTOR INFLUENCE ON SEASONAL LOCOMOTIONAL ACTIVITY FLUCTUATION OF *RANA RIDIBUNDA* PALL BLOOD CELLS

I.V. Muravjev, E.A. Artemyeva

*Ulyanovsk State Pedagogical
University of I.N. Ulyanov, 4, 100-letia
of V.I. Lenin Sq., Ulyanovsk, 432035,
Russia*

*E-mail: pliska58@mail.ru;
hart5590@gmail.com*

Differentiation of forms of yellow wagtails in natural habitat space reflects the sympatric mechanisms of formation of species and is a result of microevolution of polytypic complex *Motacilla flava* L.

Keywords: population, species, natural habitat, microevolution, sympatric, formation of species, birds, yellow wagtails.



УДК 591.5:599.6/73

ТРАНСФОРМАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННЫХ МЕСТООБИТАНИЙ И ИЗМЕНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОПУЛЯЦИЙ КОПЫТНЫХ УССУРИЙСКОГО ЗАПОВЕДНИКА И ПРИЛЕЖАЩИХ ТЕРРИТОРИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ АНТРОПОГЕННОГО ПРЕССА

М.В. Маслов

Государственный природный заповедник «Уссурийский» им. В.Л. Комарова ДВО РАН, Россия, 692500, г. Уссурийск, ул. Некрасова, 1

E-mail: nippon_mvmt@mail.ru

Основными видами антропогенного воздействия на группировки копытных заповедника и сопредельной территории являются браконьерство, охота; проникновение собак на охраняемую территорию; в последнее десятилетие резко возросло влияние рубок, проводимых в приграничной полосе. В целях сохранения биологического разнообразия актуальной задачей является создание и легализация буферной зоны вокруг Уссурийского заповедника, которая позволит снизить нагрузку на эту особо охраняемую территорию, и даст возможность контролировать ситуацию в непосредственной близости от границ.

Ключевые слова: копытные, рубки, численность, плотность, лесные формации, станции, Уссурийский заповедник.

Введение

В настоящее время наблюдается усиление пресса антропогенного воздействия на окружающую среду, и в сферу хозяйственной деятельности интенсивно вовлекаются последние островки нетронутой природы. В качестве примера можно привести государственный природный заповедник «Уссурийский», который находится в густонаселённой части Приморского края. Он организован в 1934 году по инициативе отечественного ботаника академика В.Л. Комарова в системе Академии наук СССР. Основная цель создания – охрана малонарушенных горно-лесных экосистем западного макросклона Сихотэ-Алиня, их флоры и фауны, во многом относящихся к Маньчжурскому комплексу, с высоким уровнем эндемизма. До 1973 года заповедник назывался соответственно основной реке этой территории (р. Супутинка, ныне Комаровка) – Супутинским. В 1973 году к территории был присоединён дополнительный участок. В настоящее время общая площадь заповедника составляет 40432 га и поделена на два лесничества. Комаровское лесничество (первоначальная территория площадью 16547 га) расположено в Уссурийском районе и Суворовское (присоединённая территория площадью 23885 га) – в Шкотовском.

В лесных формациях заповедника обитают 5 видов копытных: изюбрь – *Cervus elaphus* (L.), косуля сибирская – *Capreolus pygargus* (Pall.), кабан – *Sus scrofa* (L.), кабарга – *Moschus moschiferus* (L.), пятнистый олень – *Cervus nippon* (Temm.), который в 50-годы был успешно акклиматизирован и в настоящее время является доминантным видом. К сожалению, уже к концу 70-х годов прошлого столетия на присоединённой к заповеднику территории перестали фиксировать следы жизнедеятельности таких эндемиков как горал амурский – *Nemorhaedus caudatus* (Milne-Edwards) и леопард – *Panthera pardus* (L.) [1]. Предполагаемыми причинами этого являлись близость автомобильной трассы, рубки и бесконтрольная охота на сопредельной территории.

По степени сохранности чернопихтово-широколиственных и кедрово-широколиственных лесов южной географической фации территория заповедника не имеет аналогов в Северо-Восточной Азии. В сопредельных с Россией странах (КНР, КНДР и Республике Корея) эти леса сильно трансформированы под влиянием рубок и пожаров и на больших площадях сменились производными группировками: часть лесных земель там полностью утрачена в связи с передачей их в другие виды пользования [2]. Учитывая всё это, лесные экосистемы ГПЗ «Уссурийский» являются объектами мирового значения.

Объекты и методы исследования

Сбор материала осуществлялся автором с 1986 по 2011 гг. в Уссурийском заповеднике и на прилегающей территории. Помимо собственных данных, в работе использованы также материалы из «Летописи...» (1974–2011 гг.), отчётов Программы мониторинга популяции амур-

ского тигра [3, 4] и опросные сведения старожилов – бывших сотрудников заповедника. Проведена обработка данных журнала «Регистрация гибели животных» (1974–2011 гг.) и выявлены основные факторы и причины гибели копытных ($n=653$) в заповеднике и на прилегающей территории.

Основной объём первичных материалов получен на маршрутах, проложенных в местах обитания диких копытных, а также в процессе тропления следов в зимний период.

В период с 2005 по 2008 год вдоль границы с лесхозом «Уссурийский» проводилось слежение за поведением, численностью и распределением копытных [5]. Работы на территории заповедника охватывали площадь 2 тыс. га (10х2 км) вдоль грани (полоса наблюдений I). Аналогичные наблюдения на прилегающей территории, включающей участки действующих и пройденных рубок – площадь 2 тыс. га (10х2 км) (полоса наблюдений II). Также проводился опрос местных охотников и лесозаготовителей о наличии копытных в данном районе.

В рамках программы по изучению и сохранению амурского тигра на Российском Дальнем Востоке с весны 2008 года на территории Уссурийского заповедника проводятся исследования поведения и экологии диких животных с помощью цифровых фотоловушек (Reconyx и Leaf River) [6, 7, 8, 9]. В выполнении этих работ автор принимает непосредственное участие, и некоторая информация по распределению копытных любезно предоставлена коллегами Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН.

Результаты и их обсуждение

В последнее десятилетие резко возросло влияние рубок, проводимых в приграничной к заповеднику полосе, на среду обитания копытных. Из состава древостоя лесозаготовителями вырубается лучшие экземпляры ценных пород, включая плюсовые деревья-семенники. В результате нарушается генофонд и целостность лесных формаций, и резко видоизменяется кормовая ёмкость угодий. В Уссурийском районе массовой рубке подвергались ясень маньчжурский и дуб монгольский, а в ряде случаев – сосна корейская и пихта цельнолистная. Это негативно сказывается на животном мире, так как кедровые орехи и жёлуди являются основным наживочным кормом для большинства животных местной фауны, включая диких копытных. Интенсивные рубки проводились в течение нескольких последних лет и вдоль границы Уссурийского заповедника – их протяженность составила более 37 км (рис. 1). Местами лесовозные волока проходили даже по самой границе, а шум от двигателей бензопил и лесозаготовительной техники практически не умолкал в светлое время суток в течение всего года.



Рис 1. Верхний склад возле границы Уссурийского заповедника. Урочище Большая Барсуковка. 20.03.2008 г. Фото автора

В работе приведены некоторые сведения и результаты наблюдений за распределением и плотностью населения копытных на территории заповедника и прилегающей.

За исследуемый период численность изюбры на территории заповедника (полоса I) практически не менялась и не превышала 5 особей (плотность 1,5-2,5 особи/1 тыс. га). Близость рубок изюбры не пугала, и животные держались на пери-

ферии заповедника. В ночное время, когда затихали работы на лесосеках, они периодически выходили к поваленным деревьям и кормились концевыми побегами ясеня, дуба, ильма и др. Лёжки отдыха могли располагаться вблизи стоящей техники и отапливаемого сторожевого вагончика (неоднократные личные наблюдения и опросные данные). Таким образом, существовала угроза попадания этих копытных под выстрелы охотников. Возможно, такая поведенческая особенность и стала одной из основных причин сокращения численности изюбры в Приморском крае.

До начала интенсивных рубок численность пятнистых оленей на исследованном участ-

ке заповедника (полоса I) варьировала от 10 до 15 особей (плотность 5-7.5 особи/1 тыс. га). За период наблюдений к 2007 году произошло сокращение до 8, к 2008 г. – 4-х особей, несмотря на увеличение общей численности оленей на территории Комаровского лесничества с 200 до 270 особей. Возле вырубок следы оленя не были отмечены и начинали появляться по мере отдаления от них. На расстоянии 4-5 км от лесозаготовок плотность оленей составляла от 10 до 15 особей/1 тыс. га. В результате воздействия данного фактора беспокойства наблюдалась тенденция к увеличению «дистанции бегства» и перемещению пятнистых оленей к центру заповедника, в более спокойные стаии, что создавало нежелательно высокую плотность населения животных в локальных биотопах.

Численность косули с 2005 по 2007 год на учётной полосе I составляла в среднем 5-6 особей (плотность 2.5-3 особи/1 тыс. га), в 2008 году не зафиксировано ни одной особи. При этом на сопредельной территории в районе рубок в последний зимний сезон обитало 7 особей (3 пары и одиночка). Для косули отмечено более осторожное поведение по сравнению с изюбром: животные могли находиться вблизи лесозаготовок, но предпочитали кормиться на покинутых людьми лесосеках. Выход косули с охраняемой территории также способствовал риску попасть под выстрелы браконьеров.

На исследуемой территории заповедника (полоса I) нами была обнаружена только одна особь кабарги (самец). Участок зимней стаии не превышал 1 км², при этом следы жизнедеятельности наблюдались здесь ежегодно. В районе рубок на прилегающей к заповеднику территории следы кабарги не были отмечены.

В период наблюдений нами фиксировались как группы, так и одиночные особи кабанов. В 2007-2008 гг. места кормёжек и отдыха отмечались, только в заповеднике, а в районе действующих рубок фиксировались лишь проходные следы. По многолетним наблюдениям и опросным данным, при приближении любой техники кабаны убегают.

Таким образом, наблюдается прямое и косвенное воздействие рубок на плотность и распределение копытных в заповеднике. В связи с резким сокращением количества плодоносящих деревьев, в частности дуба монгольского и сосны корейской, уменьшается качество кормовой базы на прилегающих к заповеднику участках. Происходит «вытяжка» с охраняемой территории таких видов копытных, как изюбрь и косуля, которых в зимнее время привлекают доступные порубочные остатки на лесосеках, а в летнее – порослевое возобновление. Кроме того, на бывших лесозаготовительных нижних и верхних складах сотрудниками лесной охраны заповедника было обнаружено несколько браконьерских солонцов. Спасаясь от гнуса в летнее время, копытные выходят на такие открытые продуваемые участки и, найдя соль, начинают периодически посещать солонец. Некоторые из них впоследствии гибнут от пуль браконьеров.

По территории ГПЗ «Уссурийский» на протяжении 14 км проходит автомобильная дорога с твёрдым покрытием краевого значения «Шкотово-Ивановка», проложенная ещё до присоединения к территории заповедника Суворовского лесничества в 1972 году [10]. Практически непрерывным потоком на ней наблюдается движение как легковой, так и крупногабаритной техники. Негативными факторами данного воздействия являются трансформация природных местообитаний в полосе и по обочинам дороги, незаконные рубки, лесные пожары, браконьерство, связанные с проникновением в лес нарушителей заповедного режима.

К настоящему времени с западной, северо-западной и северной стороны, вдоль границы заповедника протяженностью более 17 км образована сеть проезжих грунтовых дорог и волоков, по которым на специальном транспорте в сухое и морозное время также можно добраться до охраняемой территории. По многим ключам, вершины которых «поджимают» к грани, проходят лесные дороги, что способствует свободному доступу охотников и браконьеров. Таким образом, труднодоступных подходов к территории Уссурийского заповедника в настоящее время практически не осталось.

Согласно собранным данным о гибели копытных в Уссурийском заповеднике и на прилегающей территории, за период с 1974 по 2011 гг. доминирующим фактором являлся антропогенный (браконьерское и охотничье воздействие) (37.8%). (рис. 2).

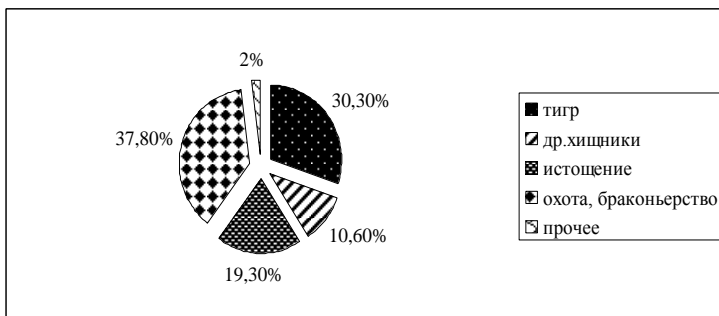


Рис. 2. Соотношение степени воздействия установленных причин смертности копытных за период с 1974 по 2011 гг. на территории Уссурийского заповедника и прилегающей (n=653)

С 1975 по 1994 гг. основному воздействию подвергались такие виды копытных, как кабан, изюбрь и косуля. Уссурийский заповедник один из немногих ООПТ, в котором отсутствует охранная зона. Даже официальная (лицензионная) охота периодически проходила возле самой границы заповедника, и часто раненые животные, стараясь спастись, впоследствии гибли на заповедной территории.

В бесснежный период были нередки случаи охоты и в самом заповеднике, когда браконьеры целенаправленно добывали пятнистых оленей в ближайших от грани распадках. Наиболее сильно это проявилось в период 1995-99 гг., связанный с высоким ростом численности пятнистого оленя, когда поголовье популяционной группировки увеличилось до 300 особей [11, 12].

После увеличения численности пятнистых оленей в центре заповедника группы и одиночные особи изюбрей были вынуждены сместиться к периметру, и некоторые животные, вышедшие на сопредельную территорию, попали под выстрелы [13]. В целом за период 1974-2011 гг. доля погибших от браконьерства или охоты изюбрей составила 37%, пятнистых оленей – 19% от зафиксированных случаев гибели этих животных.

Большая смертность копытных в 90-е годы была также связана с возможностью свободного приобретения нарезного оружия в личное пользование людьми различной квалификации и опыта, что повлияло на результативность охоты и количество ненайденных подранков. Только в 1998 году госинспекцией заповедника было задержано 4 человека, которые в зимнее время охотились незаконным способом с применением собак и нарезного оружия на территории Комаровского лесничества.

Снижение этого фактора смертности копытных наблюдается в периоды 2000-04 и 2005-09 гг., когда с западной стороны Комаровское лесничество стало граничить с охотничьим коллективом «Вебрь» Уссурийского общества охотников и рыболовов с усиленным режимом охраны. На этой территории организованы всевозможные биотехнические мероприятия, и планируется разведение пятнистых оленей. В настоящее время проводятся совместные рейды в целях пресечения незаконной охоты. Были обнаружены и ликвидированы браконьерские строения, находящиеся в непосредственной близости от заповедника, а найденные солонцы взяты под контроль.

До 90-х годов нарушение заповедного режима было довольно редким явлением, и работникам госинспекции удавалось контролировать свои участки, пресекая незаконные вторжения. Проникновение нарушителей на территорию заповедника стало приобретать массовый характер с середины 90-х годов, в связи с появлением китайских скупщиков и ростом цен на дикорастущий женьшень.

В настоящее время количество человек в группах корневищников может достигать 3-5 человек. Поиск женьшеня начинается с июня и продолжается до первой декады октября – соответственно, антропогенное воздействие в некоторых стациях заповедника не прекращается до поздней осени. Усиление антропогенного пресса происходит и в урожайные для сосны корейской годы – в «шишковые» сезоны 1999/2000 гг.; 2000/2001 гг. инспекторами Комаровского лесничества было составлено 566 протоколов на группы нарушителей от 2 до 12 человек. Присутствие посторонних людей создавало повышенную пожарную опасность в заповеднике и вызывало необходимость вмешательства сотрудников, когда после оставленных костров огнём охватывались легко воспламеняемые участки хвойных формаций. В эти сезоны также неоднократно пресекались попытки незаконной охоты с использованием собак на территории заповедника [14].

За период исследования фиксировались факты гибели пятнистых оленей и от бродячих собак (1989, 1996, 2003 гг.). Количество задавленных копытных в разные годы составляло от 2 до 5 особей. Весной 1996 года инспекторам не потребовалась ликвидация этих хищников (1 самка и 3 самцов), проникших на заповедную территорию – появился тигр и за двое суток убил всех собак. Как пищевые объекты он их не воспринимал – все жертвы оставались целыми.

Данные о потерях копытных от транспорта за исследуемый период немногочисленны. Были отмечены лишь единичные случаи гибели косули, изюбря и кабарги, однако дать объективную оценку числа погибших по этой причине животных не представляется возможным.

В последние годы наиболее ощутимыми видами прямых и косвенных антропогенных воздействий на группировки копытных заповедника являются браконьерская охота с трассы «Шкотово-Ивановка», на охрану которой полномочия сотрудников госинспекции не распространяются, а также работы по прокладыванию газопровода в непосредственной близости от его территории (рис. 3).

Подобные воздействия приводят не только к уничтожению кормных биотопов копытных, но и являются факторами беспокойства, вызванного присутствием людей и техники.



А



Б

Рис. 3. Участки газопровода, проходящего в непосредственной близости от границ ГПЗ «Уссурийский»: (А) – территория охотхозяйства «Вепрь», Уссурийский р-н, широколиственно-хвойная формация; (Б) – территория охотхозяйства «Раковское», Уссурийский р-н, дубняк кустарниково-разнотравный – излюбленные местообитания косули. 06.06. 2011 г. Фото автора.

Заключение

Усиление антропогенного пресса на сопредельных территориях вызывает перемещение эврибионтных видов копытных – изюбря, косули, кабана – в поисках защищённых стадий. Несмотря на общую тенденцию к уменьшению численности изюбря в крае, по отчётным данным «Программы мониторинга амурского тигра» (1998-2010 гг.) в заповеднике она остаётся стабильной. По нашему мнению, это объясняется совпадением времени проведения зимних учётных работ со сроками официальной охоты в прилегающих охотничьих хозяйствах. В последние годы в весенний период на территории заповедника наблюдается увеличение частоты регистрации на фотоловушках самок косули, изюбря и кабана с приплодом – животные выводят потомство в наиболее защищённых стадиях. Таким образом, несмотря на небольшую площадь, территория ГПЗ «Уссурийский» служит для копытных постоянным или временным убежищем, смягчающим нарастающий пресс хозяйственной деятельности человека.

В целях сохранения биологического разнообразия актуальнейшей задачей является создание и легализация буферной зоны вокруг Уссурийского заповедника, которая позволит снизить нагрузку на эту особо охраняемую территорию и даст возможность контролировать ситуацию в непосредственной близости от границ. Вопрос о необходимости выделения и режиме охранной зоны поднимался ещё в 1981 году [15], однако её создание связано с рядом трудностей, основные причины которых кроются в противоречиях интересов узковедомственных организаций.

Сохранившиеся до наших дней девственные лесные формации Уссурийского заповедника являются объектами мирового значения и, учитывая печальный опыт соседних стран, требуют соответствующей охраны и бережного обращения.

Список литературы

1. Позвоночные животные Уссурийского государственного заповедника: аннотированный список видов. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – 96 с.
2. Манько Ю.И., Кудинов А.И., Гладкова Г.А., Жабыко Е.В., Бутовец Г.Н., Орехова Т.П. Леса заповедника «Уссурийский» (мониторинг динамики). – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 224 с.
3. Микелл Д. Дж., Дунишенко Ю.М., Звягинцев Д.А., Даренский А.А., Голубь А.М., Долинин В.В., Швец В.Г., Костомаров С.В., Арамилев В.В., Заумыслова О.Ю., Кожичев Р.П., Литвинов М.Н., Николаев И.Г., Пикунов Д.Г., Салькина Г.П., Фоменко П.В. Программа мониторинга популяции амурского тигра. – Отчёт за 12 лет: 1998-2009. – 53 с.
4. Микелл Д. Дж., Дунишенко Ю.М., Звягинцев Д.А., Даренский А.А., Голубь А.М., Долинин В.В., Швец В.Г., Костомаров С.В., Арамилев В.В., Заумыслова О.Ю., Кожичев Р.П., Литвинов М.Н., Николаев И.Г., Пикунов Д.Г., Салькина Г.П., Фоменко П.В. Программа мониторинга популяции амурского тигра. – Отчёт за 13 год: зима 2010 г. – 22 с.
5. Маслов М.В. Влияние рубок на поведение, распределение и плотность копытных в Уссурийском заповеднике // Современные проблемы регионального развития. Материалы II Международной научной конференции. Биробиджан, 6-9 октября 2008 г. – Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН. – 2008а. – С. 27-29.
6. Рожнов В.В., Лукаревский В.С., Эрнандес-Бланко Х.А., Найденко С.В., Сорокин П.А., Крутова В.И., Литвинов М.Н., Котляр А.К. Использование тиграми территории Уссурийского заповедника: опыт применения разных методов // Поведение и поведенческая экология млекопитающих. II научная конференция. Черниголовка, 9-12 ноября 2009 г. – М.: Тов. науч. изд. КМК. – 2009. – С. 29.
7. Эрнандес-Бланко Х.А., Лукаревский В.С., Найденко С.В., Сорокин П.А., Литвинов М.Н., Чистополова М.Д., Котляр А.К., Рожнов В.В. Опыт применения цифровых фотоловушек для идентификации амурских тигров, оценки их активности и использования основных маршрутов перемещения животными // Амурский тигр в Северо-Восточной Азии: проблемы сохранения в XXI веке. Материалы Международной научно-практической конференции, 15-18 марта 2010 г. – Владивосток: Дальнаука. – 2010. – С. 100-103.
8. Маслов М.В., Рожнов В.В. Оценка морфологических и размерных показателей при идентификации особей пятнистого оленя *Cervus nippon* с помощью фотоловушек // Дистанционные методы исследования в зоологии: материалы научной конференции. Москва, 28-29 ноября 2011. – М.: ИПЭЭ РАН. – 2011. – С. 49.
9. Найденко С.В., Маслов М.В., Эрнандес-Бланко Х.Э., Лукаревский В.С., Сорокин П.А., Литвинов М.Н., Котляр А.К., Рожнов В.В. Использование фотоловушек для оценки численности копытных // Дистанционные методы исследования в зоологии: материалы научной конференции. – Москва, 28-29 ноября 2011. – М.: ИПЭЭ РАН, 2011. – С. 61.
10. Приморский край. Топографическая карта. Масштаб 1:200 000. – Хабаровск: ВКФ ДВО. – 1992. – 103 с.
11. Маслов М.В. Образование популяционной группировки пятнистого оленя – *Cervus nippon* (Temm, 1838) в Уссурийском заповеднике // Живые объекты в условиях антропогенного пресса. Материалы X Международной научно-практической экологической конференции. – Белгород, 15-18 сентября 2008 г. – Белгород: ИПЦ «Политерра», 2008. – С. 126.
12. Маслов М.В. Аклиматизация пятнистого оленя – *Cervus nippon* (Temm., 1838) – на территории Уссурийского заповедника: история и современное состояние // Вестник Оренбургского государственного университета, 2009. – № 10 (104). – С. 123-128.
13. Маслов М.В. Динамика численности изюбря (*Cervus elaphus* (L.)) и пятнистого оленя *Cervus nippon* (Temm.) на территории Уссурийского заповедника // Труды МГПИЗ им. П.Г. Сидовича. Вып. IX. – Саранск-Пушта, 2011. – С. 91-99.
14. Маслов М.В., Ковалёв В.А. Специфика работы лесной охраны Уссурийского заповедника и ее основные проблемы // VIII Дальневосточная конференция по заповедному делу. Материалы конференции. Благовещенск, 1-4 октября 2007 г. – Благовещенск: АФБСИ ДВО РАН, 2007. – Т. 2. – С. 154-157.
15. Козин Е.К., Ковалев В.А. Роль охранной зоны заповедников в сохранении крупных млекопитающих юга Приморского края // Редкие и исчезающие животные суши Дальнего Востока СССР. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. – С. 22-26.



TRANSFORMATION OF NATURAL HABITATS AND CHANGE OF THE POPULATIONS CONDITION OF HOOFED ANIMALS OF THE USSURIYSK RESERVE AND ADJACENT TERRITORIES UNDER THE INFLUENCE OF THE ANTHROPOGENIC PRESS

M.V. Maslov

Ussuriyskii Nature Reserve, Far Eastern Branch of Russian Academy of Science, Nekrasov St., 1, Ussuriysk, 692500, Russia

E-mail: nippon_mv@mail.ru

The main types of anthropogenic impact on groups of hoofed animals of the reserve and the adjacent territory are poaching, hunting; penetration of dogs to the protected territory; during the last decade the influence of the forest cutting carried out at the site's border has sharply increased. In order to preserve the biological diversity the urgent issue is to create and legalize a buffer zone round the Ussuriysk reserve which will allow to lower load on this especially protected territory, and will give the chance to supervise a situation in close proximity to borders.

Keywords: hoofed animals, forest cuttings, number, density, wood formations, stations, Ussuriysk reserve.

УДК 576.322: 591.111.1

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ИНКУБАЦИИ НА МИГРАЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ И РЕЗИСТЕНТНОСТЬ ЯДЕРНЫХ ЭРИТРОЦИТОВ РЫБ, ЛЯГУШЕК И ПТИЦ

**С.Д. Чернявских,
М.З. Федорова,
Игуен Тхи Тьук,
То Тхи Бик Тхун**

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

*E-mail: Chernyavs-
kikh@bsu.edu.ru*

Изучена миграционная активность и резистентность ядерных эритроцитов у представителей классов Рыбы, Земноводные и Птицы в опытах *in vitro*. Установлено, что в ряду рыба-птица резистентность эритроцитов к гипертермии увеличивается. Показано, что при повышенной температуре увеличение времени инкубации ведет к снижению локомоционной активности красных клеток крови у всех подопытных животных. У наземных позвоночных, независимо от терморегуляторных особенностей, при температуре 42°C наблюдается фазовый характер разрушения клеток: первоначально быстрый гемолиз эритроцитов сменяется временной его инактивацией с дальнейшим нарастанием процесса разрушения клеток по мере увеличения длительности инкубации.

Ключевые слова: миграционная активность, ядерные эритроциты, резистентность эритроцитов, температурный фактор, температурный гемолиз.

Введение

В настоящее время достаточно полно описана общая картина изменений, происходящих в организме млекопитающих животных и человека при остром перегревании [1-4]. Имеются работы, в которых сообщается о положительном влиянии высокой температуры на факторы неспецифической резистентности и иммуногенез [5]. Стимулирующий эффект высокой внешней температуры проявляется, главным образом, при кратковременном воздействии на организм, то есть отсутствии глубоких нарушений механизмов терморегуляции [3]. Для холоднокровных животных температура окружающей среды также является одним из важнейших факторов, воздействующих на иммунологические процессы. Установлено, что изменение температуры воды до уровня, находящегося выше оптимального, понижает фагоцитарную активность лимфоцитов рыб [6-9]. У низших позвоночных защитную функцию наряду с лейкоцитами выполняют ядерные эритроциты [10]. В современной клеточной биологии активно исследуются цитофизиологические особенности устойчивости эритроцитов к коллоидно-осмотическому лизису, отмечены изменения резистентности клеток в условиях гипоксии и гиперкапнии у представителей различных филогенетических групп животных [11]. Многочисленными экспериментами установлена зависимость между стойкостью красных клеток крови к гемолитикам разного генеза и физиологическим состоянием организма [12-14]. Вместе с тем, в научной литературе практически отсутствуют сведения об устойчивости вышеназванного пула клеток к температурному фактору. Еще менее изученным является вопрос о влиянии температуры и длительности инкубации на один из этапов реализации защитных функций ядерных эритроцитов – локомоционную активность.

Объекты и методы исследования

В опытах *in vitro* изучали влияние температуры и длительности инкубации на миграционную активность и резистентность ядерных эритроцитов у представителей классов Рыбы, Земноводные и Птицы.

В работе использовали периферическую кровь, взятую у наркотизированных эфиром животных: сазана *Cyprinus carpio* (30 особей), лягушки озёрной *Rana ridibunda* (30 особей) и курицы домашней *Gallus domesticus* (11 особей). У рыб кровь брали из хвостовой вены, у земноводных – из сердца, у птиц – путем венопункции. В качестве антикоагулянта использовали гепарин в количестве 10 ед./мл. Кровь центрифугировали 4 мин при 400 г, отбирали эритроциты и подсчитывали в камере Горяева.



В тесте миграции под агарозой изучали спонтанную локомоционную активность красных клеток крови. За основу был взят классический метод, описанный в многочисленных работах [15-17] в модификации [18]. В лунки, вырезанные в агарозном геле, нанесенном на предметное стекло, помещали по 3 мкл суспензии эритроцитов, разведенной изотоническим раствором, содержащей около 1 млн. клеток (у Земноводных, имеющих больший размер эритроцитов – около 300 тыс. клеток). Стекла с эритроцитами сазана и лягушки инкубировали в среде с 5% содержанием CO₂ при комнатной (22°C) и повышенных температурах (37°C и 42°C). Клетки крови курицы инкубировали при аналогичных температурах, а также при температуре 45°C, рассматривая ее как повышенную. Длительность инкубации клеток составляла 2, 4, 6 и 8 часов. По окончании инкубационного периода эритроциты фиксировали в течение часа глутаровым альдегидом и окрашивали азур-эозином. Площадь спонтанной миграции клеток измеряли с помощью анализатора изображений «Видео тесТ-Размер» 5.0 (ООО «Микроскоп-Сервис», г. Санкт-Петербург).

Методом микроскопии определяли резистентные и разрушенные эритроциты. На окрашенных препаратах выбирали участок площадью 0,1 мм², подсчитывали процент гемолизированных клеток.

Полученные результаты обрабатывали методами вариационной статистики с использованием специальных программ на персональном компьютере. Достоверность различий определяли по *t*-критерию Стьюдента.

Результаты и их обсуждение

У представителей класса Рыбы при температуре 22°C площадь миграции эритроцитов практически не изменяется, за исключением показателя, полученного при 6-часовой инкубацией клеток по сравнению с 4-часовой, где наблюдается его снижение (табл. 1). При этом в течение всего изучаемого периода инкубации разрушения эритроцитов при данной температуре не наблюдается (рис. 1 а).

Можно предположить, что при 6-часовой инкубации в условиях комнатной температуры происходят изменения микровязкости и других характеристик структурной организации мембраны эритроцита сазана, приводящие к инактивации клеточной подвижности [19], через 8 часов инкубации – включаются компенсаторные механизмы [20].

Таблица 1

Показатели площади миграции эритроцитов рыбы, мм²

Температура инкубации, °С	Продолжительность инкубации, ч			
	2	4	6	8
22	2.49±0.18	2.59±0.20	2.43±0.09●	2.54±0.19
37	2.61±0.24	2.45±0.15*	2.41±0.16”	2.39±0.19”
42	2.38±0.21°	2.45±0.19	2.40±0.13	2.31±0.09

Примечание: здесь и в табл. 2-3: достоверность различий по *t*-критерию Стьюдента ($p < 0.05$):

* – по сравнению с температурой 22°C,

° – по сравнению с температурой 37°C,

” – по сравнению с клетками, инкубированными 2 часа,

● – по сравнению с клетками, инкубированными 4 часа.

При температуре 37°C у сазана отмечается однонаправленная динамика: чем продолжительнее период инкубации, тем ниже показатели площади миграции и резистентность эритроцитов. По сравнению с 2 часами инкубации через 6-8 часов локомоционная активность снижается на 7.7-8.4%, доля разрушенных клеток увеличивается от 22% до 90-93% (рис. 1 б).

При температуре 42°C у эритроцитов рыбы уже после 2-часовой инкубации регистрируется 100% термический гемолиз (рис. 1 в).

У земноводных самый высокий показатель площади локомоций выявлен при инкубации клеток в течение 4 часов при температуре 22°C, разница по сравнению с 2-х часовой инкубацией составила 9.1% (табл. 2). Через 6 и 8 часов изучаемый показатель при вышеназванной температуре снижается по сравнению с 4 часами инкубации. При разной длительности инкубации в условиях комнатной температуры гемолиза эритроцитов у лягушек не наблюдается (рис. 2 а).

При 37°C увеличение времени инкубации клеток до 4 и 8 часов ведет к разрушению клеток (рис. 2 б) и снижению площади миграции на 5.5% и 8.9% соответственно по сравнению с 2-часовой инкубацией. Через 4 часа после начала инкубации было разрушено 64% клеток, через 8 часов – 67%.

Таблица 2

Показатели площади миграции эритроцитов земноводных, мм²

Температура инкубации, °С	Продолжительность инкубации, ч			
	2	4	6	8
22	2.60±0.23	2.86±0.36 [”]	2.52±0.20●	2.41±0.18●
37	2.68±0.22	2.54±0.21 [”]	2.56±0.17*	2.46±0.22 [”]
42	2.58±0.20	2.37±0.16 ^{”*o}	2.54±0.14*●	2.50±0.17

Инкубация клеток при температуре 42°С приводит к фазовым изменениям показателей площади миграции и температурного гемолиза эритроцитов. Через 4 часа после начала инкубации по сравнению с 2 часами площадь локомоций снижается на 8.9% и регистрируется гемолиз эритроцитов (87%) (рис. 2 в). Через 6 часов инкубации первоначально быстрое разрушение эритроцитов сменяется временной инактивацией процесса гемолиза и увеличением площади локомоций на 6.7% по сравнению с 4 часами. Возможно, при 6-часовой инкубации у животных этого вида происходит временная активация высокостойких клеток [11], обусловленная температурной компенсацией метаболизма [20]. Дальнейшее увеличение длительности инкубации (до 8 часов) сопровождается тенденцией к снижению показателей площади миграции и увеличению процента разрушенных клеток.

У кур при температурах 22°С и 37°С, независимо от длительности инкубации, активность миграции клеток крови изучаемого пула примерно одинакова (табл. 3). Разрушенных эритроцитов не выявлено (рис. 3 а, б).

Таблица 3

Показатели площади миграции эритроцитов птицы, мм²

Температура инкубации, °С	Продолжительность инкубации, ч			
	2	4	6	8
22	2.63±0.16	2.66±0.11	2.76±0.21	2.79±0.28 [”]
37	2.80±0.22*	2.76±0.33	2.72±0.21	2.72±0.19
42	2.61±0.17	2.49±0.11 ^{”*o}	2.67±0.15●	2.58±0.21*

Можно было бы предположить, что температура 42°С, соответствующая температуре тела птиц, будет оптимальной для миграции клеток. Однако выявленные у кур изменения показателей площади локомоции эритроцитов при 42°С оказались аналогичными земноводным: через 4 часа инкубации по сравнению с 2 часами площадь миграции снижается на 4.6%, через 6 часов повышается на 7.2% по сравнению с 4 часами, через 8 часов отмечается тенденция к снижению. Через 4-8 часов гемолиз составил 25-54÷. Можно предположить, что при 6-часовой инкубации у кур происходит временное включение компенсаторных механизмов [20]. Согласно исследованиям некоторых авторов [19, 21], повышение функциональной активности клеток при гипертермии происходит вследствие увеличения активности интегральных мембранных ферментов Na⁺/K⁺ - АТФазы и Ca²⁺/Mg²⁺ - АТФазы.

При повышении температуры до 45°С увеличение времени инкубации эритроцитов птиц до 4-8 часов способствует снижению площади локомоций на 1.2-4.0÷ по сравнению с 2 часами. По результатам микроскопии у эритроцитов кур через 4 часа после начала инкубации при температуре 45°С регистрируется температурный гемолиз клеток (95%) (рис. 3 в), ведущий к необратимым структурно-функциональным преобразованиям как плазматической мембраны, так и клетки в целом.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что с увеличением температуры инкубации снижается резистентность и локомоционная активность эритроцитов у всех подопытных животных. У рыбы и курицы при повышении температуры уменьшается время, затрачиваемое на разрушение эритроцитов и инактивацию их локомоционной активности. В ряду рыба-птица устойчивость эритроцитов к действию гипертермии повышается, что может косвенно указывать на совершенствование терморегуляторных механизмов в процессе эволюции.

Список литературы

1. Ажаев А.Н. Физиолого-гигиенические аспекты действия высоких и низких температур // Проблемы космической биологии. – М.: Наука, 1979. – Т.38. – 264 с.
2. Козлов Н.Б. Гипертермия: биохимические основы патогенеза, профилактики, лечения. – Воронеж: Изд-во Воронежского университета, 1990. – 102 с.
3. Васильев Н.В. и др. Система крови и неспецифическая резистентность в экстремальных климатических условиях / Н.В. Васильев, Ю.М. Захаров, Т.И. Коляда. – Новосибирск: Наука, 1992. – 257 с.

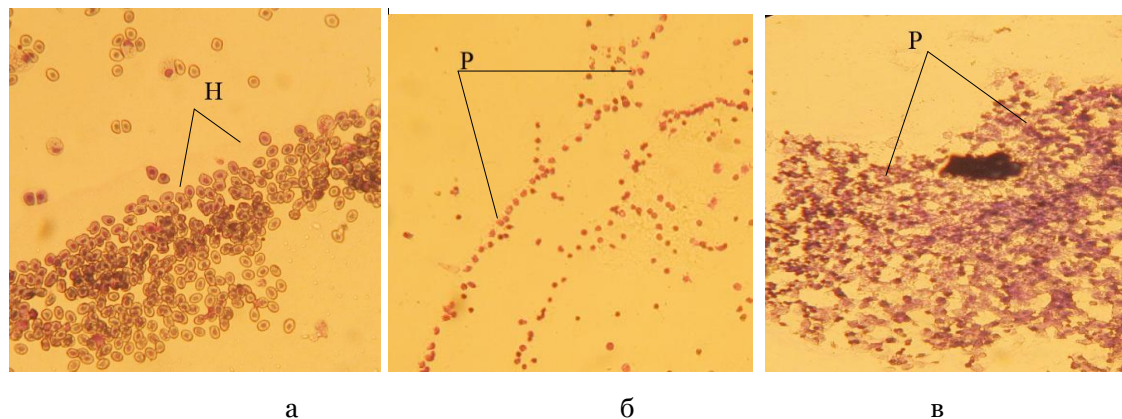


Рис. 1. Эритроциты сазана ($\times 400$), инкубированные при температуре а – 22°C , б – 37°C , в – 42°C .
Здесь и на рис. 2-3: Н – неразрушенные, Р – разрушенные эритроциты

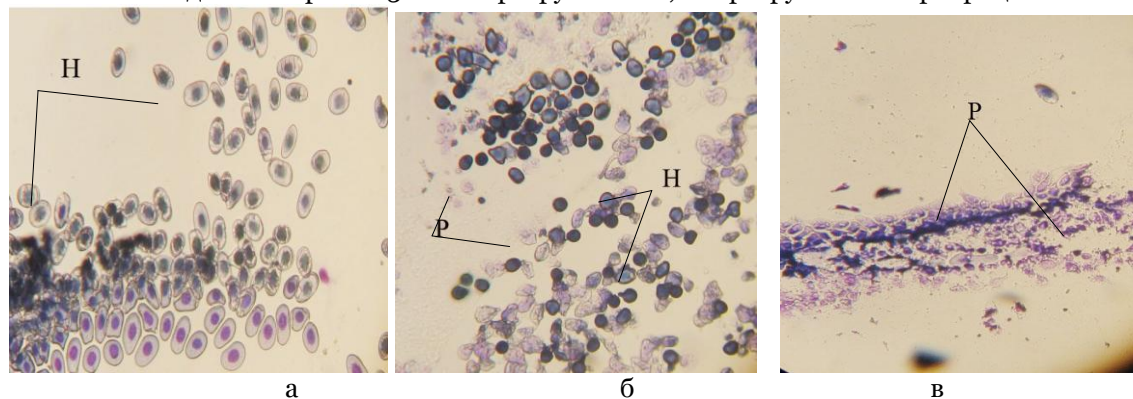


Рис. 2. Эритроциты лягушки ($\times 400$), инкубированные при температуре а – -22°C , б – -37°C , в – -42°C

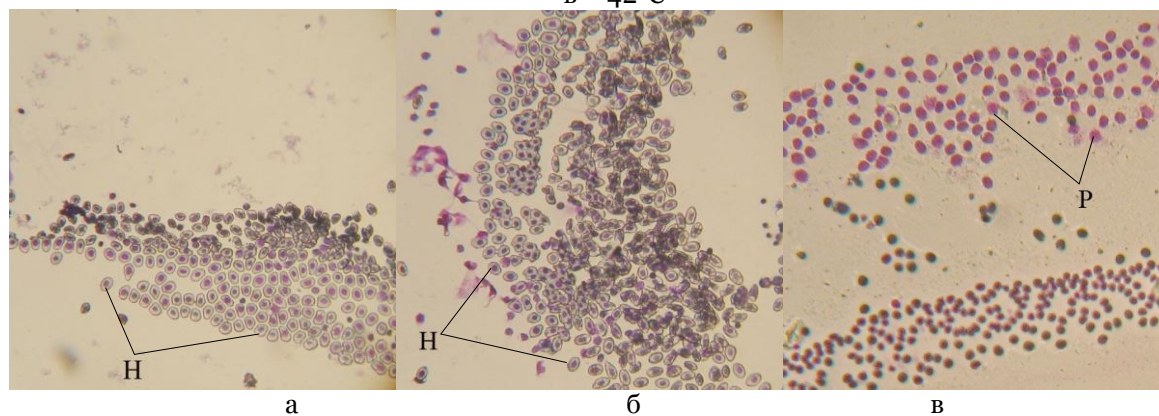


Рис. 3. Эритроциты курицы ($\times 400$), инкубированные при температуре а – 22°C , б – 37°C , в – 45°C

4. Федорова М.З. Функциональные свойства и реактивность лейкоцитов крови при измененных условиях организма, вызванных факторами различной природы: Автореф. дис... д-ра. биол. Наук: 03.00.13; 14.00.16. – М., 2002. – 32 с.

5. Прокопенко Л.Г., Яхонтов Ю.Я. Механизм стимуляции иммунного ответа при действии на организм высокой температуры // Патологическая физиология и экспериментальная терапия. – 1981. – №6. – С. 62-66.

6. Степанова В.М. Влияние температуры на антигенреагирующие клетки карпа (*Cyprinus carpio* L.) // Биология внутренних вод. – 2002. – Вып. 4. – С. 80-83.

7. Avtalion R.R., Weiss E., Moalem T. Regulatory effects of temperature upon immunity in ectothermic vertebrates // Comparative immunology. N.Y.: Blackwell Scient. Publ. Oxford, 1976. – P. 227-238.

8. Ainsworth A.J. Effect of temperature on the immune system of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). I. Leucocyte distribution and phagocyte function in the anterior kidney at 10°C / A.J. Ainsworth, C. Dexiang, P.R. Waterstrat, T. Greenway // Comp. Biochem. Physiol. 1991. – V. 100 A. – P. 907-912.

9. Scott A.L., Rogers W.A., Klesius P.N. Chemiluminescence by peripheral blood phagocytes from channel catfish: function of opsonin and temperature // *Dev. Comp. Immunol.* 1985. – V. 9. – P. 241-250.
10. Prunesco H. Natural and experimental phagocytosis by erythrocytes in Amphibians // *Nature. New Biol.* – 1971. – V. 231, № 22. – P. 143-144.
11. Лицунова Е.А., Скоркина М.Ю. Физиология крови. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2007. – 324 с.
12. Субботина Т.Н. Перекисное окисление липидов и проницаемость мембран эритроцитов у детей и подростков с сахарным диабетом типа 1 / Т.Н. Субботина, Н.М. Титова, А.А. Савченко и др. // *Клин. лаб. диагн.* – 2004. – №5. – С. 20, 33-35.
13. Новицкий В.В. Молекулярные нарушения мембраны эритроцитов при патологии разного генеза являются типовой реакцией организма: контуры проблемы / В.В. Новицкий, Н.В. Рязанцева, Е.А. Степовая др. // *Бюл. сибирской медицины.* – 2006. – №2. – С. 62-69.
14. Коробко В.Б., Гунина Л.М., Кабан А.П. Клинические и биохимические особенности статуса больных раком желудка, подвергшихся воздействию ионизирующего излучения в результате аварии на ЧАЭС // *Врачеб. дело.* – 1995. №5-6. – С.19-22.
15. Nelson R.D., Quie P.G., Simmons R.L. Chemotaxis under agarose: a new and simple method for measuring chemotaxis and spontaneous migration of human polymorphonuclear leukocytes and monocytes // *J. Immunol.* – 1975. – v.115. – P.1650-1656.
16. John I. Gallin, Paul G. Quie. *Leukocyte Chemotaxis: Methods, Physiology and Clinical Implication* // Raven Press. – New York. – 1978. – v. XIII, № 9. – P. 429.
17. Дуглас С.Д., Куи П.Г. Исследование фагоцитоза в клинической практике: Пер. с англ. – М.: Медицина, 1983. – 112 с.
18. Федорова М.З., Левин В.Н. Спонтанная миграция нейтрофилов крови в смешанной популяции лейкоцитов и ее изменения под влиянием веществ аутоплазмы при различных функциональных состояниях организма // *Клиническая лабораторная диагностика.* – 2001. – №5. – С. 16-19.
19. Выборнова И.И. Механизмы воздействия температурных условий и антропогенных химических факторов на функционирование биологических мембран / И.И. Выборнова, А.Н. Гольцов, С.Ю. Епифанов и др. // *Физиология человека.* – 1994. – Т.20, №6. – С. 124-136.
20. Хочачка П., Сомеро Д. Стратегия биохимических адаптаций. – М., Мир, 1977. – 398 с.
21. Рустамов Ф.А., Горанчук В.В. Влияние гипертермии на активность Na, К-АТФазы в эритроцитах человека // *Тезисы докладов XVII съезда Всерос. физиол. общества им. И.П. Павлова.* – Ростов-на-Дону, 1998. – С. 169-169.

INFLUENCE OF INCUBATION TEMPERATURE AND LENGTH ON MIGRATORY ACTIVITY AND RESISTANCE OF FISH, FROGS AND BIRDS NUCLEAR ERYTHROCYTES

S.D. Chernyavskikh,
M.Z. Fedorova,
Nguyen Thi Chuc,
To Thi Bich Thuy

*Belgorod State National
 Research University,
 Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
 Russia*

E-mail: Chernyavskikh@bsu.edu.ru

Nuclear erythrocytes migratory activity and resistance of Fish, Frogs and Birds specimens have been studied in vitro experiments. The increase in erythrocytes resistance to hyperthermia has been determined in Fish-Bird chain. The increase of incubation time at high temperature leads to the decrease of locomotion activity of red blood cells among all of the experimental animals. Terrestrial vertebrates demonstrate the phase way of blood cells collapse at 42°C regardless of thermoregulatory features: the swift initial haemolysis of red blood cells is changed by its temporary inactivation followed by the growth of cells collapse with the increase of incubation time.

Keywords: migratory activity, nuclear erythrocytes, erythrocytes resistance, temperature factor, temperature haemolysis.



595.754:57.031 (470.325)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ МОРФОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФЛУКТУАЦИИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОРМЫ ТЕЛА КЛОПА-СОЛДАТИКА (*PYRRHOCORIS APTERUS* L.) ИЗ ПРИРОДНЫХ ПОПУЛЯЦИЙ ШЕБЕКИНСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ¹

**В.В. Бондаренко,
И.В. Батлуцкая,
О.А. Маканина,
Л.А. Сорокотягина,
Е.А. Прохорова**

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

E-mail: bat@bsu.edu.ru

Представлен результат экологического анализа изменчивости морфометрических показателей тела клопа-солдатика с использованием метода геометрической морфометрии. Изучены показатели изменчивости представителей данного модельного вида из двух популяций, обитающих на территории Шебекинского района Белгородской области. На основе полученных данных выявлены основные информационно значимые показатели тела клопа-солдатика.

Ключевые слова: клоп-солдатик, *Pyrrhocoris apterus* L., геометрическая морфометрия, экологический мониторинг.

Введение

В настоящее время изучение информационно-значимых показателей формы тела животных и растительных объектов занимает важное место в экологическом мониторинге природных биотопов. Областью приложения геометрической морфометрии является разнообразие конфигураций морфологических объектов. Этот показатель может быть: неопределенной индивидуальной изменчивостью; различиями между таксонами, полами, кастами насекомых, биоморфами или другими дискретными группами; онтогенетическими или филогенетическими рядами [1]. Применение такого подхода позволяет проследить особенности развития модельных видов животных и других живых объектов, обитающих в различных условиях среды.

Под геометрической морфометрией следует понимать новый подход к сравнению форм, соединяющий метод трансформационных решеток со специфическими количественными методами. Он представляет собой совокупность алгебраических методов многомерного айген-анализа координат меток, в совокупности описывающих конфигурацию морфологических объектов [2].

Цель исследования – проанализировать изменчивость морфометрических показателей тела клопа-солдатика из различных популяций с использованием метода геометрической морфометрии в рамках экологического мониторинга территории строящегося завода по производству лизина в Шебекинском районе Белгородской области, а также получить исходные данные для изучения дальнейшего существования этих популяций в условиях нарастания антропогенной нагрузки после запуска завода и начала производства запланированного объема микробиологического лизина.

Задачи исследования: выявить информационно значимые показатели клопа-солдатика для геометрической морфометрии; сравнить изменчивость информационно значимых показателей формы тела клопа-солдатика в двух различных популяциях, обитающих на территории Шебекинского района.

Объекты и методы исследования

Основой для исследования послужил материал популяционных выборок клопа-солдатика, собранный в 2012 году на территории Шебекинского района Белгородской области.

Популяция №1 – окрестности села Мешковое (50°29' с. ш. 37°25' в. д.). Сбор проводился на окраине села Мешковое под липами. В этом биотопе отсутствует выраженное антропогенное

¹ НИР проведена в рамках реализации Постановления Правительства № 218 при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (Госконтракт № 13.G25.31.0069 от 22 октября 2010).

воздействие. Ближайшее предприятие (ООО «Русагро-Мешковое») находится на расстоянии более 700 метров от места сбора. Данное предприятие занимается выращиванием сельскохозяйственных растений без переработки. От ближайшей автотрассы, находящейся на расстоянии более 6 км, отходит автодорога, расположенная в 500 метрах от места сбора насекомых (рис. 1). Популяция №1 в рамках нашего исследования принята за условную норму. Выборка объемом 143 особи из данной популяции была произведена 12.06.2012.



Рис. 1. Место сбора клопа-солдатика из популяции №1 в окрестностях с. Мешковое Шебекинского района

Популяция №2 обитает на территории расположения строящегося завода по биотехнологическому производству лизина и относящейся к нему опытно-экспериментальной установки (50°24' с. ш. 36°58' в. д.). На данной территории с марта 2011 года ведутся строительные работы. В настоящее время там размещены полностью достроенные и введенные в эксплуатацию опытно-экспериментальная установка и элеваторы. Строительные работы ведутся на основных помещениях завода по биотехнологическому производству лизина. Вся эта территория расположена на пашне, с востока и запада обрамленной лесополосами.

Ближайшая асфальтированная автодорога располагается в 250 м севернее данной территории. Сбор насекомых производился в лесополосе на расстоянии около 200 м от участка, на котором ведется строительство. Выборка объемом 126 особей из данной популяции была произведена 19.06.2012.

Объем собранного и проанализированного материала представлен в табл. 1.

Таблица 1

Объем проанализированного материала выборок из популяций в Шебекинском районе Белгородской области

Место сбора	Расстояние до объектов хозяйственной деятельности, м	Дата сбора	Объем выборки, количество особей
Окрестности с. Мешковое	700	12.06.2012	143
Территория расположения опытно-экспериментальной установки по производству лизина	200	19.06.2012	126

Для нашего исследования применялся метод ручного сбора насекомых, стандартные методы камеральной обработки. Для снятия морфометрических показателей каждую особь сканировали при помощи сканера HPphoto на высоком разрешении (1200 dpi), далее вся работа проводилась с цифровыми изображениями насекомых.

Результаты и их обсуждение

Методика включает в себя расстановку меток-ландмарок (Lm) на каждом изображении в программе TPS Dig2 (рис. 2) и обработку полученных файлов в программах TPSRelv, PAST и Excel.

Основным предметом нашей работы было изучение центроида. Размер центроида – это показатель, который характеризует общие размеры тела – корень квадратный из суммы квадратов расстояний от каждой ландмарки (метки) до центра изображения [3]. Нами были определены средние размеры центроида для каждой популяции клопа-солдатика. По результатам предыдущих исследований на территории Белгородской области увеличение показателя размера центроида указывает на благополучие условий развития [4]. По итогам сделанных нами

измерений видно, что средний размер центроида в популяции №1 достоверно выше, чем в популяции №2 (рис. 3). Данный факт может означать, что развитие насекомых из популяции №1 отличается большей стабильностью.



Рис. 2 Порядок расстановки меток-ландмарков на цифровом изображении дорсальной стороны тела клопа-солдатика в программе TPS Dig

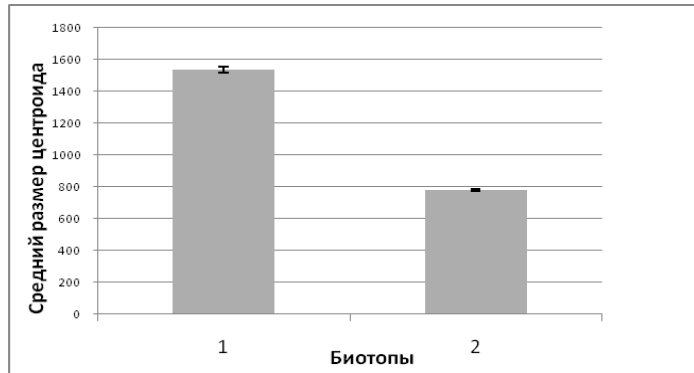


Рис. 3. Средние размеры центроида в сравниваемых популяциях №1 и №2 клопа солдатика, обитающих на территории Шебекинского района

Нами были вычислены вклады каждого промера (ландмарки) в общую изменчивость для каждой популяции. Из рисунков 4 и 5 видно, что в разных популяциях изменчивость различных морфологических структур не одинакова. В популяции №1 заметных различий в степени изменчивости структур тела не отмечено, изменчивость относительно первых двух главных компонент формы распределилась равномерно. Во второй популяции это явление обнаружено, и наибольший вес в изменчивость вносит элемент меланизированного рисунка надкрылий (Lm 25, 26, 27, 28), в частности, наиболее варьирует элемент А (Lm 19, 20, 21, 22). Полученные данные указывают на различия направлений изменчивости у насекомых из исследуемых популяций. Этот метод позволил подтвердить уже устоявшийся факт, что направленная изменчивость отличается у особей разных популяций одного вида, обитающих в разных точках ареала.

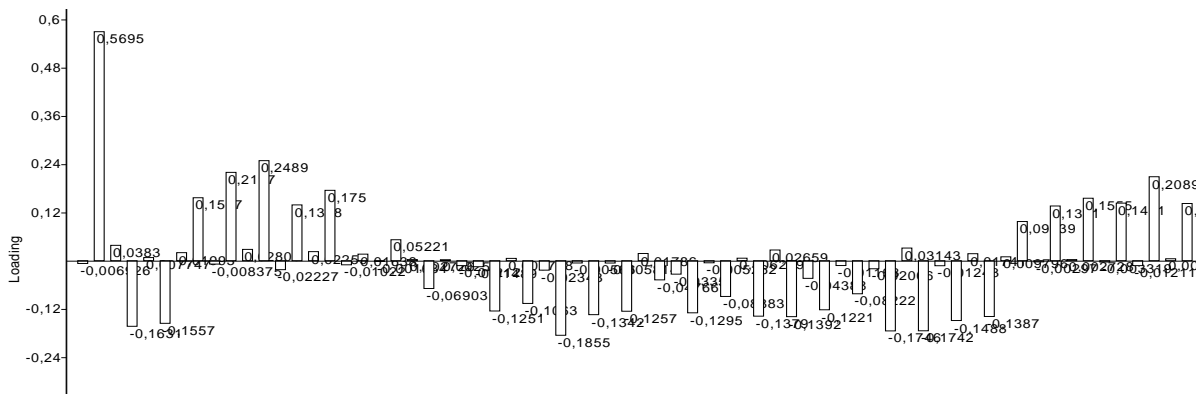


Рис. 4. Вклад меток-ландмарков в общую изменчивость формы тела клопа-солдатика из популяции №1, обитающей в окрестностях с. Мешковое

По вычисленным значениям относительных деформаций в программе PAST были выделены главные компоненты форм и распределение изменчивости особей относительно двух главных компонент формы. Главные компоненты не коррелируют между собой, каждая из них отвечает за свою долю изменчивости. Так как сумма дисперсий при поворотах не меняется, то смысл имеет только доля каждой компоненты. Она выражается в процентах. Основной смысл применения главных компонент заключается в том, что первые компоненты могут взять на себя значительную часть общей дисперсии и выявить реальную размерность данных [5, 6]. В на-

шем случае на первые две главные компоненты формы приходится 97% общей изменчивости. Исходя из этого, нами были вычислены диапазоны изменчивости относительно этих компонент и построен график (рис. 6).

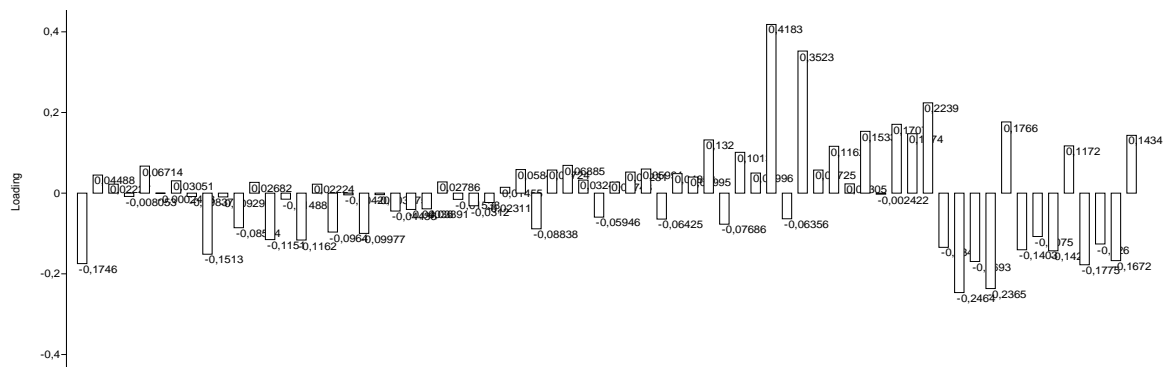
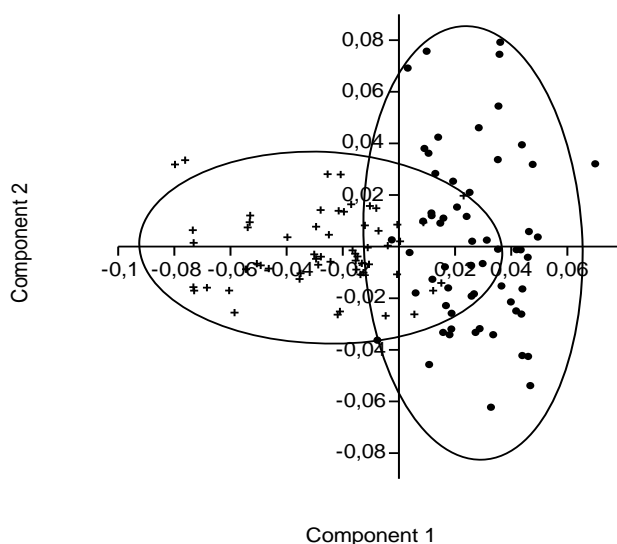


Рис. 5. Вклад меток-ландмарков в общую изменчивость формы тела клопа-солдатика из популяции №2, обитающей на территории размещения завода по производству лизина



На рисунке 6 видны незначительные различия в диапазонах изменчивости, но эти различия не достоверны.

Рис. 6. Диапазоны изменчивости в популяциях №1 и №2 относительно первых двух главных компонент

Выводы

В ходе проведенного исследования нами были выявлены информационно значимые показатели формы тела клопа-солдатика для геометрической морфометрии. Таковыми являются

размер центроида и изменчивость формы тела относительно первой и второй главных компонент.

Проанализирована изменчивость клопа-солдатика из двух различных популяций, обитающих на территории Шебекинского района Белгородской области. В контрольной выборке изменчивость распределилась относительно равномерно по всем структурным элементам тела насекомого. В материале выборки популяции №2 наибольшая доля изменчивости приходится на элементы меланизированного рисунка надкрылий клопа-солдатика.

В результате исследования, проведенного на территории строящегося биотехнологического завода, получены исходные данные для дальнейшего мониторинга влияния данного предприятия на окружающую среду, после его запуска и начала запланированного производства лизина.

Список литературы

1. Павлинов И.Я., Микешина Н.Г. Принципы и методы геометрической морфометрии // Журнал общей биологии. – 2002. – Т. 63. – №6. – С. 473–493.
2. Kendall D.G. Shape-manifolds, procrustean metrics and complex projective spaces // Bull. London Math. Soc. – 1984. – Vol. 16. – №1. – P. 81–121.
3. Васильев А.Г., Васильева И.А., Большаков В.Н. Феногенетическая изменчивость и методы ее изучения: учебное пособие. – Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2007. – 279 с.
4. Бондаренко В.В. Применение метода компьютерной морфометрии в мониторинге территории размещения завода по производству лизина в Шебекинском районе Белгородской области // Нанобиотехнологии: проблемы и перспективы: сб. трудов IV Всероссийской школы-семинара студентов, аспирантов и молодых ученых по тематическому направлению развития ННС «Нанобиотехнология» / Под ред. О.Е. Лебедевой. – Белгород: ИПК НИУ «БелГУ», 2011. – С. 11–14.



5. Павлинов И.Я. Геометрическая морфометрия – новый аналитический подход к сравнению компьютерных образов // Информационные и телекоммуникационные ресурсы в зоологии и ботанике. – СПб. – 2001. – С. 65–90.

6. Rohlf F.J. tpsDig. N.Y.: State Univ. at Stony Brook. Version 1.23. 2001. [Electronic resource]. URL: <http://life.bio.sunysb.edu/morph>

APPLICATION OF A METHOD OF GEOMETRICAL MORPHOMETRY FOR A FLUCTUATION ASSESSMENT OF MORPHOMETRIC INDICATORS OF THE FORM OF FIREBUG'S (*PYRRHOCORIS APTERUS*L.) BODY FROM THE NATURAL POPULATION OF SHEBEKINO DISTRICT OF BELGOROD REGION

**V.V. Bondarenko,
I.V. Batlutskaya, O.A. Makanina,
L.A. Sorokotyagina,
E.A. Prokhorova**

*Belgorod State National Research
University, Pobedy St., 85, Belgorod,
308015, Russia*

E-mail: bat@bsu.edu.ru

The characteristics of geometric morphometry and peculiarities of its usage in biomonitoring are given in this article. Also the indicators of mutability of firebug from two populations inhabiting the territory of Shebekino District of Belgorod Region have been studied. New results concerning the indicators of firebug's body have been revealed on the basis of the data obtained.

Keywords: firebug, geometric morphometry, ecological monitoring

УДК 595.754:57.03 (470.325)

ИЗМЕНЧИВОСТЬ БИОИНДИКАЦИОННЫХ ПРИЗНАКОВ КЛОПА-СОЛДАТИКА (*PYRRHOCORIS APTERUS*L.), ОБИТАЮЩЕГО НА ТЕРРИТОРИИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЛИЗИНА В ШЕБЕКИНСКОМ РАЙОНЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ¹

**И.В. Батлуцкая,
О.А. Маканина,
Л.А. Сорокотягина,
Е.А. Прохорова**

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

E-mail: bat@bsu.edu.ru

Приведен сравнительный анализ информационно-значимых показателей индикационных признаков клопа-солдатика из популяций, испытывающих разный уровень антропогенной нагрузки. В качестве индикационных признаков клопа-солдатика были использованы ранее предложенные: изменчивость элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика и соотношение полов. Рассчитана частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного рисунка клопа-солдатика. Проанализированные данные по асимметрии элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика и соотношение полов в каждой выборке позволили охарактеризовать экологическое состояние территории строящегося завода, в непосредственной близости от которой обитает популяция модельного объекта. Полученные результаты рассматриваются как отправные для дальнейшего систематического мониторинга среды с момента ввода завода в эксплуатацию и начала биотехнологического производства лизина.

Ключевые слова: индикационные признаки, асимметрия, половая структура, антропогенное воздействие.

Введение

В статье изложены результаты исследования по предварительному этапу мониторинга территории, на которой размещены как строящийся биотехнологический завод по производству лизина, так и введенная в эксплуатацию опытно-экспериментальная установка при этом заводе.

По заказу дирекции завода изучен общий уровень антропогенного воздействия процесса строительства на среду в сравнении с условной нормой. Возможность применения авторских запатентованных методов биоиндикации [1, 2] исследуемой территории обусловлена обитанием здесь популяции индикаторного вида – клопа-солдатика.

В настоящее время большое внимание уделяется различным методам получения информационно значимых показателей состояния экосистем с использованием широко распространенных видов-индикаторов [3].

Исследование выбранных признаков видов-индикаторов позволяет определить изменения в экосистемах на очень ранних стадиях, когда они еще не проявляются на структурно-популяционном уровне [4]. Ранее показано, что вариации меланизированного рисунка переднеспинки и надкрылий насекомых являются объективным показателем состояния среды, поскольку выполняют важную роль в обеспечении популяционных адаптационных стратегий популяции. Исследования, проводимые в НИУ «БелГУ» с 1986 г., показали, что одни и те же вариации меланизированного рисунка клопа-солдатика встречаются с достоверно различной частотой в экосистемах, испытывающих разное антропогенное воздействие (далее АВ). Частота встречаемости асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного рисунка покрова насекомого так же является важным мониторинговым показателем [5].

Характеристика половой структуры популяции в каждом конкретном месте может иметь значение для экологического мониторинга, поскольку динамика этого показателя отражает общие тенденции состояния популяции в различных биотопах [6].

Цель исследования – получение методом биоиндикации отправных данных по состоянию территории размещения биотехнологического завода и опытно-экспериментальной уста-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках договора 13.G25.31.0069 от 22 октября 2010 г.

новки для проведения систематического мониторинга среды с момента ввода завода в эксплуатацию и начала биотехнологического производства лизина в Шебекинском районе Белгородской области.

Задачи исследования:

изучить соотношение полов в популяционных выборках клопа-солдатика из анализируемых биотопов;

сравнить показатели частоты встречаемости асимметричных элементов меланизированного рисунка надкрылий у самцов и самок из определенных популяций.

Объект и методы исследования

Основой исследования послужил материал популяционных выборок клопа-солдатика, собранный в 2012 году на территории двух районов Белгородской области: Борисовского и Шебекинского. Сбор насекомых в популяции №1 (50°24' с. ш. 36°58' в. д.) проводили на земле под липами и на стволах деревьев на опушке дубравы под липами вблизи центральной усадьбы ГПЗ «Белогорье» (участок «Лес на Ворскле»). Сбор насекомых в популяции №2 (50°36' с. ш. 35°59' в. д.) осуществлен в полейзащитной лесополосе, которая находится на расстоянии 200 м от границы расположения опытно-экспериментальной установки по производству лизина (рис. 1).



Рис. 1. Пункты учетов клопа-солдатика.

Обозначения: 1 – место сбора насекомых в популяции №2;

2 – территория расположения экспериментально-опытной установки по производству лизина;

3 – место сбора насекомых из популяции №1

Проведенные ранее авторами исследования по изучению изменчивости элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика из популяций, обитающих в пунктах учетов, показали, что условия обитания популяции № (опушка дубравы «Лес на Ворскле», пос. Борисовка), можно принять за условную экологическую норму [7]. Для исследования отбирали только половозрелых насекомых с четко выраженными диагностическими признаками полового диморфизма и меланизированного рисунка покрова. Объем собранного и проанализированного материала представлен в табл. 1.

Таблица 1

Объем материала проанализированных популяционных выборок

Место сбора	№ выборки	Дата сбора	Объем выборки (шт.)
Популяция №1 – опушка дубравы вблизи центральной усадьбы ГПЗ «Белогорье» (окр. пос. Борисовка Белгородской области)	1	13.05.2012	169
	2	17.06.2012	154
Популяция №2 – лесополоса вблизи опытно-экспериментальной установки (Шебекинский район Белгородской области)	1	14.05.2012	160
	2	19.06.2012	126

В ходе исследования был использован комплекс общепринятых методик, включающих в себя полевые наблюдения и камеральную обработку материала.

В данном исследовании проводили сравнительный анализ частоты встречаемости асимметричных вариаций и соотношение полов в выборочном материале популяций клопа-солдатика, обитающих в разных биотопах.

Проведенные ранее исследования позволили убедиться в том, что половая структура популяции клопа-солдатика не остается постоянной, она имеет сложную динамику. У клопа-солдатика, возможно, проследить две основные адаптационные популяционные стратегии. Действие комплекса приспособительных реакций осуществляется одновременно, но каждая, из них доминирует в различные периоды существования одних и тех же популяций. Первая, обусловленная климатическими факторами, направлена на приспособление к сезонным условиям среды. Вторая, вызванная комплексом средообразующих факторов, среди которых доминируют региональные антропогенные, является ответной реакцией популяции на степень урбанизации среды. В этой связи считаем, что для экологического мониторинга биотопов наиболее информационно-значимыми являются данные по половой структуре популяций, полученные при изучении летних выборок. Ранее проведенные исследования позволили выделить значимые для экологического мониторинга показатели половой структуры клопа-солдатика [7]:

смещение соотношения полов в сторону преобладания самцов с 1.7 и более (при $p \leq 0.05$) свидетельствует о том, что состояние популяции в данный момент времени характеризуется неустойчивой половой структурой, что отражает действие неблагоприятных условий существования популяций клопа-солдатика, близких к экстремальным;

соотношение полов близко к 1:1 в популяциях клопа-солдатика, обитающих на территориях, относительно благополучных и подверженных слабому уровню АВ.

Результаты и их обсуждение

Соотношение полов в популяции – величина переменная, зависящая от многих факторов как биотического, так и абиотического происхождения. Анализ половой структуры популяции №1 выявил значительное преобладание самцов над самками в мае и равное соотношение полов в июне (рис. 2).

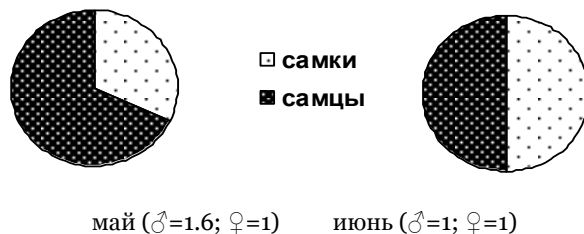


Рис. 2. Соотношение самок и самцов клопа-солдатика в выборке из популяции №1, %

В данном исследовании анализировались особи клопов, вышедшие с зимовки. Насекомые, ушедшие на зимовку в личиночной стадии, к моменту изъятия весенней выборки из природной среды не достигли половой зрелости, и поэтому не были учтены при анализе. В летней выборке соотношение полов выравнивается, вероятно, в связи с тем, что у перезимовавших особей к этому времени полностью закончен процесс превращения личинок в имаго, и те особи, которые не были учтены при анализе весенней выборки, были проанализированы позже. Соотношение полов в выборках свидетельствует о стабильных условиях существования популяции.

Анализ половой структуры выборок 1 и 2 из популяции № 2 представлен на рисунке 3. Численное соотношение самок и самцов в выборке 1 примерно 1:1. Преобладание самок над самцами в выборке 2 свидетельствует о том, что популяция находится в стадии активного размножения.

Таким образом, анализируя соотношение полов в двух выборках из популяции №2,

следует отметить отсутствие негативного воздействия антропогенных факторов на исследуемую популяцию насекомых.

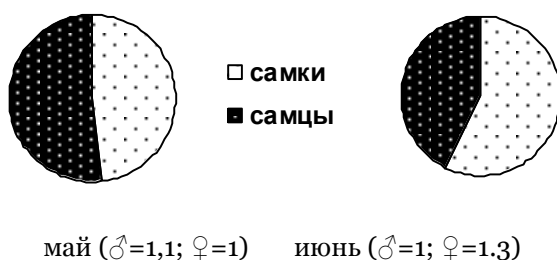
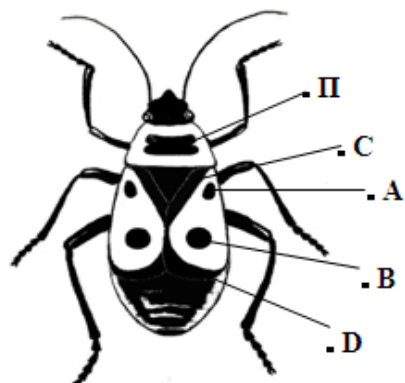


Рис. 3. Соотношение самок и самцов клопа-солдатика в выборке из популяции № 2, %

Меланизированный рисунок спинной части покрова клопа-солдатика состоит из рисунка переднеспинки - элемент П и рисунка надкрылий - элементы А, В, С, D (рис. 4). Изучение вариаций рисунка покрова клопа-солдатика проводилось согласно ранее разработанной методике [5]. В исследуемом выборочном материале проанализированных популяций присутствуют



особи с асимметричным меланизированным рисунком надкрылий. По каждой выборке рассчитана средняя частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного покрова клопа-солдатика (далее ЧА). Используя шкалу, разработанную Хорольской Е.Н., и данные ЧА, можно определить уровень антропогенного воздействия на биогеоценозы [8].

Рис. 4. Внешний вид клопа-солдатика: П, С, А, В, D – элементы меланизированного рисунка покрова [по: 8]

На рисунке 5 представлены показатели асимметрии элементов меланизированного покрова клопа-солдатика, полученные в результате обработки материала выборки 1.

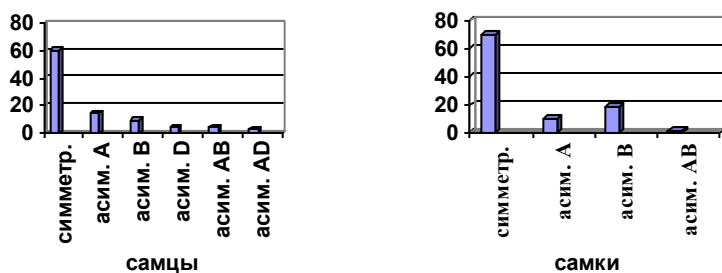


Рис. 5. Соотношение особей с разными типами рисунка покрова в выборке 1 из популяции №1, %

Средняя частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного покрова клопа-солдатика в выборке 1 из популяции №1 равна 0.0500 – условная норма асимметричного проявления признака.

В выборке 2 также присутствуют особи с асимметричным меланизированным рисунком надкрылий (рис. 6).

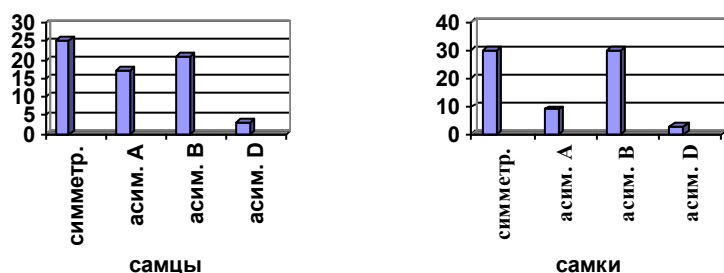


Рис. 6. Соотношение особей с разными типами рисунка покрова в выборке 2 из популяции №1, %

Средняя частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного покрова клопа-солдатика в выборке 2 из популяции №1 равна 0.0429 – условная норма асимметричного проявления признака.

В исследуемом выборочном материале присутствуют особи с асимметричным меланизированным рисунком надкрылий (рис. 7).

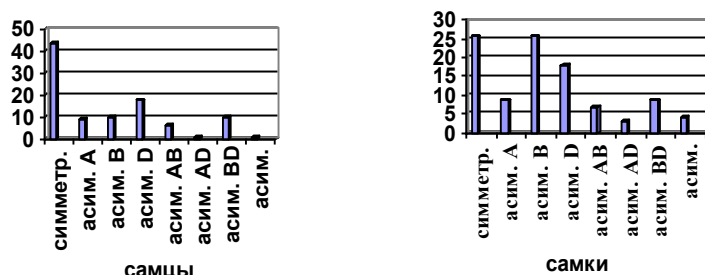


Рис. 7. Соотношение особей с разными типами рисунка покрова в выборке 1 из популяции №2, %

Средняя частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного покрова клопа-солдатика в выборке 1 из популяции №2 равна 0.0914 – слабый уровень АВ.

В выборке 2 присутствуют особи с асимметричным меланизированным рисунком надкрылий (рис. 8).

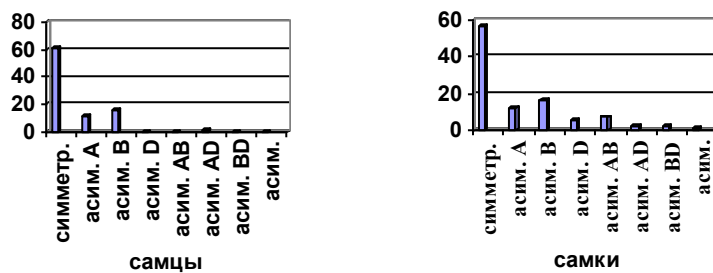


Рис. 8. Соотношение особей с разными типами рисунка покрова в выборке 2 из популяции №2, %

Средняя частота асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного покрова клопа-солдатика в выборке 2 из популяции №2 равна 0.1020 – слабый уровень АВ.

При анализе меланизированного рисунка надкрылий на индивидуальном уровне использовали интегральный показатель стабильности развития – среднюю частоту асимметричного проявления признака. Данный показатель вычисляют по формуле [9]:

$$ЧА = \sum X_i / n,$$

где X_i – число асимметричных признаков в каждой особи, деленное на число используемых признаков; n – число особей в выборке.

Развернутый вид формулы:

$$ЧА = (1n_1/a + 2n_2/a + 3n_3/a + 4n_4/a) / n,$$

где a – число используемых признаков, равное 4; n_1, n_2, n_3, n_4 – число особей с асимметрией соответственно одного, двух, трех, четырех элементов меланизированного рисунка покрова.

При этом не учитывают вариационные различия между элементами надкрылий, а определяют лишь сам факт асимметрии, несходства элементов меланизированного рисунка покрова клопа-солдатика. За счет этого устраняется возможное влияние отдельных сильно уклоняющихся вариантов.

Информация, получаемая при анализе уровня формирования признаков методом флуктуирующей асимметрии, отражает уровень стабильности индивидуального развития в целом.

Обобщение полученных данных свидетельствует о том, что на момент проведения исследования, адаптационная стратегия популяции, обитающей на территории, прилегающей к установке по производству лизина, определила состояние исследуемых насекомых, соответствующее слабому уровню антропогенного воздействия.

Популяция №2 подвергалась единичным кратковременным антропогенным стрессам, обусловленных начальным этапом строительных работ (возрастание шумовой нагрузки, усиление загрязнения среды выхлопными газами, в связи с активизацией транспортного движения). Действие данных факторов, как известно, приводит к незначительным обратимым нарушениям стабильности развития. Данное обстоятельство позволяет охарактеризовать экологическое состояние проанализированной территории расположения опытно-экспериментальной установки по производству лизина Шебекинского района, как территории, испытывающей слабый уровень антропогенного воздействия.

Полученные данные значимы для дальнейшего мониторинга среды, направленного на отслеживание изменений показателей биоиндикационных признаков в популяции клопа-солдатика, обитающей на территории размещения биотехнологического завода и опытно-экспериментальной установки после ввода их в эксплуатацию и начала выпуска лизина.

Заключение

В ходе проведенного исследования с использованием методов биоиндикации получены отправные данные по экологическому состоянию территории размещения строящегося биотехнологического завода и запущенной в действие опытно-экспериментальной установки. Полученные данные позволяют охарактеризовать степень антропогенной нагрузки строительных работ на проанализированную территорию как низкую, не нарушающую стабильного развития изучаемой популяции клопа-солдатика. Сравнительный анализ показателей половой структуры и значений ЧА, полученных в результате проведенного исследования, показал, что на данном этапе исследования значения средней частоты асимметричного проявления вариаций элементов меланизированного рисунка надкрылий являются более чувствительным монито-



ринговым показателем, по сравнению с соотношением разнополых особей в популяции клопа-солдатика. Авторы полагают, что в ходе дальнейших работ в период с 2013 по 2015 гг., с анализом выборок материала из популяций, обитающих на территориях, принятой за условную норму и размещения завода и экспериментальной установки по производству лизина, будет уточнена методика использования динамики половой структуры модельного объекта (клопа-солдатика) для ведения экологического мониторинга состояния среды.

Список литературы

1. Пат. 2304771 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/24. Способ биоиндикации среды / Батлутцкая И.В.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный университет». – №2005124084/13, заявл. опубл. 10.02.2007.
2. Пат. 2329501 Российская Федерация, МПК G 01 N 33/24. Способ биоиндикации среды / Батлутцкая И.В., Хорольская Е.Н., Глотов В.А.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Белгородский государственный университет». – № 2006140295/13; заявл. 16.11.2006; опубл. 20.07.2008.
3. Злотин А.З., Бойчук Ю.Д., Сквороды Г.С. Энтомологический мониторинг // Биология в школе. – 1998. – №1. – С. 14–15.
4. Денисова А.А., Христофорова Т.И. Биоиндикация загрязнения окружающей среды на основе изучения фенетической изменчивости модельных видов рода *Chrysopa* // Фенетика природных популяций: Материалы IV Всесоюз. совещ., Борок, нояб. 1990 г. – М., 1990. – С. 69–70.
5. Батлутцкая И.В., Хорольская Е.Н., Глотов В.А. Практикум по общей, физиологической и экологической генетике: учеб.-метод. пособие. – Белгород: БелГУ, 2009. – 144 с.
6. Брехов О.Г. Соотношение полов и размеры самцов и самок плавунца *Laccophilus piceus* Klug, 1834 в водоемах Волгоградской области как показатель антропогенной нагрузки // Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования. – Чита, 2001. – С. 478–479.
7. Маканина О.А. Особенности половой структуры популяций клопа-солдатика (*Purghocoris artemis* L.) из различных биотопов Белгородской области: Автореф. дис... канд. биол. наук. – Белгород, 2011. – 20 с.
8. Хорольская Е.Н. Биологическая оценка условий сельскохозяйственных угодий с использованием *Purghocoris artemis* L. // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: Тр. II Междунар. науч.-практ. конф. мол. ученых. РАСХН. Сиб. отд.-ние. – Новосибирск, 2006. – С. 113–117.
9. Егорова Л.В. Рекреационный пресс и флуктуирующая асимметрия обыкновенной бурозубки // Научные ведомости, серия Экология. – Белгород, 2005. – №1 (21). Вып. 3. – С. 44–48.

VARIABILITY BIOINDICATIVE SIGNS BUG-SOLDIER IN MONITORING IN LOCATION EXPERIMENTAL INSTALLATION FOR LYSINE PRODUCTION IN SHEBEKINO DISTRICT, BELGOROD REGION

**I.V. Batlutskaya,
O.A. Makanina,
L.A. Sorokotyagina,
E.A. Prokhorova**

*Belgorod State National Research University,
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

E-mail: bat@bsu.edu.ru

Comparative analysis is given for information-significant performance indicators indication of a bug-soldier of populations exposed to varying level of anthropogenic load. As a thumbnail signs of bug-soldier were used previously proposed: variability of elements меланизированного picture cover bug-soldier and sex ratio. Calculated frequency of asymmetric manifestations of variations of the elements of меланизированного drawing bug-soldier. The analyzed data on asymmetry elements меланизированного picture cover bug-soldier and sex ratio in each sample allowed us to describe the ecological state of the territory of the factory under construction in the immediate vicinity of which the current population model object. Results can be viewed as a baseline for further systematic monitoring of the environment from the moment of input of factory in operation and the beginning of the biotechnological production of lysine.

Keywords: indicative signs, asymmetry, gender composition, anthropogenic impacte.

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ИНСЕКТИЦИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ СЛОЯХ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ

Л.К. Каменек, А.Н. Кашицин

Ульяновский государственный университет, Россия, 432017, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, д. 42

E-mail: kameneklk@mail.ru, uladres@mail.ru

Целью данного исследования было изучить влияние инсектицидов созданных на основе *Bacillus thuringiensis* (Дельта и Лепидоцид) и химического инсектицида Актара на почвенную мезофауну в различных слоях почвенного профиля. Показано, что препарат Актара негативно влияет на численность всех групп почвенных беспозвоночных во всем изученном нами почвенном профиле. Действие препаратов созданных на основе *Bacillus thuringiensis* влияет на численность отдельных групп почвенных беспозвоночных в верхнем слое через 10 дней после обработки, но через 30 дней их численность полностью восстанавливается.

Ключевые слова: почвенная мезофауна, инсектициды, биоинсектициды, *Bacillus thuringiensis*, препарат Дельта.

Введение

Из литературных данных известно разрушительное воздействие химических пестицидов на почвенную биоту [1]. В зоне умеренного климата основное количество токсикантов в большинстве случаев локализуется в слое 0–30 см [2]. Именно в этом слое сосредоточена и основная масса почвенных беспозвоночных. Негативное воздействие химических инсектицидов заключается в том, что они оказывают влияние не только на объект регуляции численности, но и на другие живые организмы – имеют высокую токсичность, снижают численность и обедняют видовой состав энтомофауны, вызывают появление резистентных популяций фитофагов и создают опасность длительного воздействия на живую природу [3]. Взаимодействие пестицидов с почвенными организмами выражается в форме двух основных процессов: 1) токсического действия ксенобиотиков, как физиологически активных соединений на микрофлору, проявляющееся в нарушении механизма синтеза ферментов, замедлении и остановке метаболизма, задержке роста и развития; 2) микробиологической трансформации и разложения ксенобиотиков [4]. Сохранение почвенного плодородия не возможно без сохранения почвенных беспозвоночных. Это признают во всем мире, поэтому проблемы экологии обитающих в почве беспозвоночных животных не раз являлись предметом обсуждения ученых во многих странах мира.

Актуальность поиска новых экологически безопасных, эффективных, экономически выгодных пестицидов для сельского хозяйства с каждым годом растет. Биологические средства защиты растений являются удачной альтернативой в решении этой проблемы. Наибольший интерес в этом отношении представляет спорообразующая грамположительная бактерия *Bacillus thuringiensis*, являясь естественным компонентом микрофлоры почв, характеризуется высокой эффективностью, избирательностью действия и сравнительной безопасностью для теплокровных животных. На сегодняшний день препараты, содержащие спорово-кристаллические комплексы *B. thuringiensis*, занимают 90–95% рынка биоинсектицидов [5]. Инсектициды на основе этого вида бактерий уже зарекомендовали себя как эффективные и безвредные средства регуляции численности ряда насекомых-фитофагов, являющихся вредителями сельского и лесного хозяйства.

Объекты и методы исследования

Исследование проводили в 2011 году на территории Ульяновской области. В работе использовали следующие инсектициды.

Актара – инсектицид кишечного-контактного действия, обладает трансламинарной активностью. Благодаря способности перераспределения по листу и передвижению по ксилеме, Актара хорошо подавляет цикадок, тлей, белокрылок, некоторых видов щитовок и ложнощитовок, жуков и других насекомых [6].

Лепидоцид – бактериальный инсектицидный препарат (суспензионный концентрат) кишечного действия, эффективность которого проявляется только при попадании внутрь насекомого при его активном питании на растении. Применяют для защиты сельскохозяйственных культур от гусениц чешуекрылых насекомых-вредителей [7].



Дельта – (действующее вещество очищенный дельта-эндотоксин *Bacillus thuringiensis*). Благодаря высокоспецифичному взаимодействию с соответствующими рецепторами токсин поражает насекомых лишь нескольких родственных видов, являясь безвредным для других членистоногих и прочих организмов. В составе препарата очищенный и активированный дельта-эндотоксин (не содержит спор, бактериальных оболочек и т. п.), а также активаторы, прилипатели, стабилизаторы рабочей суспензии. Препарат Дельта применяется в форме смачивающегося порошка с нормой расхода 0,07 кг/га. Эффективность применения находится на одном уровне с химическими инсектицидами [8].

Полевые испытания проводились на 13 учетных делянках площадью по 63 м². Контрольную делянку не обрабатывали. Для обработки делянок использовали препараты: Дельта (с нормой расхода 50, 20, 10 и 5 мг/м²), Лепидоцид (с нормой расхода 300, 200, 100 и 50 мг/м²) и Актара (с нормой расхода 50, 20, 10 и 5 мг/м²). Обработку проводили ранцевым опрыскивателем ОП 207 «ЖУК».

Учеты почвенных беспозвоночных проводили через 3, 10 и 30 дней после обработки. Пробы с каждой делянки брали в 5 точках, выбранных рандомизированно. Пробы отбирали методом почвенных раскопок путем вырезания фрагмента почвы длиной 1 м, шириной 0,5 м и глубиной 20 см и просеивания почвы на ситах с диаметром ячеек 2,0 и 5,0 мм. Для определения влияния пестицидов в разных слоях почвы раскопки проводились послойно: верхний слой – от поверхности почвы до 5 см глубиной, второй слой – от 5 до 20 см. Определение принадлежности беспозвоночных к таксономической группе проводили по определителям М.С. Гилярова [9] и Н.Н. Плавильщикова [10]. Собранный материал подвергали статистической обработке с помощью типовых программ Microsoft Office.

Результаты и их обсуждения

В результате почвенного обследования были обнаружены беспозвоночные животные, принадлежащие типам Членистоногие (Arthropoda) и Кольчатые черви (Annelida). В типе Членистоногие изучены представители, относящиеся к классам: Паукообразные (Arachnida), Многоножки (Myriapoda) и Насекомые (Insecta). В классе Насекомые были выделены следующие отряды: Равнокрылые (Homoptera), Полужесткокрылые (Hemiptera), Перепончатокрылые (Hymenoptera), Двукрылые (Diptera) и Жесткокрылые (Coleoptera). Отряд Жесткокрылые включал семейства: Жужелицы (Carabidae), Стафилиниды, (Staphylinidae), Щелкуны (Elateridae), Долгоносики (Curculionidae) и Пластинчатоусые (Scarabaeidae).

На рисунке 1 представлено распределение почвенных беспозвоночных в почвенном профиле на 10-й день исследования. Все обнаруженные группы беспозвоночных присутствуют в обоих слоях. В верхнем слое находится большая часть представителей семейств Жужелицы, Долгоносики и Перепончатокрылые. Среди дождевых червей, многоножек, пластинчатоусых и двукрылых более 65% представителей находятся в нижнем слое. Можно предположить, что влияние пестицидов будет более сильно проявляться на беспозвоночных, обитающих в верхнем слое почвы.

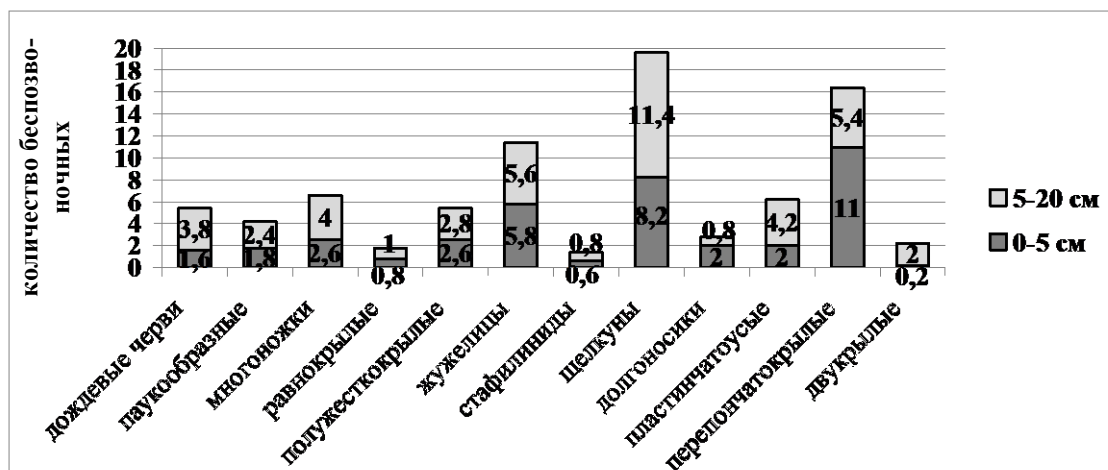


Рис. 1. Распределение по слоя почвенных беспозвоночных на контрольной делянке на 10-й день исследования

На рис. 2 представлено в процентах общее количество почвенных беспозвоночных в верхнем слое на различных делянках. При анализе результатов раскопок были выявлены раз-

личия в распределении почвенной мезофауны по слоям между обработанными делянками. Полученные данные показывают, что на участках обработанных препаратом Дельта и Лепидоцид по сравнению с контролем отклонение в количестве почвенных беспозвоночных составляет не более 4%.

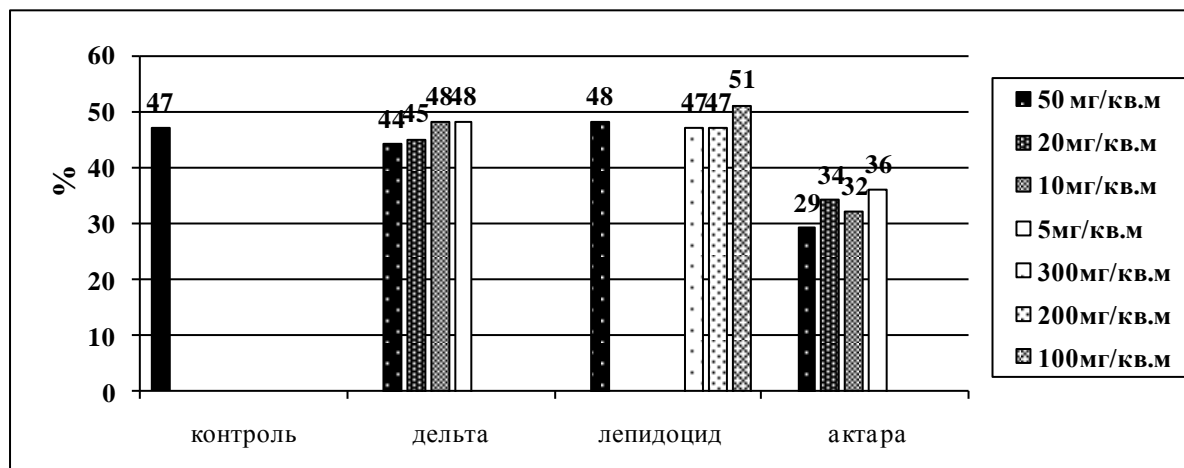


Рис. 2. Количество почвенных беспозвоночных в почвенном слое от 0 до 5 см в процентах от общего числа

Обработка биологическими инсектицидами вызывала снижение численности дождевых червей, долгоносиков, пластинчатоусых и двукрылых. Количество дождевых червей на участке, обработанном препаратом Дельта в норме расхода 50 мг/м², достоверно снизилось в верхнем слое на 50%, при этом в нижнем слое их численность снизилась незначительно – всего на 5%. Количество представителей семейства Долгоносики (50% от контроля) и Пластинчатоусые (20% от контроля) достоверно снизилось в верхнем слое участков, обработанных максимальной концентрацией препарата Дельта. В нижнем слое на участках, обработанных препаратом Дельта, различия с контролем были выявлены лишь в отряде Двукрылые, представители которого не обнаружены на данных участках.

В верхнем слое на участках, обработанных Лепидоцидом нормой расхода 300, 100 и 50 мг/м², достоверно снизилась численность дождевых червей на 50%, 72.5% и 37.5% соответственно. В нижнем слое достоверное снижение их численности зафиксировано только на первом из этих участков. На участке, обработанном нормой расхода 200 мг/м², достоверно снизилось количество долгоносиков (40% от контроля). По всем остальным группам на участках, обработанных инсектицидом Лепидоцидом, достоверных различий не обнаружено.

Инсектицид Актара значительно изменял структуру распределения почвенных беспозвоночных по сравнению с контролем. Если в контроле 47% беспозвоночных находится в верхнем слое, то на участках, обработанных химическим инсектицидом, от 29% до 36% в зависимости от нормы расхода препарата. Большая часть инсектицида Актара на 10-й день после обработки сконцентрировалась в слое от 0 до 5 см. На участках, обработанных инсектицидом Актара, количество почвенных беспозвоночных в верхнем слое достоверно ниже контроля на всех делянках. На участках, обработанных нормой расхода 50 мг/м² и 20 мг/м², во всех выделенных нами группах количество беспозвоночных достоверно снизилось. Обработка данными нормами расхода привела к снижению количества почвенных беспозвоночных в следующих группах: класс Насекомые (50.6% и 61.2% от контроля); отряды Полужесткокрылые (7% и 21% от контроля), Двукрылые (0% и 10% от контроля) и Жесткокрылые (50% и 58.8% от контроля); семейства Щелкуны (43.9% и 52.6% от контроля) и Долгоносики (0% и 25% от контроля).

Обработка с нормой расхода 10 мг/м², приводила к снижению численности почвенных беспозвоночных в верхнем слое в большинстве групп, при этом в нижнем слое достоверные различия с контролем зафиксированы в классе Насекомые (75.3% от контроля), отряде Двукрылые (10% от контроля) и в семействе Щелкуны (59.6% от контроля). Обработка с нормой расхода 5 мг/м² вызывала снижение численности почвенных беспозвоночных в большинстве групп в верхнем слое, при этом в нижнем слое количество беспозвоночных достоверно снизилось только в отряде Двукрылые (20% от контроля).

На рисунке 3 представлено распределение почвенных беспозвоночных в почвенном профиле на 30-й день после обработки. Все обнаруженные группы беспозвоночных присутствуют в обоих слоях, кроме представителей семейства Пластинчатоусые. В верхнем слое нахо-



дится большая часть только представителей семейства Перепончатокрылые, представители остальных групп большей частью располагаются в нижнем слое.

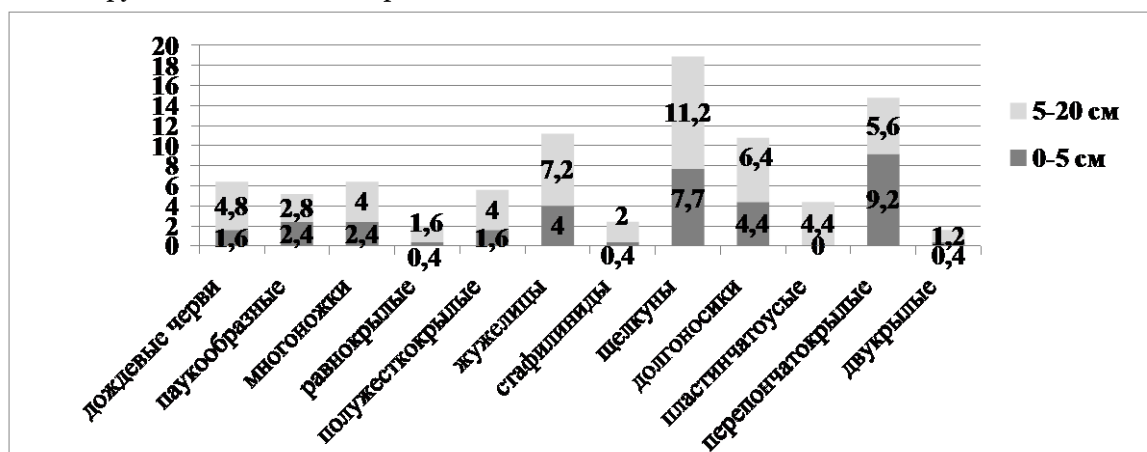


Рис. 3. Распределение по слоям почвенных беспозвоночных на контрольной делянке на 30-й день исследования

Анализируя и сравнивая результаты отбора проб на 10-й и 30-й день, следует отметить снижение численности почвенных беспозвоночных в верхнем слое и увеличение в нижнем. На 10-й день исследования на контрольной делянке 47% всех беспозвоночных находились в верхнем слое, а на 30-й день этот показатель стал равен 38%. Возможно, это связано с сезонными изменениями или погодными условиями – уменьшение количества осадков.

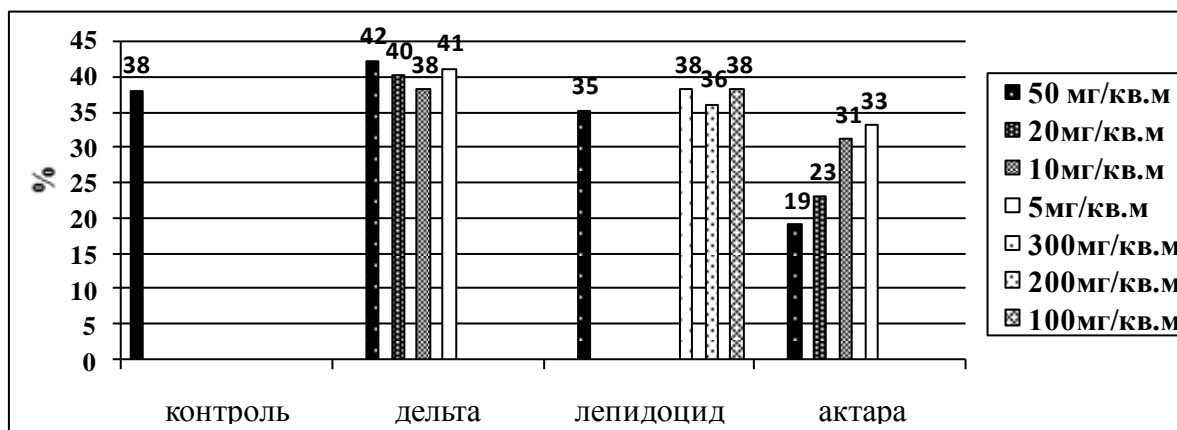


Рис. 4. Количество почвенных беспозвоночных в почвенном слое от 0 до 5 см в процентах от общего числа

Данные, представленные на рисунке 4, показывают, что на участках, обработанных препаратами Дельта и Лепидоцид, по сравнению с контролем отклонения в количестве почвенных беспозвоночных составляют не более 4%, также как и во время отбора проб на 10-й день. На данных участках статистически значимые различия ни для одной группы почвенных беспозвоночных выявлены не были.

Обработка инсектицидом Актара вызывала снижение почвенных беспозвоночных в верхнем слое по сравнению с контролем. На делянках, обработанных нормой расхода 50 мг/м², количество почвенных беспозвоночных составляет 7.6 экз./м² (22.1% от контроля), нормой расхода 20 мг/м² – 11.6 экз./м² (33.7% от контроля), нормой расхода 10 мг/м² – 18 экз./м² (52.3% от контроля), нормой расхода 5 мг/м² – 23.6 экз./м² (68.6% от контроля).

В нижнем слое влияние инсектицида Актара выявлено для всех участков, но снижение численности не столь значительно. На делянках, обработанных нормой расхода 50 мг/м², количество почвенных беспозвоночных составляет 32.4 экз./м² (58.7% от контроля), нормой расхода 20 мг/м² – 38 экз./м² (68.8% от контроля), нормой расхода 10 мг/м² – 41 экз./м² (74.3% от контроля), нормой расхода 5 мг/м² – 48.4 экз./м² (87.7% от контроля). На делянках, обработанных концентрацией 50 мг/м², в нижнем слое не выявлено достоверного влияния на следующие группы беспозвоночных: дождевые черви, паукообразные, многоножки, перепончатокрылые. На делянках, обработанных концентрацией 20 мг/м² и 10 мг/м², в нижнем слое не выявлено влияния

на следующие группы беспозвоночных: дождевые черви, паукообразные, многоножки, перепончатокрылые и пластинчатоусые. Обработка в норме расхода 5 мг/м² в нижнем слое не оказывала влияния на следующие группы беспозвоночных: дождевые черви, паукообразные, многоножки, перепончатокрылые и равнокрылые, стафилиниды, долгоносики и пластинчатоусые.

Заключение

В верхнем слое почвенного профиля через 10 дней после обработки инсектицидом Дельта в норме расхода 50 мг/м² выявлено снижение численности дождевых червей и долгоносиков на 50%, пластинчатоусых – на 80% относительно контроля. Обработка инсектицидом Лепидоцид в норме расхода 300 мг/м² через 10 дней после обработки вызывала снижение количества дождевых червей в верхнем слое на 50% и нижнем – на 60% относительно контроля. Обработка Лепидоцидом в норме расхода 200 мг/м² через 10 дней после обработки вызывала снижение численности долгоносиков в верхнем слое на 40%. В верхнем и нижнем слое через 30 дней после обработки биологическими инсектицидами численность почвенных беспозвоночных полностью восстановилась и достигла контрольных значений.

В верхнем слое, количество беспозвоночных через 10 дней после обработки препаратом Актара достоверно ниже контроля на 43–76%, в зависимости от нормы расхода, а через 30 дней после обработки – на 31–78%. В нижнем слое также наблюдается снижение численности беспозвоночных через 10 дней после обработки на 11–47%, а через 30 дней – на 12–41% относительно контроля в зависимости от нормы расхода инсектицида. Через 10 дней после обработки на делянках, обработанных нормой расхода 5 мг/м², не выявлено достоверного влияния на почвенных беспозвоночных, но через 30 дней после обработки было выявлено снижение численности полужесткокрылых, жуужелиц, долгоносиков и шелкоунов. Возможно, это связано с миграцией и концентрацией инсектицида в нижнем слое почвенного профиля.

Таким образом, проведенные исследования показали, что химический препарат Актара негативно влияет на численность всех групп почвенных беспозвоночных во всем изученном нами почвенном профиле, при этом его влияние ослабевает с глубиной. Действие препаратов, созданных на основе *Bacillus thuringiensis*, влияет на численность отдельных групп почвенных беспозвоночных в верхнем слое через 10 дней после обработки, но через 30 дней их численность полностью восстанавливается.

Список литературы

1. Balanca G., Visscher M. Effects of very low doses of fipronil on grasshoppers and non-target insects following field trials for grasshopper control // Crop Protect. – 1997. – Vol. 16. – №6. – P. 553.
2. Овчинникова М.Ф. Химия гербицидов в почве. – М.: МГУ, 1987. – 109 с.
3. Райс Э. Природные средства защиты растений от вредителей. – М.: Мир, 1986. – С. 26–48.
4. Волгина Т.Н., Новиков В.Т., Регужева Д.В. Пути распространения пестицидов в объектах окружающей среды // Региональные проблемы. – 2010. – Т. 13. – №1. – С. 76–81.
5. Вершинина В.И., Алимова Ф.К. Продукты на основе микробной биомассы // Микробная биотехнология. – Казань: Унипресс: ДАС, 2000. – С. 125–200.
6. Сборник методических указаний МУК 4.1.1142-02. – М., 2004. – 10 с.
7. Лепидоцид концентрированный. ТУ 64-15-03-87. – М., 1987. – 33 с.
8. Каменек Л.К., Лоснов М.Е. Микробиологический препарат Дельта-2 и его эффективность в сравнении с препаратами химической природы // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 3 – С. 72–72.
9. Гиляров М.С. Определитель обитающих в почве личинок насекомых. – М.: Наука, 1964. – 921 с.
10. Плавильщиков Н.Н. Определитель насекомых. – М.: Топикал, 1994. – 544 с.

ECOLOGICAL ASSESSMENT OF INFLUENCE OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL INSECTICIDES IN VARIOUS LAYERS OF THE SOIL PROFILE

L.K. Kamenek, A.N. Kashitsin

Ulyanovsk State University, Lev Tolstoy St., 42, Ulyanovsk, 432017, Russia

E-mail: kameneklk@mail.ru, uladres@mail.ru

The objective of this research was to study influence of insecticides created on the basis of *Bacillus thuringiensis* (The Delta and Lepidotsid) and Aktara chemical insecticide on soil mesofauna in various layers of soil profile. It is shown that Aktara preparation negatively influences the number of all groups of soil invertebrates in all soil profile studied by us. Action of preparations created on the basis of *Bacillus thuringiensis* influences the number of separate groups of soil invertebrates in the top layer within 10 days after processing, but after 30 days their number is completely restored.

Keywords: soil mesofauna, insecticides, bioinsecticides, *Bacillus thuringiensis*, preparation Delta.



УДК 619:636.4:615.33:615.015

ФАРМАКОКИНЕТИКА «БИОФРАДА» В ОРГАНИЗМЕ ПОРОСЯТ¹

**В.Д. Буханов¹, А.И. Везенцев¹,
Н.П. Зуев², Г.В. Фролов¹, С.Н. Зуев²,
А.А. Шапошников¹**

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

*Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина,
308503, Белгородская область,
Белгородский район, п. Майский,
ул. Вавилова, 1.*

*E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru;
buchanov@bsu.edu.ru, frolov@bsu.edu.ru*

В данной статье излагается фармакокинетика антибактериального препарата «Биофрад» (основой которого является тилозин) в органах и тканях свиней. В результате проведенных исследований выявлено, что тилозин быстро всасывается в кровь, распределяется в органах и тканях поросят достигая максимального уровня через 3-6 часов после его энтерального введения с кормом. Использование «Биофрада» в сочетании с монтмориллонит содержащей глиной повышает концентрацию тилозина в фекалиях поросят, более чем в три раза, по сравнению с применением его без сорбента.

Ключевые слова: Фармакокинетика, «Биофрад», монтмориллонит содержащая глина, гистология, концентрация, дизентерия, действующее вещество

Введение

Известно, что терапевтический эффект любого препарата во многом зависит от его тропности и интенсивности проникновения в различные органы и ткани, а также уровня концентрации в организме животного, срока выведения или инактивации и от состояния иммунобиологического статуса макроорганизма. Исследования позволяющие выявить особенности всасывания, распределения, метаболизма и выведения лекарственных средств представляют огромный научный-практический интерес, так как на основании полученных данных разрабатываются рекомендации по их рациональному использованию.

Согласно современным данным ряда исследователей по срокам выдержки животных до убоя после использования препаратов тилозина нет единых рекомендаций, что свидетельствует о недостаточной изученности данной проблемы. К тому же, в доступной литературе почти отсутствуют сведения Фармакокинетики тилозина, входящего в состав комбинированных препаратов [1-3].

К таким препаратам относится «Биофрад» В предыдущих экспериментах была установлена совместимость его составляющих ингредиентов и их бактериостатическое действие, а также эффективность «Биофрада» при дизентерии свиней и пневмониях инфекционной этиологии [4-8]. Этим болезням свойственно скрытое микробоносительство, характеризующееся перманентностью неблагополучия стада наряду с манифестным проявлением, легко улавливаемым эпизоотологическими, клиническими и лабораторными методами диагностики. Основой в создании «Биофрада» служил фразидин, а составляющим компонентом являлся биовит-120 и в качестве наполнителя – обогащённая монтмориллонитсодержащая глина. Терапевтическая доза биофрада по действующему веществу (ДВ) составляет 10 мг/кг массы тела, т.е. по 5 мг/кг ДВ каждого химиотерапевтического ингредиента, входящего в состав композиции, в которой обогащённая монтмориллонитовая глина присутствует в качестве сорбционно-минеральной добавки из расчёта 300 мг/кг живой массы тела. Производство фразидина освоено Бердским биохимическим заводом. Фразидин представляет собой техническую форму антибиотика тилозина. Тилозин является антибиотиком сугубо ветеринарного назначения и находит широкое применение во многих странах мира в целях улучшения эффективности животноводства. Он обладает хорошим лечебно-профилактическим спектром при различных заболеваниях, стимулирует рост животных, повышает усвоение корма.

Исходя из вышеназванных проблем, выяснение особенностей фармакокинетики «Биофрада» в организме свиней является одной из главных составляющих фармакологии, позволяющей решить поставленные вопросы.

¹ Работа выполнена при поддержке государственного задания: № 4.3392.2011 от 18.01.2012г.

Целью данной работы служило: изучение влияния «Биофрада» на морфофункциональные характеристики внутренних органов свиней при его энтеральном применении, а также выяснение особенностей его фармакокинетики в организме свиней.

Материал и методы исследований

Руководствуясь тем, что базовым антибактериальным препаратом в составе «Биофрада» являлся тилозин, в организме свиней (в биологических субстанциях), при выяснении особенностей фармакокинетики «Биофрада» спектрофотометрическим методом (на спектрофотометре СФ-16), учитывали только концентрацию ДВ тилозина. В опыте было 15 поросят, которым в течение 7 суток давали «Биофрад» с кормом (в дозе 10 мг/кг массы тела), но без сорбента. После 7-суточного назначения препарата, с целью получения необходимых проб, поросят убивали (по три головы) через 3, 6, 12, 24 и 48 часов. По содержанию тилозина в пробах судили о всасывании, распределении и выведении препарата из организма поросят.

В следующем опыте 15 поросят в течение 7 суток с кормом употребляли «Биофрад» (в дозе 10 мг/кг массы тела) в сочетании с сорбентом (обогащённая монтмориллитовая глина в дозе 300 мг/кг массы тела). У этих животных исследовали только сыворотку крови и кал в тех же интервалах времени, что и в предыдущем эксперименте. Пробы крови получали из краниальной полой вены.

Результаты проведенных исследований по выяснению фармакокинетики «Биофрада» в организме свиней без сорбента и в сочетании с ним свидетельствуют, что основное действующее вещество – тилозин, входящий в состав композиционного средства, обладает способностью накапливаться в органах и тканях в достаточно высоких терапевтических концентрациях (табл.).

Этот факт, несомненно, имеет огромную перспективу его использования при лечении животных, страдающих гастроэнтеритами и пневмониями инфекционной этиологии. В свою очередь, по истечении 48 часов, после прекращения скармливания препарата, тилозин регистрируется в минимальных количествах.

Таблица

Остаточные количества тилозина в тканях и органах поросят после применения «Биофрада»

Отобранная проба	Концентрация тилозина (мкг/мл, мкг/г) после применения препарата через:				
	3 часа	6 часов	12 часов	24 часа	48 часов
1	2	3	4	5	6
Концентрация тилозина после применения биофрада без сорбента (n=15)					
Печень	10.5±0.095	9.6±0.134	6.7±0.200	6.6±0.095	2.9±0.038
Почка	11.9±0.363	9.5±0.038	9.1±0.153	6.7±3.83	3.9±0.038
Селезенка	5.5±0.172	10.45±1.34	7.4±0.248	6.8±0.578	4.3±0.134
Легкие	9.5±0.115	6.5±0.191	3.2±0.038	3.23±0.15	0.9±0.095
Сердце	6.5±0.200	10.1±0.28	6.3±0.299	6.4±0.095	3.5±0.115
Мышцы	7.3±0.095	6.1±0.124	4.9±0.019	4.5±0.286	2.2±0.038
Кожа	6.9±0.095	7.5±0.153	5.11±0.15	4.5±0.153	0.9±0.076
Сыворотка крови	6.3±0.200	7.3±0.076	4.9±0.038	2.6±0.038	0.9±0.038
Желудок	11.5±0.15	7.1±0.172	5.5±0.115	4.3±0.095	2.1±0.038
Содержимое желудка	11.7±0.095	7.9±0.200	6.7±0.115	5.2±0.095	3.2±0.153
Тонкий кишечник	9.9±0.038	3.6±0.115	3.5±0.344	3.2±0.076	0.9±0.153
Толстый кишечник	7.6±0.250	8.6±0.057	5.5±0.153	5.3±0.289	2.9±0.036
Содержимое ободочной кишки	13.6±0.095	13.2±0.04	10.9±0.191	12.9±0.248	10.7±0.038
Фекалии	10.3±0.470	11.4±0.211	7.8±0.148	6.5±0.255	3.1±0.121
Концентрация тилозина после применения биофрада с сорбентом (n=15)					
Сыворотка крови	2.5±0.114	2.0±0.051	1.3±0.028	0.6±0.091	–
Фекалии	32.6±15.21	31.5±10.83	27.3±3.41	22.7±2.79	18.2±1.33

Фармакокинетика «Биофрада» без наполнителя, спустя 3-6 часов после применения, характеризуется достижением максимального уровня в органах и тканях поросят действующего вещества – тилозина. Но спустя 24-48 часов отмечается явная его элиминация.

Высокое содержание тилозина при внутреннем назначении «Биофрада» в дозе 10 мг/кг массы тела (по ДВ) сохраняется в толстом отделе кишечника и кале в течение суток, а в органах и тканях она значительно ниже и неравномерна распределяется.



В печени, по сравнению с другими органами и тканями, повышенный уровень тилозина наблюдается в течение 24 часов, что свидетельствует о выведении его из организма с желчью. Зафиксированное значительное повышение тилозина в почках указывает также на выведение его из организма и с мочой.

Достаточно высокая концентрация ДВ отмечается до 24 часов в селезенке, сердце легких, мышцах и коже.

В сыворотке крови показатель присутствия тилозина невысокий, максимальных значений он достигал в период от 3 до 6 часов.

Содержание тилозина в желудке и тонком кишечнике по сравнению с уровнем его в органах высокое, но через 48 часов оно снижается до минимума.

В толстом отделе кишечника, по сравнению с другими органами и тканями, в течение 24 часов наблюдается некоторое увеличение количества тилозина, что свидетельствует о выведении данного препарата через желудочно-кишечный тракт.

Иные результаты присутствия тилозина в сыворотке крови и в фекалиях поросят регистрируются при даче «Биофрада» с сорбентом. Так, в сыворотке крови антибиотик выявляется в низких концентрациях в течение 24 часов, но в кале уровень тилозина превышает его МПК *Brachyspira hyodysenteriae* в течение 12 часов [5]. Кроме того, содержание препарата в кале остаётся достаточно высоким в течение 48 часов. Резкое снижение количества тилозина в сыворотке крови с одновременным его повышением в фекасах объясняется сорбционными свойствами монтмориллонитсодержащей глины, препятствующей активному всасыванию антибиотика из просвета кишечника в кровь.

Выводы. Фармакокинетика «Биофрада» после внутреннего введения характеризуется тем, что ДВ - тилозин быстро всасывается из желудочно-кишечного тракта в кровь, распределяется в органах и тканях поросят, достигая максимального уровня к 3-6 часам. Наибольшие его количества в этот период регистрируются в печени, почках, содержимом ободочной кишки и фекалиях. Через 24-48 часов концентрация антибиотика в большинстве исследованных проб резко снижается. Наиболее продолжительное время он задерживается в содержимом ободочной кишки и фекалиях. Выделяется тилозин из организма свиньи в основном с мочой и фекалиями.

Использование «Биофрада» в сочетании с монтмориллонитсодержащей глиной повышает содержание тилозина в фекалиях до уровня, превышающего его МПК для *Brachyspira hyodysenteriae* (15,92±1,59 мкг/мл) в течение 12 часов.

Разработанный препарат может быть использован при профилактике расстройств функции пищеварения и лечении животных, больных гастроэнтеритами инфекционной этиологии, что позволяет снизить всасывание бактериальных токсинов, а также продуктов гнилостного распада содержимого кишечника и в значительной мере ускоряет процесс выздоровления больных животных, а также снижает их заболеваемость.

Список литературы

1. Борисова В.В. Комплексный антибактериальный препарат на основе левомицетина и тилозина (изучение токсичности, фармакокинетики и терапевтической эффективности) // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Казань, 2000. – 23 с.
2. Кожин Ю. В. Ветеринарно-санитарная оценка мяса птиц с остаточным количеством антибиотиков группы макролидов // Дис. ... канд. б. н. – Казань, 2004. – 137 с.
3. Ахламов Е.М. Фармакология технического препарата тилозина // Автореф. дис. ... канд. вет. наук. – Краснодар, 2010. – 19 с.
4. Буханов В.Д., Везенцев А.И., Зуев Н.П., Козубова Л.А., Воловичева Н.А. Комбинированные препараты для лечения дизентерии у свиней // Научные ведомости БелГУ. Серия естественные науки. – № 3 (122), Выпуск 18. – 2012. – С. 174-179.
5. Буханов В.Д., Скворцов В.Н., Панина А.В. Чувствительность и резистентность *Brachyspira hyodysenteriae* к антибактериальным препаратам // Труды ВИЭВ. – М.: Т. 76, 2010. – С.24-28.
6. Зуев Н.П., Буханов В.Д. Получение и разработка антимикробных композиций на основе тилозин содержащих препаратов // Материалы первого съезда ветеринарных фармакологов России, 21-23 июня 2007. – РАСХН ВНИВИПФиТ. – Воронеж, 2007. – С. 311-316.
7. Зуев Н.П., Шахов А.Г., Буханов В.Д. Совместимость и свойства ингредиентов при создании комбинированных тилозин содержащих препаратов // Материалы первого съезда ветеринарных фармакологов России, 21-23 июня 2007. – РАСХН ВНИВИПФиТ. – Воронеж, 2007. – С.316-319.
8. Зуев Н.П., Шахов А.Г., Буханов В.Д. Разработка антимикробных композиций на основе тилозин содержащих препаратов и изучение их профилактической и лечебной эффективности при желудочно-кишечных и респираторных болезнях животных бактериальной этиологии. Актуальные проблемы болезней молодняка в современных условиях // Материалы международной научно-практической конференции, г. Воронеж, 17-19 сентября 2008. – Воронеж: «Истоки», 2008. – С. 137-142.

“BIOFRAD’S” PHARMACOKINETICS IN THE BODY OF PIGLETS

**V.D. Bukhanov¹, A.I. Vezentsev¹,
N.P. Zuyev², G.V. Frolov¹,
S.N. Zuyev²**

¹ *Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308007, Russia*

² *V.Y. Gorin Belgorod State Agricultural Academy., Vavilova St., 1, Mayskiy Settl., Mayskiy Settl., Belgorod Reg., 308503, Russia*

*E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru;
bukhanov@bsu.edu.ru,
frolov@bsu.edu.ru*

This article describes the pharmacokinetics of the antibiotic "Biofrad" (which is based on tylosin) in organs and tissues of pigs. The studies revealed that tylosin is rapidly absorbed into the bloodstream, distributed in organs and tissues of pigs reaching a maximum level within 3-6 hours after enteral administration with food. The use of "Biofrada" in combination with montmorillonite-containing clay increases the concentration of tylosin in the faeces of pigs, more than three times as compared with the use of it without the sorbent.

Keywords: pharmacokinetics, "Biofrad", montmorillonite-containing clay, histology, concentration, dysentery, active ingredient.



УДК 619:636.4:599.323.4:591.1:615.33:616.3/4

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕТЕРИНАРНОГО ПРЕПАРАТА «БИОФРАДА» НА МОРФОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ БЕЛЫХ КРЫС И СВИНЕЙ¹

**А.И. Везенцев¹, В.Д. Буханов¹,
Н.П. Зуев², Г.В. Фролов¹,
Л.И. Науменко¹, С.Н. Зуев²**

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет, Россия, 309015,
г. Белгород, ул. Победы, 85*

*Белгородская государственная
сельскохозяйственная академия
им. В.Я. Горина, Россия, 308503,
Белгородская область,
Белгородский район, п. Майский,
ул. Вавилова, 1*

*E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru;
buchanov@bsu.edu.ru;
frolov@bsu.edu.ru*

В статье приведены сведения о влиянии терапевтического препарата «Биофрад» на многофункциональные характеристики внутренних органов белых крыс и свиней. Установлено, что 30-ти суточная энтеральная дача «Биофрада» с кормом в дозе трехкратно превышающей терапевтическую (30 мг/кг массы тела) в сочетании с монтмориллонит содержащей глиной (300 мг/кг массы тела) не оказывает негативного влияния на строение и функцию внутренних органов белых крыс и свиней, а при 7-ми суточном назначении поросятам «Биофрада» с кормом в дозе 10 мг/кг массы тела не было выявлено каких либо патологий.

Ключевые слова: «Биофрад», монтмориллонит содержащая глина, сорбционно активные материалы, тилозин, гистология органов и тканей животных.

Введение

Перманентное присутствие в антропоургической среде чрезвычайно опасных в эпизоотическом отношении зоонозов реэмерджентных возбудителей дизентерии и пневмонии свиней представляет одну из значимых проблем ветеринарной эпизоотологии. Механизмам возникновения и распространения реэмерджентных зоонозов, активации циклов их возбудителей, трафика патогенов с вектором из природных зооотических пулов в искусственно созданные биоценозы способствуют всякого рода трансформации в системах «патоген + хозяин + среда» вследствие различных обстоятельств, в числе которых основные – явления природного и/или антропогенного характера [1].

Преднамеренная и постоянно возрастающая интродукция свинопоголовья на ограниченных площадях очень часто, из-за меркантильных интересов предпринимателей, сопровождается образованием быстро развивающихся устойчивых рас микроорганизмов к антибактериальным препаратам. В процесс молниеносного увеличения резистентных бактерий в антропоургической среде вовлекаются больные животные, являющиеся более активными источниками возбудителей инфекции, чем здоровые носители, что в свою очередь оборачивается серьезным бедствием для животных, обитающих в искусственно созданной экосистеме, а нередко и для хозяйственников, несущих огромные экономические убытки. Борьба с инфекционными болезнями сельскохозяйственных животных, формирующими факторные эпизоотические процессы с эстафетной передачей возбудителя инфекции, может быть успешной только на основе знания законов и теории, по которым развиваются такие эпизоотические процессы. Применительно к каждой из них надо учитывать особенности, свойственные их эпизоотическим процессам, возбудители которых постоянно присутствуют в организме животных соответствующих видов.

Поэтому изучение этиологии и патогенеза массовых заболеваний молодняка сельскохозяйственных животных, разработка эффективных способов терапии и профилактики имеет важное народнохозяйственное значение в обеспечении населения страны качественными и экологически чистыми продуктами животноводства.

¹ Работа выполнена при поддержке государственного задания: № 4.3392.2011 от 18.01.2012 г.

Все это предполагает целенаправленное использование профилактических и лечебных средств, цикличность и ротацию их применения, разработку новых схем лечебно-профилактических обработок животных, а также создание новых соединений с потенцированным, синергидным антимикробным действием, привыкание к которым станет маловероятным. Терапевтический эффект таких препаратов значительно выше, так как индивидуальными, даже самыми современными высокоэффективными антибиотиками широкого антибактериального спектра действия бывает трудно губительно воздействовать на устойчивую к химиотерапевтическим соединениям микрофлору. Поэтому основным критерием разработки комбинированных препаратов является их фармакологическая эффективность, заключающаяся в усилении терапевтического действия созданной композиции.

Исходя из вышеназванных требований, перспективным для дальнейшего изучения является тилозинсодержащий комбинированный препарат – «Биофрад». [2].

В предыдущих экспериментах была установлена совместимость его составляющих ингредиентов и их бактериостатическое действие, а также эффективность «Биофрада» при дизентерии свиней и пневмониях инфекционной этиологии [2-6]. Этим болезням свойственно скрытое микробоносительство, характеризующееся перманентностью неблагополучия стада наряду с манифестным проявлением, легко улавливаемым эпизоотологическими, клиническими и лабораторными методами диагностики.

Основой в создании «Биофрада» служит фрадизин, а составляющим компонентом являлся биовит-120 и в качестве сорбционно активного ингредиента – обогащённая монтмориллонит содержащая глина. Фрадизин представляет собой техническую форму антибиотика тилозина. Монтмориллонит содержащие глины являются ионообменными сорбентами, поглощающими из растворов ионы одного типа, с выделением в раствор эквивалентного количества ионов другого типа. К сорбционно активным материалам относятся: активированный уголь, силикагель, оксид алюминия, диоксид кремния, различные ионообменные смолы, дибутилфталат и др.

Сорбционно активные материалы используют при профилактике и лечении ряда заболеваний для связывания метаболитов, токсинов и других веществ в пищеварительном тракте. Они снижают поступление в организм экологически вредных веществ (в том числе радионуклидов, пестицидов, ионов тяжелых металлов). С целью снижения токсической нагрузки на печень их можно применять при любом заболевании желудочно-кишечного тракта. Печень, вместо того чтобы тратить свою энергию на обезвреживание токсических продуктов внешних и внутренних, начинает вырабатывать полезные вещества – гормоны, витамины и пр., что способствует быстрому выздоровлению [2].

Целью дальнейших исследований служило: изучение влияния биофрада на морфофункциональные характеристики внутренних органов белых крыс и свиней при его энтеральном применении.

Материал и методы исследований. Действие «Биофрада» на морфофункциональные характеристики внутренних органов выясняли на двух группах белых крыс. Крысы опытной группы (5 голов) в течение 30 суток вместе с кормом получали препарат в дозе в три раза превышающей терапевтическую (30 мг/кг массы тела). Терапевтическая доза «Биофрада» по действующему веществу (ДВ) составляет 10 мг/кг массы тела, т.е. по 5 мг/кг ДВ каждого химиотерапевтического ингредиента, входящего в состав композиции, в которой обогащённая монтмориллонит содержащая глина присутствует в качестве сорбционно-минеральной добавки из расчёта 300 мг/кг живой массы тела.

Крысы контрольной группы (5 голов) были интактными и лекарств не получали. За животными в течение всего эксперимента велись клинические наблюдения, а в конце опыта крыс убивали для проведения морфологических и гистологических исследований. Внутренние органы лабораторных животных взвешивали. Гистологические исследования проведены общепринятыми методами. Полученные на микротоме срезы окрашивали гематоксилин-эозином.

Были проведены опыты на 15 поросятах, которых убивали после 7-суточной дачи «Биофрада» с кормом (в дозе 10 мг/кг массы тела), но без сорбента. С целью получения необходимых проб поросят убивали (по три головы) через 3, 6, 12, 24 и 48 часов. В эти же сроки отбирали образцы внутренних органов и тканей для гистологического исследования.

Результаты исследований. Из представленной таблицы видно, что у белых крыс под влиянием «Биофрада» происходило достоверное увеличение массы печени и почек. Также отмечалась незначительная тенденция к повышению массы сердца у опытных крыс. Полученные достоверные данные объясняются особенностью распределения и элиминации тилозина из организма опытных животных и способностью монтмориллонитовой глины защищать печень и другие органы крыс путём обезвреживания и выведения токсических продуктов (внешних и внутренних) из просвета кишечника.



Таблица

Влияние длительного применения биофрада на массу внутренних органов белых крыс

№ группы	Препарат	Доза мг/кг	Наименование органов, г				
			сердце	легкие	печень	почки	селезёнка
1	«Биофрад»	30	2.00±0.04	2.3±0.04	8.00±0.13*	1.80±0.02**	2.00±0.05
Контроль							
2	–	–	1.90±0.09	3.30±0.07**	7.50±0.03	1.60±0.04	2.40±0.12**

Примечание: * – $P < 0.05$; ** – $P < 0.01$.

В то же время у контрольных крыс отмечалось достоверное увеличение массы лёгких и селезёнки по сравнению с опытными животными. По-видимому, это различие объясняется тем, что под действием комбинированного препарата нормализуется обмен веществ, улучшается кровоснабжение сердца, и активизируются его основные функции (возбудимость, проводимость, сократимость и автоматизм). Поэтому у опытных крыс за счёт улучшения гемодинамики отсутствовали застойные явления и элементы отёчности в лёгких и селезёнке, связанные с условиями их содержания.

При макроскопическом исследовании не обнаружено изменений в анатомии и топографии внутренних органов всех подопытных крыс. У животных обеих групп головной мозг с гладким рельефом, тонкими прозрачными оболочками. На разрезе вещество мозга серовато-белого цвета. Сердце: эпикард гладкий, блестящий, венечные сосуды полнокровны, миокард буровато-красного цвета. Селезенка имеет гладкую прозрачную капсулу, на разрезе темно-вишневого цвета, эластичная. Желудок растянут, полость его заполнена содержимым, слизистая оболочка серовато-розового цвета. Поджелудочная железа имеет дольчатое строение, на разрезе серовато-желтоватого цвета. Легкие полнокровны, серовато-розовые.

В результате проведенных морфогистологических исследований также не установлено различий между контрольными и опытными группами.

Головной мозг с тонкой мягкой мозговой оболочкой и умеренно полнокровными сосудами. Нервные клетки во всех отделах представлены четко, сохраняют свои размеры и форму. Ядра нервных клеток имеют округлую, овальную и неправильную форму, соответственно отделам. Сосуды умеренно полнокровны.

Сердце: мышечные волокна с хорошо выраженной поперечной исчерченностью, обычных размеров. Миокардиоциты с четкими контурами, с богатыми хроматином ядрами, эозинофильной цитоплазмой. Межмышечная соединительная ткань развита нормально. Сосуды с тонкими стенками, умеренно полнокровные.

Почки: клубочки коркового слоя хорошо сохранены, обычных размеров. Эпителий извитых канальцев с четкими контурами, цилиндрической формы. Базальные мембраны представлены нормально. Строма без изменений, с умеренно полнокровными сосудами, с преимущественно лимфогистиоцитарными клеточными элементами.

Печень с ровной гладкой капсулой. Дольчатое строение паренхимы сохранено. Гепатоциты печеночных балок с четкими контурами, неправильной многоугольной формы, с ярко выраженной эозинофильной зернистостью. Центральные вены и межбалочные капилляры умеренно полнокровные.

Селезенка имеет нормальное соотношение красной и белой пульпы. Лимфоидные фолликулы на всем протяжении сохранены. Красная пульпа полнокровна.

В поджелудочной железе дольчатое строение сохранено. Дольки обычных размеров, разделены тонкими прослойками соединительной ткани. Клетки с четкими контурами, конусовидной и кубической формы, с обильной базофильной цитоплазмой. Островки четко представлены в виде округлой формы скопления светлых мелких клеток. В пищеводной эпителиальной выстилке сохранена и представлена многослойным плоским неороговевающим эпителием. Подлежащие оболочки (подслизистая, мышечная, серозная) обычного вида с умеренно полнокровными сосудами.

В желудке слизистая оболочка на всем протяжении сохранена, рельеф обычный. Покровный эпителий с четкими контурами, цилиндрической формы, со светлой вакуолизированной цитоплазмой. Подлежащие слои стенки желудка без видимых изменений.

В тонкой и толстой кишках слизистая оболочка сохранена на всем протяжении. Покровный эпителий с четкими контурами, представлен бокаловидными и цилиндрическими клетками с базофильной цитоплазмой. Подслизистая, мышечная и серозная оболочки стенки кишки обычного вида, с умеренно полнокровными сосудами, с преимущественно лимфогистиоцитарными клеточными элементами в составе стромы.

В лимфатических узлах четко видно более темное корковое вещество на периферии и более светлое мозговое вещество в центре. Ретикулярная ткань коркового вещества густо заполнена лимфоцитами, расположенными группами.

В мозговом веществе четко просматриваются мозговые (мякотные) тяжи и центральный синус.

В легких просвет альвеол свободный, межальвеолярные перегородки сохранены. Стенки бронхов чистые.

У всех животных эпителий желудочно-кишечного тракта, почечных канальцев, в основном, сохранен. Общая структура, а также состояние кровеносных и лимфатических сосудов вышеназванных органов соответствует нормальному морфофункциональному статусу.

При гистоисследовании органов и тканей поросят, которым в течение 7 суток скармливали «Биофрад», не установлено патологических и морфофункциональных изменений в состоянии всех компонентов слизистой и других оболочек желудочно-кишечного тракта. Также не обнаружена трансформация каких-либо специфических и соединительно-тканых структур паренхиматозных органов – печени, почек, надпочечников, селезенки, брыжеечных лимфоузлов и лёгких.

Выводы. В результате проведенных клинических наблюдений и морфогистологических исследований органов и тканей животных, получавших «Биофрад» в терапевтической (10 мг/кг по ДВ) и 3-кратно её превышающей (30 мг/кг массы тела по ДВ) дозах, в сочетании и без сочетания с монтмориллонитсодержащей глиной (300 мг/кг массы тела), не установлено патологических и морфофункциональных нарушений у опытных животных.

«Биофрад» не оказывает токсического влияния при энтеральном применении в дозах 3-кратно превышающих терапевтические.

Разработанный препарат может быть использован при профилактике расстройств функции пищеварения и лечении животных, больных гастроэнтеритами инфекционной этиологии, что позволяет снизить всасывание бактериальных токсинов, а также продуктов гнилостного распада содержимого кишечника и в значительной мере ускоряет процесс выздоровления больных животных, а также снижает их заболеваемость.

Список литературы

1. Макаров В.В. Синантропизация, ветеринарная эпидемиология и зоонозы // Ветеринарная Патология – 2011. – № 4 (38), – С. 7-18.
2. Комбинированные препараты для лечения дизентерии у свиней / В.Д. Буханов, А.И. Везенцев, Н.П. Зуев и др. // Научные ведомости БелГУ. Серия естественные науки. – 2012. – № 3 (122), Вып. 18. – С. 174-179.
3. Буханов В.Д., Скворцов В.Н., Панина А.В. Чувствительность и резистентность *Brachyspira hyodysenteriae* к антибактериальным препаратам // Тр. ВИЭВ. – М. – 2010. – Т. 76. – С. 24-28.
4. Зуев Н.П., Буханов В.Д. Получение и разработка антимикробных композиций на основе тилозин содержащих препаратов // Материалы первого съезда ветеринарных фармакологов России, 21-23 июня 2007. РАСХН ВНИВИПФиТ. – Воронеж, 2007. – С. 311-316.
5. Зуев Н.П., Шахов А.Г., Буханов В.Д. Совместимость и свойства ингредиентов при создании комбинированных тилозин содержащих препаратов // Материалы первого съезда ветеринарных фармакологов России, 21-23 июня 2007. РАСХН ВНИВИПФиТ. – Воронеж, 2007. – С. 316-319.
6. Зуев Н.П., Шахов А.Г., Буханов В.Д. Разработка антимикробных композиций на основе тилозин содержащих препаратов и изучение их профилактической и лечебной эффективности при желудочно-кишечных и респираторных болезнях животных бактериальной этиологии. Актуальные проблемы болезни молодняка в современных условиях // Материалы международной научно-практической конференции, г. Воронеж, 17-19 сентября 2008. – Воронеж: «Истоки», 2008. – С.137-142.

STUDIES OF THE EFFECT OF VETERINARY DRUG "BIOFRAD" ON MORPHOFUNCTIONAL CHARACTERISTICS OF THE INTERNAL ORGANS OF WHITE RATS AND PIGS

**Vezentsev A.I. ¹, Buhanov V.D. ¹,
Zuev N.P. ², Frolov G.V. ¹,
Naumenko L.I. ¹, Zuev S.N. ²**

¹ Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia.

² V.Y. Gorin Belgorod State Agricultural Academy., Vavilova St., 1, Mayskiy Settl., Mayskiy Settl., Belgorod Reg., 308503, Russia

E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru;
buchanov@bsu.edu.ru,
frolov@bsu.edu.ru

The article presents information on the impact of therapeutic drug "Biofrad" on multifunctional characteristics of the internal organs of white rats and pigs. It is found that 30 days enteral giving of "Biofrada" with the food at a dose three times higher than therapeutic (30 mg/kg body weight) in combination with montmorillonite-containing clay (300 mg/kg body weight) did not have a negative effect on the structure and function of internal organs of white rats and pigs, and at 7-days appointment pigs "Biofrada" with the food at a dose of 10 mg / kg body weight did not reveal any abnormalities.

Keywords: "Biofrad", montmorillonite-containing clay, sorption active material, tylosin, histology of organs and tissues of animals.



УДК 636.085:636.03:591.1

ПРОДУКТИВНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКИЙ СТАТУС ЦЫПЛЯТ – БРОЙЛЕРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ИХ ДИЕТЕ ЦИТРАТОВ И МАЛАТОВ БИОМЕТАЛЛОВ

**Н.А. Кочеткова¹, А.А. Шапошников²,
П.И. Афанасьев², Г.И. Горшков¹,
Е.А. Шенцева², Т.С. Шевченко²,
И.Н. Яковлева¹**

¹ Белгородская государственная сельскохозяйственная академия
им.В.Я. Горина, Белгородская обл.,
308503, пос. Майский
ул. Вавилова д. 1

E-mail: natalya831@yandex.ru

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 309015,
г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: Shaposhnikov@bsu.edu.ru

Приведены результаты влияния различных доз цитратов или малатов железа, марганца, цинка, меди и кобальта на рост и развитие цыплят – бройлеров, морфологический и биохимический состав крови, а так же химический состав мышечной ткани животных.

Ключевые слова: железа, марганца, цинка, меди и кобальта цитраты и малаты, цыплята – бройлеры, рост цыплят, биохимия крови и мышечной ткани.

Введение

Обмен веществ в организме птицы протекает значительно интенсивнее, чем у других видов сельскохозяйственных животных. Поэтому недостаточное поступление и усвоение микроэлементов в организм вызывает хронический комплексный микроэлементоз со всеми неблагоприятными для животных последствиями. На стадии патологического процесса наступают нарушения основных видов обмена веществ (белков, углеводов, липидов, макроэлементов), снижается резистентность организма. Животные, особенно молодняк, при этом заболевают респираторными, желудочно-кишечными и другими болезнями.

Для восполнения дефицита микроэлементов в кормах традиционно используются их неорганические производные, биодоступность которых во многих случаях низкая, так как эти соединения в желудочно-кишечном тракте связываются не только с веществами, способствующими всасыванию данного микроэлемента (белки, аминокислоты), но и образуют нерастворимые соединения (гидроокиси, фитаты), которые осаждаются на стенках кишечника или естественным путем удаляются из организма. Кроме того доказано, что серноокислые и солянокислые соли, при смешивании с витаминами ускоряют разрушение последних, поэтому микроэлементы вводят в премиксы либо в виде окисей металлов, либо в виде карбонатов и гидроокисей. Весьма перспективны органические соединения.

В связи с этим представляет интерес использование органических хелатных комплексов микроэлементов с биологически активными веществами: витаминами, аминокислотами, органическими кислотами – участниками процессов метаболизма в организме. В последнее время имеется много доказательств более высокой эффективности таких соединений в качестве источника микроэлемента и при этом усиливается эффект действия «партнёра», т.е. проявляется взаимопотенцирование компонентов комплекса. Функциональная активность таких соединений обусловлена их хелатными связями, обеспечивающими более активное участие в метаболических реакциях.

Несмотря на очевидную теоретическую и практическую обоснованность целесообразности использования комплексных соединений отдельных витаминов и микроэлементов частота применения новых витаминно-минеральных комплексов в кормлении птицы оставляет желать лучшего. Это связано с высокой стоимостью витаминов и ограниченным их производством в Российской Федерации. В связи с этим разработка новых минеральных комплексов с кислотами, участниками процессов метаболизма, в частности с лимонной и яблочной кислотой, изучение эффективности их использования в кормлении животных и птицы является актуальным.

Биометаллы в неорганической форме, попадая в организм в условиях кислой среды желудка птицы (рН 2-4), растворяясь, преобразуются в свободные катионы. На основании хи-

мического сродства катионы металлов конкурируют за анионы, а последние в случае их избытка конкурируют за катионы металлов. В желудочно-кишечном тракте при всасывании минеральных веществ и изменении кислотности содержимого меняются активность и направленность химических взаимодействий. Двух- и трёхвалентные металлы находятся в ионной форме только в кислой среде, поэтому они всасываются в желудке и верхнем отделе тонкого кишечника. При переходе в нижний отдел кишечника, в котором среда становится слабощелочной, положительно заряженные ионы металлов вступают в реакцию с отрицательно заряженными ионами и, таким образом, опять превращаются в нерастворимые соли: фосфаты, карбонаты, недоступные для всасывания. Они так же активно вступают в реакции с органическими кислотами, образуя нерастворимые и недоступные для всасывания оксалаты, фитаты и другие. Эти простые химические реакции протекают без участия ферментов и затрат энергии. В щелочной среде кишечника катион биометалла просто не может существовать сам по себе. Он находит себе «партнера» в компонентах пищи: аминокислоты, органические кислоты, некоторые витамины, белки, и в таком виде поступает в кровоток. В том случае если он свяжется с гидроксидами, сорбентами или с фитиновой кислотой, то осядет на стенках кишечника или просто выйдет из кишечника естественным путем.

Органические формы металлов могут быть в виде хелатов, лигандов и даже аналогов природных соединений, однако, также как и в случае неорганических соединений, они являются для организма чужеродными соединениями. Их действие на организм, начиная от процессов всасывания, будет зависеть от того, в виде какого соединения присутствует микроэлемент.

Поэтому, на наш взгляд, очевидно, что целенаправленное усвоение биометаллов можно гарантировать, если он будет прочно связан с хелатирующим агентом, являющимся участником процессов метаболизма: аминокислотами, некоторыми многоосновными кислотами (лимонной, глюконовой, яблочной, янтарной), витаминами (аскорбиновой, никотиновой кислотами, рибофлавином). И эффективность многих таких комплексов доказана.

Материалы и методы

В нашей работе мы исследовали производные двухвалентных катионов железа, марганца, цинка, меди и кобальта и органических кислот (лимонной и яблочной).

Синтез исследуемых соединений осуществляли действием карбонатов меди, кобальта, марганца и оксидом цинка на растворы кислот. Железа цитрат и малат получали взаимодействием сульфата железа с гидроокисью натрия, промывкой гелеобразного осадка гидроокиси железа водой в токе азота и введением гидроокиси железа в водный раствор кислоты. Исследования влияния малатов и цитратов микроэлементов на продуктивные и качественные показатели проводились при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Ross-308» с суточного до 42-суточного возраста при клеточном содержании.

При одинаковых условиях кормления, поения, содержания, были изучены эффективность применения и, главное, поиск оптимальной дозы введения железа, марганца, цинка, меди, кобальта цитратов и малатов в комбикорма цыплят-бройлеров. Провели две серии опытов. Для этого было сформировано 7 групп по 25 животных. Одна группа – контрольная, остальные группы – опытные (табл. 1). Опытные и контрольные группы птицы были укомплектованы по принципу групп-аналогов по породности, полу, возрасту, живой массе, условиям содержания и кормления.

Таблица 1

Схема опыта

Исследуемый препарат	Группа	Основной рацион (ОР):	Количество введенного микроэлемента г/т корма	
			Неорганические	Органические
1	2	3	4	5
-	Контроль	ОР (представлен комбикормами марки ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5 и ПК-6)	Железо 25.0, Марганец 100.0, Цинк 70.0, Кобальт 1.0, Медь 2.5	-
Комплекс цитратов	1	<u>Первая серия опытов</u> ОР с заменой неорганических на цитраты в дозе 75 % от ОР	-	Железо 19.0, Марганец 75.0, Цинк 53.0, Кобальт 0.75, Медь 1.9
	2	<u>ОР с заменой неорганических на цитраты в дозе 100 % от ОР</u>	-	Железо 25.0, Марганец 100.0, Цинк 70.0, Кобальт 1.0, Медь 2.5



Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
	3	ОР с заменой неорганических на цитраты в дозе 125 % от ОР	-	Железо 31.0, Марганец 125.0, Цинк 88.0, Кобальт 1.25, Медь 3.1
Комплекс малаатов	1	Вторая серия опытов ОР с заменой неорганических на малаты в дозе 75 % от ОР по	-	Железо 19.0, Марганец 75.0, Цинк 53.0, Кобальт 0.75, Медь 1.9
	2	ОР с заменой неорганических на малаты в дозе 100% от ОР	-	Железо 25.0, Марганец 100.0, Цинк 70.0, Кобальт 1.0, Медь 2.5
	3	ОР с заменой неорганических на малаты в дозе 125 % от ОР	-	Железо 31.0, Марганец 125.0, Цинк 88.0, Кобальт 1.25, Медь 3.1

Результаты исследований и их обсуждение

Одним из важнейших показателей, характеризующих интенсивность роста молодняка, является динамика его живой массы, абсолютный и среднесуточный приросты. Проведенные нами исследования показали, что различные дозы исследуемых препаратов в рационе питания цыплят-бройлеров не одинаково отражаются на интенсивности их роста (табл. 2).

Таблица 2

Влияние различных доз комплексных препаратов на рост цыплят-бройлеров

Показатели	Контроль 1 группа	Первая серия опытов (цитраты)			Вторая серия опытов (малаты)		
		Группа			Группа		
		2	3	4	5	6	7
Количество животных: в начале опыта	25	25	25	25	25	25	25
в конце опыта	22	23	23	22	23	23	21
Падеж	3	2	2	3	2	2	4
Сохранность, %	88	92	92	88	92	92	84
Средняя живая масса суточных цыплят, г	40.0 ±0.72	40.1 ±0.31	40.0 ±0.52	40.3 ±0.40	40.2 ±0.44	40.0 ±0.42	40.0 ±0.33
Средняя живая масса 1 головы в конце опыта (42 сут), г	1853.00 ±16.0	1969.74 ±17.0**	1935.90 ±17.2*	1904.90 ±17.1	956.60 ±16.4*	1943.80 ±16.1*	1934.90 ±16.5*
Среднесуточный привес, г	44.20 ±0.4	47.05 ±0.5*	46.24 ±0.6*	45.48 ±0.3	46.74 ±0.6*	46.42 ±0.3*	46.20 ±0.1**
Затраты корма кг на 1 кг привеса, к.ед.	1.92	1.82	1.85	1.89	1.82	1.84	1.87

* – $p \leq 0.05$; ** – $p \leq 0.01$.

Так, если в группе контроля этот показатель составил 88 %, то в опытных группах – 84–92%. Снижение сохранности отмечалось в группе 7 (малаты 75% дозы), а в группе 4 (цитраты 75%) она была на уровне группы контроля. В остальных опытных группах сохранность была выше на 4%.

Из таблицы мы можем видеть, что применение изучаемых препаратов привело к достоверному увеличению среднесуточного привеса во всех опытных группах на 2.0–6.0% (во 2 и 3 группах в серии опытов с цитратами и в 5 и 6 группе в опытах с малатами – $p \leq 0.05$; в 7 группе серии опытов с малатами – $p \leq 0.01$). Лучшие среднесуточные привесы живой массы отмечены у бройлеров опытных групп при снижении добавлении в комбикорм комплексных препаратов в дозах 25% дополнительно к норме (группы 2 и 5). Привес живой массы во всех группах снижается прямо пропорционально увеличению дозировки вводимых препаратов.

В этих группах отмечаются также минимальные затраты кормов на 1 кг привеса.

В оценке мясной продуктивности птицы важное значение имеет качество мяса. Включение микроэлементных препаратов в органической форме в состав комбикорма оказало заметное влияние на химический состав мышечной ткани подопытных бройлеров (табл. 3).

Таблица 3

Химический состав мышечной ткани цыплят-бройлеров, %

Показатели	Контроль	Первая серия опытов (цитраты)			Вторая серия опытов (малаты)		
		Группа			Группа		
	1	2	3	4	5	6	7
Сухое вещество	27.75 ±0.51	27.87 ±0.47	27.80 ±0.45	27.83 ±0.44	28.13 ±0.47	28.05 ±0.44	28.01 ±0.45
Сырой протеин	20.93 ±0.73	22.42 ±0.62	22.39 ±0.59	22.34 ±0.62	22.97 ±0.47	22.88 ±0.49	22.87 ±0.51
Липиды	2.51 ±0.10	2.50 ±0.12	2.52 ±0.9	2.44 ±0.11	2.62 ±0.8	2.63 ±0.10	2.61 ±0.12
Зола	1.32 ±0.05	1.40 ±0.04	1.41 ±0.05	1.45 ±0.06	1.54 ±0.05*	1.52 ±0.07	1.53 ±0.08
Оксипролин	0.22 ±0.01	0.21 ±0.01	0.20 ±0.01	0.21 ±0.01	0.20 ±0.02	0.20 ±0.01	0.21 ±0.01
Триптофан	1.03 ±0.04	1.13 ±0.05	1.14 ±0.05	1.12 ±0.05	1.21 ±0.06*	1.22 ±0.05*	1.21 ±0.06*

* – $p \leq 0.05$.

Результаты анализа химического состава мышечной ткани показали, что дополнительное введение микроэлементов в органической хелатной форме при кормлении цыплят-бройлеров способствовало увеличению содержания белка, липидов и золы в мясе бройлеров опытных групп, что свидетельствует о более интенсивном обмене белков, жиров, минеральных веществ.

Из всех питательных веществ, содержащихся в мясе, наибольшее значение имеет белок. Мы наблюдали повышение сырого протеина в мышечной массе цыплят опытных групп на 6.7-9.7%, но эти данные не подтверждаются статистической проверкой.

Усиление обмена протеина в организме опытных цыплят обеспечивает их более интенсивный рост. Но значение общего содержания белка в мясе не полностью отражает его качество.

Показателем увеличения питательной ценности мяса цыплят опытных групп является также тенденция к повышению концентрации незаменимой аминокислоты – триптофана. При этом достоверное увеличение этой аминокислоты на 17.5-18.4% отмечаем лишь в опытах с малатами биометаллов ($p \leq 0.05$).

Необходимым условием применения новых добавок в рационы сельскохозяйственных животных и птицы, является, не только выяснение их действия на продуктивность, физиологическое состояние, но и на здоровье. Наиболее лабильным показателем функционального состояния организма, быстро и точно регулирующим на достаточно сильные воздействия, является качественный и количественный состав крови (табл. 4).

Таблица 4

Морфологический состав и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров

Показатели	Контроль-ная	Первая серия опытов (цитраты)			Вторая серия опытов (малаты)		
		Группа			Группа		
	1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
Гемоглобин, г·л ⁻¹	76.03 ±3.21	79.40 ±2.62	79.30 ±3.08	80.42 ±2.91	79.86 ±2.36	82.60 ±2.86	78.32 ±3.32
Эритроциты, 10 ¹² ·л ⁻¹	2.12 ±0.04	2.26 ±0.06	2.25 ±0.03	2.27 ±0.05	2.29 ±0.07	2.28 ±0.04*	2.28 ±0.09
Лейкоциты, 10 ⁹ ·л ⁻¹	39.10 ±3.01	39.60 ±2.9	38.90 ±2.9	39.10 ±3.4	42.37 ±3.23	40.99 ±6.32	41.30 ±3.49
Общий белок, г·л ⁻¹	29.90 ±1.22	31.30 ±1.34	31.10 ±1.60	30.40 ±1.41	33.60 ±1.46	32.90 ±1.24	33.10 ±1.32
Альбумин, г·л ⁻¹	17.70 ±0.85	14.70 ±0.69	14.30 ±0.70*	14.30 ±0.67*	19.30 ±0.91	18.60 ±0.90	17.90 ±0.89
Глобулины, г·л ⁻¹	11.30 ±0.31	16.70 ±0.69**	16.30 ±0.61**	16.10 ±0.50**	14.50 ±0.46**	14.50 ±0.56**	14.10 ±0.65*
Коэффициент отношения альбумина к глобулинам	1.57	0.88	0.88	0.89	1.33	1.28	1.27

*- $p \leq 0.05$; **- $p \leq 0.01$; ***- $p \leq 0.001$



В конце опыта (через 42 дня) во всех подопытных группах отмечается тенденция к увеличению количества гемоглобина, что свидетельствует о косвенном подтверждении активирования микроэлементами процессов кроветворения, хотя увеличение гемоглобина не было столь значительным.

При включении в рацион цыплят бройлеров исследуемых микроэлементных препаратов отмечается тенденция увеличения в крови эритроцитов, при этом достоверное значение отмечено лишь в 6 группе (малаты). Количество эритроцитов увеличилось в опытных группах в сравнении с контролем на 6.1–7.5 %, что свидетельствует об улучшении гемопоэза.

Нормальное количество лейкоцитов в крови цыплят-бройлеров по мнению многих авторов составляет от 20.0 до 40.0 тыс.·мкл⁻¹. В контрольной группе этот показатель составил 39.1±3.4 тыс.·мкл⁻¹. В опытных группах количество лейкоцитов было выше на 1.71–5.70% в сравнении с контролем, что также не выходит за рамки физиологической нормы. Все различия, касающиеся содержания лейкоцитов не подтверждаются статистической проверкой.

Эксперимент показал повышение количества общего белка в сыворотке крови цыплят опытных групп, при этом в группах, получавших цитраты – оно произошло в основном за счет увеличения доли альбуминов, тогда как в опытах с малатами – за счет прироста фракции глобулинов, за счет чего снижается коэффициент соотношения фракций.

Более высокое содержание в сыворотке крови цыплят опытных групп фракции глобулинов приводит к усилению защитных функций организма цыплят этих групп и является одной из причин более высокой сохранности их поголовья.

Полученные нами в результате исследований сыворотки крови данные свидетельствуют, что под влиянием органических форм биометаллов наблюдается изменение биохимических показателей сыворотки крови, которые характеризуют интенсивность белкового обмена организма цыплят. Были выявлены преимущества опытных групп по сравнению с контролем.

Включение этих соединений микроэлементов в рационах цыплят-бройлеров позволяют увеличить продуктивность птицы на 2.0–6.0%. У цыплят-бройлеров опытных групп использование комбикорма на единицу прироста было ниже на 1.6–5.2%, что подтверждается результатами опыта.

Заключение

Таким образом, опыты по определению влияния железа, марганца, цинка, меди, кобальта цитратов и малатов на продуктивные, физиологические и биохимические показатели цыплят-бройлеров подтверждают высокую биологическую эффективность органических хелатированных микроэлементов, что позволяет рекомендовать их для широкого использования в птицеводстве.

PRODUCTIVITY AND BIOCHEMICAL STATUS OF THE BROILER CHICKENS WHEN USING IN THEIR DIET CITRATES AND MALATES OF BIOMETALS

Kochetkova N.A.¹, **Shaposhnikov A.A.**²,
Afanasyev P.I.², **Gorshkov G.I.**¹,
Shentseva N.A.², **Shevchenko T.S.**²,
Jakovleva I.N.¹

¹ V.Y. Gorin Belgorod State Agricultural Academy., Vavilova St., 1, Mayskiy Settl., Mayskiy Settl., Belgorod Reg., 308503, Russia

E-mail: natalya831@yandex.ru

Belgorod State National Research University, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: zenino@bk.ru

There have been presented the results of the influence of different doses of citrates or malates of iron, manganese, zinc, copper and cobalt on broiler chickens growth and development, morphological and biochemical blood composition, as well as chemical composition of animal muscular tissue.

Keywords: iron, manganese, zinc, copper and cobalt citrate and malate; broiler-chickens; chicken growth; blood and muscular tissue biochemistry.

НЕКОТОРЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ У ТЕЛЯТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНАХ СОЛОДОВЫХ РОСТКОВ

**А.А. Шапошников¹,
П.И. Афанасьев², А.А. Алтухов²,
И.А. Мартынова², С.В. Илющенко²,
С.Л. Григорьева², Ю.В. Калинин³,
Т.С. Шевченко¹**

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы 85

E-mail: Shapochnikov@bsu.edu.ru

² Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский, ул. Вавилова, 1

³ ОАО «Белгородский бекон», Россия, 308015, г. Белгород, ул. Пушкина, 49А

E-mail: zenino@bk.ru

Приведены результаты изучения биохимического состава крови, характеризующие азотистый и энергетический обмен веществ у крупного рогатого скота, а также его продуктивные качества при использовании в рационах солодовых ростков. Обсуждены экспериментальные данные изменений и соотношения метаболитов при использовании солодовых ростков в качестве дополнительного источника протеина и заменителя части концентрированных кормов.

Ключевые слова: питательные вещества, эритроциты, общий азот, общий белок, ЛЖК, НЭЖК, продуктивность.

Введение

Изучению изменений интенсивности обменных процессов при использовании в диете крупного рогатого побочной продукции пищевой и перерабатывающей промышленности уделяется недостаточно внимания, в связи с чем, во многих работах, посвященных этим вопросам, зачастую, устанавливается только зависимость продуктивности от кормового фактора без учета его влияния на физиологический статус животных. Такой подход не позволяет выявить причинно-следственные связи использования нетрадиционных кормов и эффективности производства продукции скотоводства и не позволяет прогнозировать изменения продуктивности животных при расширении вариантов их включения в рационы. При этом во многих кормовых добавках, относимых к категории побочных продуктов, содержание питательных веществ гораздо выше, чем в большинстве традиционных кормов, в том числе и зерновых. К таким кормовым добавкам относятся и солодовые ростки, получаемые при производстве пива из ячменя (табл. 1).

Таблица 1

Содержание в 1 кг солодовых ростков

ЭКЕ	1.12-1.14	сахар, г	-	марганец, мг	3.2-3.8
ОЭ, МДж	11.2-11.4	БЭВ, г	248-274	кобальт, мг	0.2-0.4
сухое вещество, г	38-42	кальций, г	0.2-0.5	йод, мг	0.2-0.4
сырой протеин, г	200-220	фосфор, г	8.0-10.4	каротин, мг	-
переваримый протеин, г	148-167	магний, г	5.2-5.8	Вит. А, МЕ	-
сырой жир, г	4-7	сера, г	1.1-1.3	Вит. Д, МЕ	-
крахмал, г	15-25	цинк, мг	52-240	Вит. Е, мг	6.2-6.8

Данные, приведенные в таблице, свидетельствуют о том, что по уровню ЭКЕ и обменной энергии солодовые ростки существенно не отличаются от ячменя, а по содержанию сырого и переваримого протеина превосходят его соответственно на 50 и 73%. Кроме этого, в ростках отмечается повышенное содержание макро- и микроэлементов [1, 2].

Материал и методы

Изменения интенсивности обменных процессов организма крупного рогатого скота за счет включения солодовых ростков в диету крупного рогатого скота изучали при:
- их включении в рецепт комбикорма К 60 29-89, состоящего на 95,4% из измельченного ячменя;
- частичной и полной замене ими по массе стартерного комбикорма КР-1 для телят в молочную фазу выращивания.



Исследования по изучению обменных процессов использования солодовых ростков в диете телят проводили в ООО «Белгранкорм» производство «Белгородское» Белгородской области.

Для первого научно-хозяйственного опыта сформировали 5 групп телят-молочников живой массой 50-60 кг. Телята контрольной группы получали восстановленный ЗЦМ, люцерновое сено и комбикорм К 60-29-89, приготовленный по упрощенному рецепту и состоящий из 95,4% ячменя с добавлением 3,6% трикальцийфосфата и 1,0% премикса. В комбикормах для телят 2, 3, 4 и 5 групп (опытных) ячмень контрольного комбикорма последовательно заменяли солодовыми ростками на 25, 50, 75 и 100%. Продолжительность опыта составила 63 дня молочной фазы выращивания.

Во втором опыте стартерный комбикорм КР-1 с содержанием 18% сухого обезжиренного молока заменяли по массе солодовыми ростками с таким же шагом, как и в первом опыте.

Изучение интенсивности обмена веществ у животных контрольных и опытных групп проводили в лаборатории биологических исследований БГСХА по состоянию крови, отобранной из яремной вены через 2 часа после начала скармливания ростков, в которой содержание эритроцитов определяли в камере Горяева, гемоглобина - спектрофотометрически, содержание общего белка – рефрактометрически, общий азот – по Кьельдалю, летучие жирные кислоты (ЛЖК) – микрометодом в аппарате Маркгама [3].

В ходе исследований установлено, что использование солодовых ростков рационах оказывает определенное влияние на интенсивность обменных процессов организма телят в молочную фазу их выращивания (таблица).

Таблица

Морфологические и биохимические показатели крови телят

Показатель	Группа				
	I	II	III	IV	V
первый научно-хозяйственный опыт					
эритроциты, $10^{12}/л$	6.81±0.86	6.97± 0.94	6.92±0.45	6.62±0.35	6.88±0.56
гемоглобин, г/л	93.3±1.4	90.3±1.1	91.6±0.8	99.3±0.9	92.3±1.1
общий белок, г/л	60.6±1.3	62.1±1.5	63.6±1.9	63.3±1.4	62.3±1.1
общий азот, моль/л	610±12	625±18	645±17	660±14	670±12*
ЛЖК, мкмоль/л	4.84±0.15	4.22±0.18*	4.07±0.12*	3.86±0.18*	3.54±0.16**
второй научно-хозяйственный опыт					
эритроциты, $10^{12}/л$	7.12±1.12	7.08±0.98	7.31±1.34	7.54±0.86	7.35±1.06
гемоглобин, г/л	98.4±1.8	96.3±2.2	97.4±1.5	98.4±1.5	99.3±1.4
общий белок, г/л	62.8±1.4	63.1±0.8	62.4±0.7	61.8±1.6	63.5±1.2
общий азот, моль/л	665±18	660±22	635±18	610±12	585±18*
ЛЖК, мкмоль/л	5.04±0.22	4.86±0.34	4.34±0.26	4.12±0.12*	3.86±0.15**

$p < 0.05$; $p < 0.01$.

При использовании солодовых ростков на фоне комбикорма К 60-29-89 интенсивность окислительно-восстановительных процессов у телят существенно не изменяется, о чем свидетельствуют данные о количестве эритроцитов в единице объема цельной крови и содержании в них гемоглобина. Характеристики этих показателей соответствовали нормальным количественным параметрам растущего молодняка крупного рогатого скота.

При изучении содержания общего белка в сыворотке крови установлено, что существует общая тенденция увеличения этого показателя при частичной и полной замене ячменя солодовыми ростками, хотя линейная зависимость его изменений от уровня замены не определяется. Скорее всего, это связано с индивидуальными особенностями организма телят, у которых отбирали кровь для исследований. В то же время, при таких вариантах использования солодовых ростков в сыворотке крови телят отмечается последовательное увеличение концентрации общего азота. По этому показателю телята I группы (контрольной) превосходят своих аналогов из II-V (опытных) на 2.4-9.8%. Это может быть объяснено разницей в содержании протеиновой составляющей ячменя и солодовых ростков. Однако использование солодовых ростков в составе комбикорма ведет к достоверному снижению одного из основных энергетических метаболитов – летучих жирных кислот. Разница по их содержанию в сыворотке крови телят контрольной и опытных групп составляет 12.9-26.9%. Такие, достаточно существенные различия в уровне ЛЖК обусловлены полным отсутствием в солодовых ростках крахмала и сахаров (табл.), при ферментации которых в пищеварительной системе телят они и образуются.

При изучении эффективности использования солодовых ростков на фоне пониженных норм скармливания стандартного комбикорма-стартера КР-1 с содержанием по массе 18% сухого обезжиренного молока установлено, что при его замене по массе солодовыми ростками на 25, 50, 75 и 100% уровень эритроцитов и концентрация в них гемоглобина в крови телят-молочников существенно не изменяется. При этом установить зависимость их содержания от уровня замены

не представлялось возможным, вследствие отсутствия какой-либо последовательности.

Также достаточно бессистемно изменялось и содержание в крови подопытных телят общего белка.

При этом по концентрации в сыворотке крови общего азота между телятами контрольной и опытных групп отмечена существенная разница. И, если, телята II группы по этому показателю уступают аналогам из контроля всего лишь на 0.8%, то животные III, IV и V групп – соответственно на 4.6, 8.3 и 12.1%. Это свидетельствует о том, что при замене по массе стартерного комбикорма КР-1 солодовыми ростками существует обратная зависимость содержания общего азота в сыворотке крови телят. Вероятно, это связано с тем, что в состав КР-1 включают 18% сухого обезжиренного молока, протеин которого, очевидно, переваривается быстрее протеина солодовых ростков и, следовательно его азотистые метаболиты, в том числе и общий азот, быстрее поступают в кровь животных.

Еще большая разница отмечена по содержанию в сыворотке крови подопытных животных ЛЖК. По их концентрации в единице объема сыворотки крови телята контрольной группы превосходят сверстников из II, III, IV и V групп (опытных) на 3.7, 16.1, 22.3 и 30.5% соответственно. Объясняется это, на наш взгляд, следующими причинами:

- при замене по массе КР-1 солодовыми ростками в диете телят резко снижается количество крахмала и сахара, которые являются одними из основных источников поступления энергии в их организм;

- сокращение поступления в организм сухого обезжиренного молока за счет уменьшения скармливания КР-1 ведет к пропорциональному снижению в рационах лактозы, которая, наряду, с крахмалом и сахаром является главным источником легкодоступной энергии для телят в молочный период выращивания.

Таким образом, использование солодовых ростков при частичной и полной замене ячменя в составе комбикорма К 60-29-89 ведет к повышению интенсивности азотистого обмена при одновременном снижении поступления в кровь летучих жирных кислот. При замене ими стартерного комбикорма КР-1 в крови телят отмечается понижения уровня общего азота и ЛЖК. Изменения в азотистом и энергетическом обмене сопровождаются снижением продуктивности телят-молочников, особенно значительным ($p < 0.05$; $p < 0.01$) при замене солодовыми ростками ячменя в комбикорме К 60-29-89 и комбикорма КР-1 более, чем на 50%.

Список литературы

1. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных: Справочное пособие/ А.П. Калашников, Н.И. Клейменов, В.Н. Бакашов и др. – М.: Агропромиздат, 1985. – 352 с.
2. Рецепт комбикорма для телят-молочников с солодовыми ростками / Мартынова И.А., Репин А.Ю.// Проблемы сельскохозяйственного производства на современном этапе и пути их решения: Мат. XV межд. науч.-произв. конф. – Белгород, 2011. – С. 125.
3. Кулаченко С.П., Коган Э.С. Методические рекомендации по физиолого-биохимическим исследованиям крови сельскохозяйственных животных и птицы. – Белгород: Упрполиграфиздат, 1979. – 80 с.

SOME INDICATORS OF THE METABOLISM AT CALFS WHEN USING IN DIETS OF MALT SPROUTS

**A.A. Shaposhnikov¹,
P.I. Afanasyev², A.A. Altukhov²,
I.A. Martynova², S.V. Ilyushchenko²,
S.L. Grigoryeva², Yu.V. Kalinin³,
T.S. Shevchenko¹**

¹ Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: Shapochnikov@bsu.edu.ru

² Belgorod State Agricultural Academy of V.Ya.Gorin, Vavilov St., 1, Mayskiy Settl., Belgorod Dist., Belgorod Reg., 308503, Russia

³ OJSC Belgorodsky bekon, Pushkin St., 49A, Belgorod, 308015, Russia

Results of studying biochemical composition of blood characterizing a nitrogenous and power metabolism at cattle, and also its productive qualities when using in diets of malt sprouts. Experimental data of changes and a ratio of metabolites are discussed when using malt sprouts as an additional source of a protein and substitute of a part of the concentrated forages.

Keywords: nutrients, erythrocytes, total nitrogen, crude protein, volatile fatty acids, polyunsaturated fatty acid, productivity.



УДК 635.646; 615.2

БАКЛАЖАНЫ КАК ИСТОЧНИК АНТОЦИАНОВ – ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ¹

**А.Н. Чулков, В.И. Дейнека,
Л.А. Дейнека**

Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет, Россия, 309015,
г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: deineka@bsu.edu.ru

В настоящей работе методом высокоэффективной жидкостной хроматографии определен антоциановый состав кожуры 9 сортов баклажанов выращенных на приусадебном участке на территории Белгородской области. Установлено, что сорта «Сиреневый ранний», «Кашалот» и «Король рынка» относятся к «японскому» типу, для которых характерен биосинтез антоциана с высокой биологической активностью – насунина. Остальные сорта накапливали более простое производное дельфинидина – 3-рутинозид. Уровень суммарного накопления антоцианов оказался выше для первых трех сортов; при этом установлено, что антиоксидантная активность экстрактов кожуры определяется не только антоцианами.

Ключевые слова: антоцианы, баклажан, хроматография, насунин, аанаантиоксидантная активность.

Введение

Одним из направлений реализации современных программ «Пищевого дизайна» является селекция, направленная на увеличение уровня накопления веществ с высокими пищевой и/или лечебно-профилактической функциями. В этом плане антоцианы представляют особый интерес как природные колоранты, не имеющие в отличие от синтетических аналогов непредсказуемого (и чаще всего отрицательного) для здоровья последствия, но являющиеся одними из мощнейших водорастворимых антиоксидантов [1]. Именно антиоксидантные свойства антоцианов определяют множественное проявление их биологической активности. Употребление большого количества антоцианов объясняет «французский парадокс» (уменьшение частоты заболеваний сердечно-сосудистой системы вследствие регулярного умеренного употребления красного сухого вина), благоприятное влияние черники и препаратов на ее основе на зрительный аппарат; антоцианы способствуют выводу из организма холестерина, обладают антисептическими и антибактериальными свойствами, препятствуют развитию воспалительных процессов. Характерная черта присутствия антоцианов в большом количестве – интенсивно красная, синяя или фиолетовая (до черной) окраска плодов, цветков и других частей растений. Плоды баклажанов (*Solanum melongena* L.) обычно характеризуются интенсивной темно-фиолетовой окраской, обусловленной накоплением антоцианов.

До недавнего времени во всех исследованных нами образцах как популярных среди садоводов сортов, так и доступных на рынке баклажанов основным антоцианом был дельфинидин-3-рутинозид (I). В то же время в мировой научной литературе исследовался другой антоциан, названный насунином (II), обладавший уникальной биологической активностью [2]. При этом утверждалось, что насунин является основным компонентом антоцианового комплекса плодов баклажана. Это указывало на то, что пути биосинтеза антоцианов в плодах баклажанов могут различаться вследствие наследования способности синтезировать различные наборы ферментов, контролирующие биосинтез антоцианов.

Наконец, в одной из опубликованных работ [3] было найдено, что среди 123 образцов плодов баклажана обнаруживаются четыре типа антоциановых комплексов. При этом большинство из исследованных образцов относились к двум типам – к «японскому», для которого характерно накопление насунина (II, дельфинидин-3-(*para*-кумароилрутинозид)-5-глюкозида), и к «неяпонскому» типу с более простым по строению антоцианом (I). В коже одного из образцов был обнаружен еще более простой антоциан – дельфинидин-3-глюкозид, III, а в двух образцах основной антоциан был построен даже на другом антоцианидине – петунидин-3-(*para*-кумароилрутинозид)-5-глюкозид, IV. Следовательно, для перехода от типа III к типу I необходима активация рамнозилтрансферазы, для перехода от типа I к типу II необходимо наследование способности биосинтеза еще двух ферментов – обеспечивающих ацилиро-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ «Государственное задание вузу на 2012 г, проект № 3.1785.2011».

вание *para*-кумаровой кислотой и введение глюкозидного фрагмента в положение 5 антоцианидина. Наконец, антоциан **IV** может быть синтезирован из антоциана **II** за счет избирательного действия метилтрансферазы по одной из гидроксильных групп кольца В, рис.1.

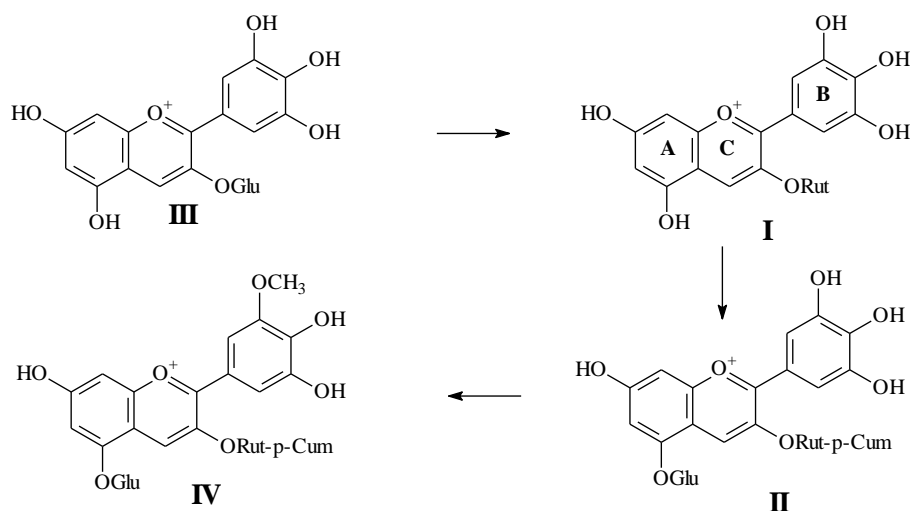


Рис. 1. Структура основных антоцианов кожуры плодов баклажанов

Усилиями селекционеров России постоянно обновляется набор сортов баклажанов для промышленного и любительского выращивания, но сведений об их антоциановом составе нами в литературе не обнаружено. Цель настоящей работы – изучение антоцианового состава плодов баклажана некоторых популярных среди садоводов сортов.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования стали 9 сортов баклажанов выращенных на приусадебном участке Белгородской области. Растения выращивали традиционным рассадным методом. Сбор плодов осуществляли в стадии технической спелости в конце июля начале августа 2011 года.

Суммарное содержание антоцианов в кожуре определяли упрощенным спектрофотометрическим методом. Навеску отделенной от мякоти кожуры баклажана помещали в химический стакан и приливали водный 0.1 М раствор соляной кислоты, тщательно разминали кожуру под слоем экстрагента и оставляли на 24 часа. Затем раствор отфильтровывали через бумажный фильтр в мерную колбу, доводили до метки 0.1 М раствором соляной кислоты, перемешивали и фотометрировали. Содержание антоцианов пересчитывали на цианидин-3-глюкозид с учетом коэффициента молярного погашения $\epsilon = 29600 \text{ л}\cdot\text{см}^{-1}\cdot\text{моль}^{-1}$ [4].

При определении видового состава антоцианов использовали метод жидкостной хроматографии на хроматографической системе Agilent Infinity 1200 с диодно-матричным и масс-спектрометрическим (в режиме ESI) детекторами. Хроматографическая колонка 4.6×250 мм Symmetry® C18; подвижная фаза 10 об.% муравьиной кислоты и 12 об.% ацетонитрила в воде (1 мл/мин.). Хроматограммы записывали при 510 нм. Перед хроматографированием экстракты очищали методом твердофазной экстракции на концентрирующих патронах ДИАПАК C18.

Антиоксидантную активность (АОА) экстрактов оценивали на приборе Цвет Яуза 01-АА с амперометрическим детектором при напряжении 1.3 В по стандартной методике. АОА пересчитывали на аскорбиновую кислоту.

Результаты исследования и обсуждение

Результаты анализов показали, что содержание антоцианов в кожуре различно и находится в диапазоне 40 ÷ 200 мг на 100 г кожуры, см. табл. Наименьший уровень накопления антоцианов найден для сорта «Матросик»; и это не удивительно, поскольку плод неоднородно окрашен, и на нем отсутствуют интенсивно окрашенные полосы.

Как следует из результатов определения антоцианов методом ВЭЖХ, см. табл., три из девяти исследованных образцов имели в качестве основного антоциана насунин, но сорта баклажанов с преобладанием дельфинидин-3-рутинозида оказалось вдвое больше. Для желающих вырастить плоды растения, богатые уникальным биологически активным соединением – насунином, – можно рекомендовать сорта «Сиреневый ранний», «Кашалот» и «Король рынка». В дополнение можно отметить, что в плодах этих сортов уровень накопления антоциа-

нов заметно выше, чем в остальных, исследованных в настоящей работе. Если учесть что липофильность насунина (судя по существенному росту удерживания в условиях обращенно-фазовой хроматографии) заметно выше, чем у соединений I и II, то это расширяет рамки справедливости тезиса о том, что в случае каротиноидов рост липофильности (т.е. ацилирование) ксантофиллов способствует увеличению уровня их накопления.

Таблица

Основные компоненты антоциановых комплексов кожуры некоторых сортов *Solanum melongena*

Сорт	α^* , мг/100 г, $\pm 2\%$	Доля антоцианов в сумме, моль** %				АОА*** кожуры мг/г
		I + III	транс-II	цис-II	Ост.	
Неяпонский тип						
Альбатрос	98.0	91.7	0	0	8.2	1.62
Жизель	93.5	95.1	0	0	4.8	2.31
Черный красавец	69.6	91.8	0	0	8.1	2.68
Алмаз	66.0	86.9	0	0	13.0	2.19
Блэк бьюти	37.4	81.4	0	0	18.5	2.08
Матросик	6.0	98.7	0	0	1.2	0.96
Японский тип						
Кашалот	212	0.96	8.7	87.9	2.3	3.16
Король рынка	193.1	3.31	10.3	84.4	1.8	2.47
Сиреневый ранний	98.8	5.1	14.4	76.8	3.5	1.01

α^* – содержание антоцианов в пересчете на цианидин-3-глюкозид, моль** % – по площадям пиков на хроматограмме; АОА*** – в пересчете на аскорбиновую кислоту.

Хроматографическая дифференциация типов баклажанов осуществляется легко по существенному различию в удерживании соединений I и II, рис.2. Идентификация этих соединений была выполнена по электронным спектрам ($\lambda_{max} = 526$ и 530 нм, соответственно) и по данным масс-спектрологии ($m/Z = 611$ и 919 , соответственно). Для образцов, содержащих ацилированный антоциан, на хроматограмме обнаружен еще один пик масс-спектра неотличимый от соединения II. Этот изомер присутствует в меньших количествах, элюируется до транс-насунина и в соответствии с литературными данными [5] рассматривался нами как цис-изомер (по радикалу кумаровой кислоты). Отметим, что что цис-изомер II имеет несколько большее значение λ_{max} (532 нм).

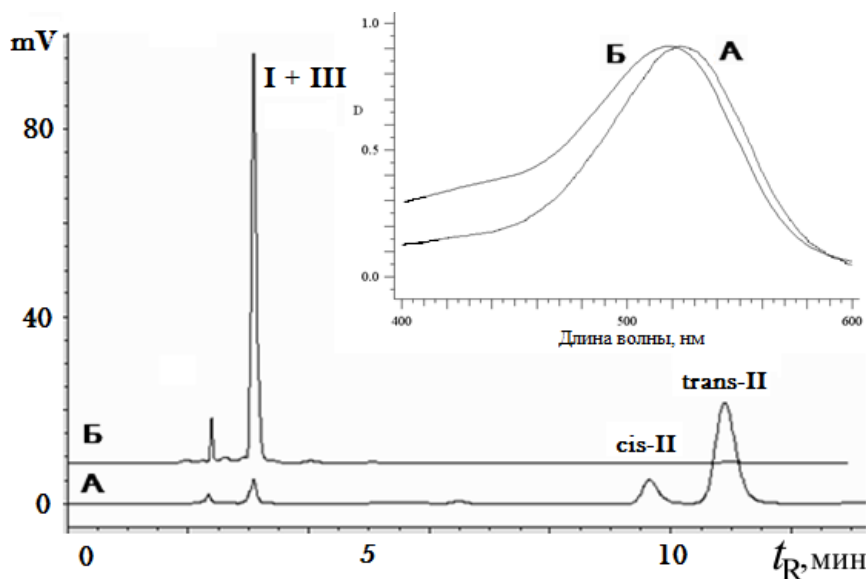


Рис. 2. Хроматограммы и спектры экстрактов кожуры баклажанов сорта: А – «Король рынка», Б – «Альбатрос». На рисунке компонент под цифрой «1» не идентифицирован

Однако хроматографическое оборудование относится к дорогостоящим и малодоступным приборам. Поэтому для контроля продукции (новых сортов) желательно использование более простых методов. К таким методам можно отнести спектрофотометрию, которая в данном случае может быть использована с большой эффективностью. Дело в том, что из возможных основных антоцианов соединение III имеет самый коротковолновый максимум; переход к соединению I сопровождается небольшим bathochromic сдвигом максимума абсорбции (немногим более 1 нм). Переход в ряду соединений I → II приводит к заметно большему смеще-

нию максимума в том же направлении (на 6 нм). Этого вполне достаточно для прямого сопоставления спектров экстрактов для дифференциации сортов с основными типами набора антоцианов, рис.2.

Результаты определения антиоксидантной активности экстрактов кожуры баклажанов, определенные амперометрическим методом [6], приведены в таблице. Наибольшие значения АОА найдены для экстрактов кожуры плодов «Черный красавец», «Кашалот», «Алмаз» и «Король Рынка».

Выводы

Таким образом, антоциановый состав плодов исследованных сортов баклажанов представлен двумя типами производных дельфинидина, т.е. в практике выращивания баклажанов в России имеются сорта, накапливающие насунин: «Сиреневый ранний», «Кашалот» и «Король рынка». При этом высокий уровень накопления антоцианов в них дополняется высокой антиоксидантной активностью экстрактов, что позволяет рекомендовать эти сорта для выращивания высококачественных функциональных продуктов.

Список литературы

1. Anthocyanins. Biosynthesis, Functions, and Applications / Ed. Kevin Gould, Kevin Davies and Chris Winefield. Springer Science+Business Media, LLC, 2009. – 323 p.
2. Kimura Y., Araki Y., Takenaka A., Igarashi K. Protective effects of dietary nasunin on paraquat-induced oxidative stress in rats // Biosci. Biotechnol. Biochem. – 1999. – Vol. 63. – P. 799-804.
3. Azuma K., Ohyama A., Ippoushi K., Ichianagi T., Takeuchi A., Saito T., Fukuoka H. Structures and Antioxidant Activity of Anthocyanins in Many Accessions of Eggplant and Its Related Species // J. Agric. Food Chem. - 2008. – V.56. – P. 10154-10159.
4. Giusti M., Ronald E. // Current Protocols in Food Analytical Chemistry. 2001. F1. 2.1- F1.2.13.
5. Ichianagi T., Kashiwada Y., Shida Y., Ikeshiro Y., Kaneyuki T., Tetsuya Konishi. Nasunin from Eggplant Consists of Cis-Trans Isomers of Delphinidin 3-[4-(p-Coumaroyl)-l-rhamnosyl (1→6)glucopyranoside]-5-glucopyranoside // J. Agric. Food Chem. – 2005. – Vol. 53. – P. 9472–9477.
6. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Российский химический журнал им. Д.И. Менделеева. – 2008. – Т.52, № 2. – С. 130-135.

EGGPLANTS AS A SOURCE OF ANTHOCYANINS – WATER SOLUBLE NATURAL ANTIOXIDANTS

**A.N. Chulkov,
V.I. Deineka,
L.A. Deineka**

*Belgorod State National Research
University, Pobedy St., Belgorod,
308015, Russia*

E-mail: deineka@bsu.edu.ru

Skin anthocyanin complexes of 9 eggplant varieties grown in Belgorod have been determined by means of high-performance liquid chromatography. Varieties “Sirenevyi rannii”, “Kashalot” and “Korol’ rynka” were found to belong to “Japanese” type with characteristic biosynthesis of highly biologically active anthocyanin – nasunin. The other varieties accumulate simpler delphinidine derivative – 3-rutinoside. The level of overall anthocyanin accumulation was found to be greater for the former three varieties though antioxidant activity of skin extract is determined not only by anthocyanins.

Keywords: anthocyanins, eggplant, chromatography, nasunin, antioxidant activity.

ХИМИЯ

УДК: 547.455.623

КОНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ 1,2-О-ЦИАНОЭТИЛИДЕНОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ УГЛЕВОДОВ МЕТОДОМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МЕХАНИКИ

М.М. Литвак

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

E-mail: Litvak@bsu.edu.ru

В программе Chem3D с использованием расширенной и модифицированной версии силового поля ММ 2 методом молекулярной механики произведены оптимизация геометрии и конформационный анализ 3,4,6-три-О-ацетил-1,2-[1-(эндоциано)этилиден]- α -D-глюкопиранозы – представителя эффективных гликозилирующих агентов в углеводных синтезах. Теоретические расчеты длин связей, валентных и торсионных углов, а также конформация молекулы в глобальном минимуме энергии как 4C_1 хорошо согласуются с литературными данными, полученными на основе рентгенографических исследований.

Ключевые слова: Chem3D, молекулярная механика, цианоэтилиденные производные углеводов, конформационный анализ.

Теоретический анализ

1,2-О-цианоалкилиденные производные углеводов являются эффективными гликозилирующими агентами в синтезах олиго- и полисахаридов [1]. Кроме того, полученный нами прогноз их биологических свойств в программе PASS [2], показывает, что цианоэтилиденные производные углеводов могут представлять также интерес как потенциальные носители спектра важных биологических активностей. Молекулы этих соединений представляют собой бициклическую систему, включающую пиранозный (или фуранозный) и диоксолановый циклы. В большинстве случаев 1,2-О-цианоэтилиденные производные углеводов образуются в виде пары σ -диастереомеров, различающихся расположением CN-группы. На рис. 1 представлено строение 3,4,6-три-О-ацетил-1,2-[1-(эндоциано)этилиден]- α -D-глюкопиранозы (I), рентгенографическое исследование которой выполнено в [3].

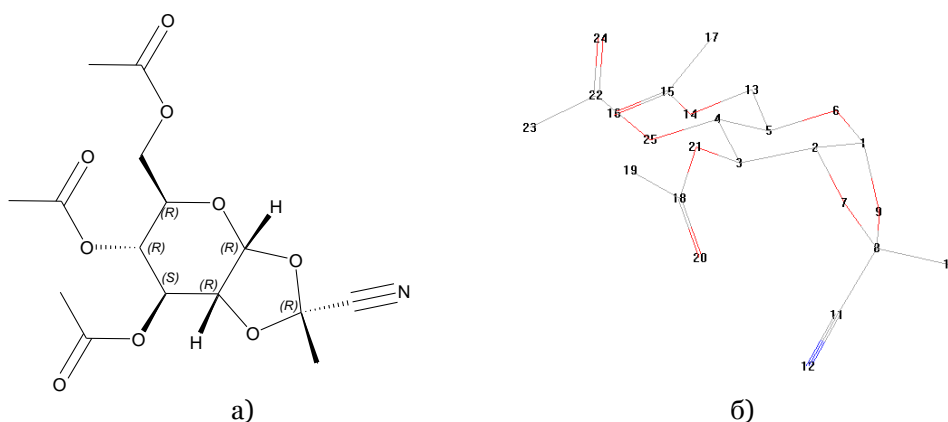


Рис.1. 3,4,6-три-О-ацетил-1,2-[1-(эндоциано) этилиден]- α -D-глюкопираноза (I):
а – стереохимическая формула; б – молекулярная модель

Объекты и методы исследования (экспериментальная часть)

В настоящей работе приводятся результаты расчета геометрических параметров (длины связей, валентные и торсионные углы) и конформационный анализ для соединения (I), выполненные в специализированном приложении CS Chem3D программного комплекса Che-

mOffice Ultra [4] с использованием расширенной и модифицированной версии силового поля ММ 2 методом молекулярной механики.

Алгоритм исследований следующий. В «химическом редакторе» CS ChemDraw создают молекулярную структуру (I). Активировав пункт «Convert Structure to Name» главного меню «Structure», программа автоматически выдает систематическое химическое название: (2R,3aR,5R,6R,7S,7aR)-5-(acetoxymethyl)-2-cyano-2-methyl-tetrahydro-3aH-[1,3]dioxolo[4,5-b]pyran-6,7-diyl diacetate. Структурную формулу копируют в буфер обмена, а затем вставляют в окно визуализации CS Chem3D. Молекула автоматически преобразуется в трехмерный вид. Программа допускает различные способы визуализации трехмерной модели. Для того чтобы присвоить всем длинам связей и валентным углам стандартные для соответствующих элементов значения, необходимо выделить в программе соединение и активировать функцию «Clean Up Structure». Необходимые исправления в структуре будут сделаны автоматически. Для удобства в окне модели указывают порядковые номера атомов (рис.1 б).

Далее проводят оптимизацию геометрии молекулы и расчет геометрических параметров эмпирическим методом молекулярной механики, выбрав «Minimize Energy» в пункте ММ 2 или последовательно используют программы молекулярной механики и полуэмпирического метода расчета АМ 1 (расчет ограниченным методом Хартри-Фока) из пункта меню МОРАС.

Результаты и их обсуждение

Результаты вычислений представлены в таблицах 1-5.

Таблица 1
Длины связей для 3,4,6-три-О-ацетил-1,2-[1-(эндоциано)этилиден]- α -D-глюкопиранозы

Связи	Длины связей, Å		
	определены рентгенографически	рассчитаны в Chem3D	
		методом ММ 2, (МОРАС+ММ 2)	методом МОРАС
C ¹ -C ²	1.535(6)	1.4972 (1.4968)	1.5366
C ² -C ³	1.520(5)	1.5237 (1.5264)	1.5342
C ³ -C ⁴	1.499(5)	1.5257 (1.5276)	1.5412
C ⁴ -C ⁵	1.528(6)	1.5298 (1.5311)	1.5351
C ⁵ -O ⁶	1.440(5)	1.4015 (1.3998)	1.4297
O ⁶ -C ¹	1.366(5)	1.4048 (1.4044)	1.3963
C ¹ -O ⁹	1.427(4)	1.3976 (1.3977)	1.4272
O ⁹ -C ⁸	1.411(5)	1.4184 (1.4181)	1.4285
C ⁸ -O ⁷	1.404(5)	1.4209 (1.4213)	1.4335
O ⁷ -C ²	1.404(5)	1.3952 (1.3959)	1.4341

Таблица 2
Торсионные углы для пиранозного цикла

Номер атомов в пиранозном цикле	Торсионные углы, градусы		
	определены рентгенографически	рассчитаны в Chem3D	
		методом ММ 2, (МОРАС+ММ 2)	методом МОРАС
4-5-6-1	56.9	57.5517 (58.5506)	65.3774
5-6-1-2	45.1	46.3225 (46.1447)	39.6469
6-1-2-3	36.7	38.6371 (38.8004)	1.6463
1-2-3-4	43.2	43.4095 (44.3925)	8.1022
2-3-4-5	58.0	53.9657 (55.3016)	16.8010
3-4-5-6	63.0	61.3057 (63.1817)	51.9563

Таблица 3
Торсионные углы для диоксоланового цикла

Номер атомов в диоксолановом цикле	Торсионные углы, градусы		
	определены рентгенографически	рассчитаны в Chem3D	
		методом ММ 2, (МОРАС+ММ 2)	методом МОРАС
1-2-7-8	29.3	29.5441 (28.0202)	10.3222
2-7-8-9	10.8	11.7700 (8.9258)	12.1420
7-8-9-1	14.7	12.8802 (15.8527)	9.0277
8-9-1-2	31.1	30.6689 (32.6320)	2.8261
9-1-2-7	36.5	36.9937 (37.3142)	4.4691

Как видно из представленных результатов для соединения (I), расчетные значения геометрических параметров (длины связей, валентные и торсионные углы), а также конформация молекулы как 4C_1 (рис. 1б) с глобальным минимумом энергии 243,25 кДж/моль, выполненные методом молекулярной механики, хорошо согласуются с экспериментальными данными. Как и следовало

ожидать, для пиранозных систем, сочлененных с пятичленным циклом, искажение пиранозного кольца в интервале 22,6° (38,7-61,3°) значительно больше, чем в производных глюкопиранозы 10° [5]. Результаты полуэмпирического метода расчета АМ 1 (МОРАС) ближе к таковым для скрученной конформации пиранозного цикла (3S_5).

Таблица 4

Валентные углы для пиранозного цикла

Номер атомов в пиранозном цикле	Торсионные углы, градусы		
	определены рентгенографически	рассчитаны в Chem3D	
		методом ММ 2, (МОРАС+ММ 2)	методом МОРАС
1-2-3	111.6(3)	114.7200 (114.9862)	117.4683
2-3-4	111.1(3)	109.8000 (109.0725)	116.3779
3-4-5	109.6(3)	109.2320 (108.3178)	113.4237
4-5-6	107.6(4)	110.0620 (110.1039)	109.3863
1-6-5	116.4(3)	116.0960 (115.6267)	115.4174
2-1-6	117.9(4)	115.6570 (115.4497)	117.3532

Заключение

Компьютерные расчеты для 3,4,6-три-О-ацетил-1,2-[1-(эндоциано)этилиден]- α -D-глюкопиранозы длин связей, валентных и торсионных углов, а также конформации молекулы в глобальном минимуме энергии хорошо согласуются с литературными данными, полученными на основе рентгенографических исследований. Аналогичный подход может быть использован в конформационном анализе других цианоэтилиденовых производных углеводов. В значительной мере можно согласиться с мнением авторов книги [6] о том, что в настоящее время «компьютер реально стал таким же инструментом исследования, как привычный химический или физический эксперимент».

Таблица 5

Валентные углы для диоксоланового цикла

Номер атомов в диоксолановом цикле	Торсионные углы, градусы		
	определены рентгенографически	рассчитаны в Chem3D	
		методом ММ 2, (МОРАС+ММ 2)	методом МОРАС
1-2-7	102.3(3)	101.5290 (101.8184)	104.6548
2-7-8	107.8(3)	108.1670 (108.1299)	111.2336
7-8-9	108.1(3)	106.4770 (106.5351)	105.8054
1-9-8	107.0(3)	106.5950 (106.2938)	111.4995
2-1-9	100.9(3)	103.5640 (103.1967)	105.4700

Список литературы

1. Бакиновский Л.В. Синтез полисахаридов. – В кн.: Прогресс химии углеводов. – М.: Наука, 1985.
2. Прогноз спектра биологической активности органических соединений. <http://www.ibmh.msk.su/PASS>.
3. Рентгенографическое исследование 1,2-О-цианоэтилиденовых производных углеводов / Л.Г. Воронцова, М.О. Декаприлевич, О.С. Чижов и др. // Изв. АН СССР. Серия хим. – 1980. – №10. – С. 2312-2319.
4. Химический пакет программных средств ChemOffice Ultra 2005 фирмы CambridgeSoft Corporation.
5. Jeffrey G.A., McMullan R. K. and Takagi S. A neutron diffraction study of the hydrogen bonding in the crystal structures of methyl-D-mannopyranoside and methyl-D-glucopyranoside // Acta Cryst. – 1977. – В. 33. – Р. 728-737.
6. Соловьев М.Е., Соловьев М.М. Компьютерная химия. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 536 с.

CONFORMATIONAL ANALYSIS OF 1,2-O-CYANOETHYLIDENE DERIVATIVE OF CARBOHYDRATES USING THE METHOD OF MOLECULAR MECHANICS**M.M. Litvak**

Belgorod State National Research University, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: Litvak@bsu.edu.ru

In the Chem3D program with use of the expanded and modified version of a force field in MM 2 method of molecular mechanics optimization of geometry and the conformational analysis 3,4,6 - tri-O-acetyl - 1,2 - [1-(endo-cyano) ethylidene]- α -D-glucopyranose – the representative of effective glycosylation agents in carbohydrate synthesis are made. Theoretical calculations of bond length, valence and torsion angles, and also a molecule conformation in a global minimum of energy as 4C₁ are well coordinated with the literary data received on the basis of radiographic researches.

Keywords: Chem3D, molecular mechanics, cyanoethylidene derivatives of carbohydrates, the conformational analysis.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОЛУЧЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ МИКРОСУСПЕНЗИЙ МОНТМОРИЛЛОНИТОВЫХ НАНОСТРУКТУРНЫХ ГЛИН ДЛЯ ПТИЦЕВОДСТВА¹

**В.А. Перистый, А.И. Везенцев,
В.Д. Буханов, Л.Ф. Перистая,
Е.В. Добродомова, В.Н. Богданов,
Г.В. Фролов, А.А. Шапошников**

*Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет, Россия, 309015,
г. Белгород, ул. Победы, 85*

E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru

Гидродинамические расчеты показали, что устойчивая суспензия глины соответствует размерам частиц $10^{-6} - 10^{-5}$ м. при этом скорость свободного осаждения будет составлять менее $0.56 \cdot 10^{-6}$ м/с.

Ключевые слова: гидродинамика, глина, гидравлическое сопротивление, сила тяжести, режим течения, уравнение Ньютона.

Введение

Монтмориллонитовые наноструктурные глины Белгородской области обладают высокими сорбционными свойствами и их применение в птицеводстве позволяет повысить усвояемость кормов и снизить вредное влияние микроорганизмов на желудочно-кишечную систему птиц [1-5]. Наиболее удобной формой применения данных глин является устойчивая водная дисперсия (взвесь) мелкодисперсных частичек глины в воде автопоилок птицефабрик. При этом суспензия не должна седиментировать в течение примерно 10 часов, считая с момента ее приготовления и заполнения автопоилок. Это требование может быть выполнено при условии, что скорость седиментации (осаждения) частичек глины, по возможности, должна быть минимальной. С этой целью были проанализированы закономерности гидродинамики твердых тел в жидкости и произведены соответствующие математические вычисления, которые приводятся ниже.

Процессы свободного осаждения в жидкости твердых тел (частиц) связаны с их движением под действием силы тяжести и зависят от сопротивления жидкой среды, которое направлено в сторону, противоположенную оседанию твердых частиц, и складывается из сопротивления сил трения и сил инерции. При осаждении с очень малой скоростью мелкодисперсных частичек глины, т.е. в условиях ламинарного режима, сопротивление трения многократно преобладает над силами инерции, которыми практически можно пренебречь. Но независимо от режима движения и формы твердого тела, движущегося в жидкости, сила сопротивления жидкой среды R , согласно уравнению Ньютона равна:

$$R = \zeta F \frac{\rho_{ж} w^2}{2} \text{ [Н]}, \quad (1)$$

где ζ – коэффициент сопротивления среды;

F – площадь проекции твердого тела на плоскость, перпендикулярную вектору его движения, m^2 ;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкой среды, kg/m^3 ;

w – скорость движения (осаждения) твердого тела в жидкости, m .

Примем, что формула частичек глины близка к шарообразной, т.е. в данном случае

$F = \frac{\pi d^2}{4}$ и тогда уравнение (1) примет вид:

¹ Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием БелГУ, проект №4.3392.201 и грантом РФФИ, проект №12-04-97 584 Р_Центр_А.



$$R = \zeta \frac{\Pi d^2}{4} \frac{\rho_{ж} w^2}{2} \quad [\text{H}], \quad (2)$$

где d – диаметр твердой частицы, м.

В этом случае величину $\zeta \frac{\pi}{4 \cdot 2}$ можно принять за коэффициент сопротивления среды (Ψ) (для условно шарообразных частичек глины) и уравнение (2) примет вид:

$$R = \Psi d^2 \rho_{ж} w^2 \quad [\text{H}] \quad (3)$$

Известно, что при движении шарообразных тел в жидкости при малых значениях гидродинамического критерия Рейнольдса ($Re \leq 2$) коэффициент сопротивления Ψ равен $\frac{3\Pi}{Re}$.

Действительно, проанализировав значения Re для режима сверхмедленного (w) осаждения мелкодисперсных частичек глины можно сделать очевидный вывод о малом значении критерия Рейнольдса, который учитывает и размер частиц и скорость их движения (осаждения):

$$Re = \frac{wd}{\nu}, \quad (4)$$

где w – скорость осаждения частиц, м/с;

d – диаметр шарообразной частицы, м;

ν – коэффициент кинетической вязкости жидкости, $\text{м}^2/\text{с}$.

В свою очередь, скорость осаждения частиц может быть определена из уравнения (3):

$$w = \frac{1}{d} \sqrt{\frac{R}{\Psi \rho_{ж}}} \quad [\text{м/с}] \quad (5)$$

При свободном оседании с минимальной скоростью мелкодисперсных частиц глины сила сопротивления R практически равна силе тяжести P , которая определяется по уравнению (6):

$$P = V(\rho_{тв} - \rho_{ж})g \quad [\text{H}], \quad (6)$$

где V – объем шарообразной твердой частицы, равный $V = \frac{\Pi d^3}{6}$, м^3 ;

$\rho_{тв}$ – плотность частичек глины, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\rho_{ж}$ – плотность жидкости (воды), $\text{кг}/\text{м}^3$.

Поставляя (6) в (5), получим:

$$w = \frac{1}{d} \sqrt{\frac{V(\rho_{тв} - \rho_{ж})g}{\Psi \rho_{ж}}} \quad [\text{м/с}] \quad (7)$$

Исходя из условий получения устойчивой суспензии, которая бы практически не седиментировалась в течение 10 часов, примем, что заданная скорость свободного осаждения частиц глины должна быть равной 2 см за 10 часов, т.е.

$$w_{зад} = \frac{2 \cdot 10^{-2}}{10 \cdot 3600} = 0,56 \cdot 10^{-6} \quad [\text{м/с}] \quad (8)$$

Исходя из заданной скорости осаждения $w_{зад}$, вычислим размер частиц глины, которые при свободном осаждении могли бы обеспечить заданную скорость осаждения (седиментации). Для этого преобразуем уравнение (7) относительно d , принимая во внимание, что объем шарообразной частицы V равен $\frac{\Pi d^3}{6}$:

$$d = \frac{6w^2 \rho_{ж} \Psi}{\Pi(\rho_{тв} - \rho_{ж})g} \quad [\text{м}] \quad (9)$$

Учитывая, что плотность монтмориллонитовой глины $\rho_{тв}$ составляет $2010 \text{ кг}/\text{м}^3$, а воды $\rho_{ж}$ $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, и производя упрощения уравнение (9), получим более удобное уравнение для расчетов:

$$d = \frac{6w^2 1000 \Psi}{3,14(2010 - 1000)9,8} = 0,19 \Psi w^2 \quad [\text{м}] \quad (10)$$

Подставим значение $w=w_{зад.}=0.56 \times 10^{-6}$ м/с, получим окончательное значение d , удобное для дальнейших вычислений:

$$d = 0,19\Psi \cdot (0,56 \cdot 10^{-6})^2 = 0,6 \cdot 10^{-13}\Psi \text{ [м]} \quad (11)$$

Коэффициент сопротивления Ψ зависит от гидродинамики, режим которой характеризуется критерием Рейнольдса (Re), который в свою очередь, зависит от размера оседающей в жидкости твердой частицы монтмориллонитовой глины. Поэтому единственный математический способ решения уравнения (11) – метод последовательных приближений: с учетом теоретических закономерностей гидродинамики, практического опыта и интуиции априори задают конкретное значение критерий Рейнольдса ($Re_{зад.}$) и согласно этому значению вычисляют по

формуле Стокса ($\Psi = \frac{3\Pi}{Re}$) конкретное значение коэффициента сопротивления Ψ . Далее по

формуле (11) вычисляют значение диаметра (d) частицы монтмориллонитовой глины, а по значению диаметра (d) вычисляется фактическое значения критерия Рейнольдса ($Re_{факт.}$). Сравниваются значения $Re_{зад.}$ и $Re_{факт.}$. При несовпадении $Re_{зад.}$ и $Re_{факт.}$ расчет повторяют: задают новые значения $Re_{зад.}$ и вычисления производят вышесказанным способом. Расчеты заканчиваются при совпадении значений $Re_{зад.}$ и $Re_{факт.}$ с точностью $\pm 10\%$ относительных.

Пример методики расчета

С целью ориентирования при выборе первоначально заданного критерия Рейнольдса анализируется данный критерий:

$$Re = \frac{w_{зад.} \cdot d}{\nu} = \frac{0,56 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{-6}}{1,05 \cdot 10^{-6}} = 0,53 \cdot 10^{-6}, \quad (12)$$

где $w_{зад.}=0,56 \cdot 10^{-6}$ – заданная скорость осаждения частиц глины (см. уравнение 8), которая при свободном осаждении могла бы обеспечить скорость седиментации, равную 2 см за 10 часов, м/с;

$\nu = 1,05 \cdot 10^{-6}$ – кинетическая вязкость воды при температуре 20°C, м²/с;

$d=10^{-6}$ – диаметр частиц глины, которые под действием сил гравитации склонны к седиментации, м.

Известно [6], что седиментации начинается при условии перехода коллоидных систем ($d=10^{-9}$ - 10^{-7}) к тонким взвесям (суспензия с размером дисперсной фазы более 10^{-6} м).

Таким образом, исходя из вышесказанных предварительных оценок зададим первоначальное значение критерия Рейнольдса равным:

$$R^1 e_{зад.} = 10^{-6} \quad (13)$$

$$\Psi_1 = \frac{3\Pi}{Re} = 9,4 \cdot 10^6$$

$$d_1 = 0,6 \cdot 10^{-13}\Psi = 0,6 \cdot 10^{-13} \cdot 9,4 \cdot 10^6 = 5,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$R^1 e_{факт.} = \frac{w_{зад.} \cdot d_1}{\nu} = \frac{0,56 \cdot 10^{-6} \cdot 5,7 \cdot 10^{-7}}{1,05 \times 10^{-6}} = 3,0 \cdot 10^{-7}$$

$$R^1 e_{зад.} = 10^{-6} \text{ больше } R^1 e_{факт.} = 3,0 \cdot 10^{-7}$$

Поэтому на следующем этапе вычислений методом последовательного математического приближения необходимо уменьшить $R^2 e_{зад.}$:

$$R^2 e_{зад.} = 0,3 \cdot 10^{-6} \quad (14)$$

$$\Psi = \frac{3\Pi}{Re} = 31,4 \cdot 10^6$$

$$d_2 = 0,6 \cdot 10^{-13}\Psi_2 = 0,6 \cdot 10^{-13} \cdot 31,4 \cdot 10^6 = 18,9 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$R^2 e_{факт.} = \frac{w_{зад.} \cdot d}{\nu} = \frac{0,56 \cdot 10^{-6} \cdot 18,9 \cdot 10^{-7}}{1,05 \cdot 10^{-6}} = 1,02 \cdot 10^{-6}$$

$$R^2 e_{зад.} = 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ меньше } R^2 e_{факт.} = 1,02 \cdot 10^{-6}$$

Поэтому на следующем третьем этапе вычислений $R^3 e_{зад.}$ надо увеличить

$$R^3 e_{зад.} = 0,530 \cdot 10^{-6} \quad (15)$$

$$\Psi_3 = \frac{3\Pi}{Re} = 17,7 \cdot 10^6$$



$$d_3 = 0,6 \cdot 10^{-13} \Psi_3 = 0,6 \cdot 10^{-13} \cdot 17,7 \cdot 10^6 = 1,06 \cdot 10^{-6} \text{ м}$$

$$R^3 e_{\text{факт}} = \frac{w_{\text{зад}} \cdot d_3}{\nu} = \frac{0,56 \cdot 10^{-6} \cdot 1,06 \cdot 10^{-6}}{1,05 \cdot 10^{-6}} = 0,564 \cdot 10^{-6}$$

Таким образом, на третьем этапе вычислений $R^3 e_{\text{зад}} = 0,530 \cdot 10^{-6}$ вплотную приблизилось к $R^3 e_{\text{факт}} = 0,564 \cdot 10^{-6}$ и относительная ошибка вычислений составляет:

$$A_{\text{отн}} = \frac{(0,564 - 0,530) \cdot 10^{-6} \cdot 100}{0,564 \cdot 10^{-6}} \cong 6,02\% \text{ отн.} \quad (16)$$

Поэтому дальнейшие расчеты не имеют практического значения и прекращаются.

Выводы

1. С целью получения устойчивой микросуспензии монтмориллонитовой глины в воде, которая бы не седиментировала в течение 10 часов в автопоилках птицефабрик, необходимо обеспечить диспергирование (измельчение) данной глины до частиц порядка $10^{-6} - 10^{-5}$ м.

2. При этом скорость седиментации (осаждения) частичек глины под действием гравитации при условии свободного осаждения составит $0,56 \cdot 10^{-6}$ м/с или 2 см за 10 часов. Однако, в реальных условиях стесненного осаждения, с учетом величины объемной доли жидкости в суспензии (ε) и отклонения геометрии частичек глины от шарообразной формы, скорость осаждения будет значительно меньше, чем в условиях свободного осаждения и, следовательно, суспензия будет более устойчивой.

Список литературы

1. Королькова С.В., Везенцев А.И. Сорбционные свойства природной и модифицированных монтмориллонит содержащих глин по отношению к ионам хрома (III) и хрома (VI) // Нано- и супрамолекулярная химия в сорбционных ионообменных процессах: материалы Всероссийской конференции с элементами научной школы для молодежи (Белгород, 14-17 сентября 2010 года). - Белгород: Изд-во БелГУ, 2010. - С.85-88.
2. Голдовская-Перистая Л.Ф., Воловичева Н.А., Везенцев А.И., Перистый В.А. Изотерма сорбции ионов стронция монтмориллонит-гидроалюминатными глинами. // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2011. - Т.11, вып.2. - С.165-171.
3. Везенцев А.И., Воловичева Н.А. Вещественный состав и сорбционные характеристики монтмориллонитсодержащих глин // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2007. - Т.7, вып.4. - С.639-643.
4. Везенцев А.И., Голодовская Л.Ф., Кормош Е.В. [и др.] Сорбция ионов тяжелых металлов нативными, обоготенными и модифицированными формами монтмориллонитовых глин. // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2006. - Т.6, вып.6, Ч.4. - С.1327-1330.
5. Везенцев А.И., Голдовская-Перистая Л.Ф., Трубицын М.А. [и др.] Сравнительная оценка способности нативных монтмориллонитовых глин Белгородской области и угля сорбировать ионы свинца. // Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья: Материалы III Международной научной конференции (Белгород, 22-24 сентября 2008г.). - Белгород: Изд-во БелГУ, 2008. - С.84-87.
6. Шукин Е.Д., Перцев А.В., Амелина Е.А. Коллоидная химия: Учебник для университетов и химико-технологических ВУЗов. - М.: Высшая школа, 2004. - 445с.

HYDRODYNAMIC AND MATHEMATICAL ASPECTS OF OBTAINING OF STABLE MICROSUSPENSIONS OF MONTMORILLONITE NANOSTRUCTURAL CLAYS FOR POULTRY BREEDING

**V.A. Peristy, A.I. Vezentsev,
L.F. Bukhanov, E.V. Dobrodomova,
V.N. Bogdanov,
A.A. Shaposhnikov, G.V. Frolov**

Belgorod State National Research University, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: zenino@bk.ru

Hydrodynamic calculations have shown that a stable clay suspension corresponds to particle sizes $10^{-6} - 10^{-5}$ m, the rate of free sedimentation being less than $0,56 \cdot 10^{-6}$ m/s/

Keywords: hydrodynamics, clay, hydraulic resistance, gravitation force, flow regime, Newton equation

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ СМЕСИ КСЕНОБИОТИКОВ ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА В ПРИСУТСТВИИ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА (II) ¹

**М.Н. Устинова,
О.Е. Лебедева**

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет, Россия, 309015,
г. Белгород, ул. Победы, 85*

E-mail: ustinova@bsu.edu.ru

Изучена окислительная деструкция 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфоната натрия в смеси с 4-нитрофенолом под воздействием реактива Фентона. Зафиксировано неадекватное поведение компонентов смеси (прототирующий эффект 4-нитрофенола).

Ключевые слова: окислительная деструкция, реактив Фентона, 4-нитрофенол, прототирующий эффект.

Введение

Загрязнение окружающей среды отходами химической промышленности приводит к тому, что устойчивые химические вещества накапливаются в объектах окружающей среды и становятся активными участниками экосистем, постепенно разрушая их компоненты своей высокой токсичностью. Кроме того, природные объекты одновременно содержат ряд загрязнителей [1, 2], что снижает скорость и глубину самоочищения экосистем путем биодegradации поллютантов. Альтернативой биодegradации является химическая деструкция, которая особенно эффективно протекает в системах, содержащих высокоактивные радикальные частицы.

Радикальный распад пероксида водорода под действием ионов железа происходит с образованием гидроксильного радикала, который является неселективным активным центром и обладает способностью одинаково успешно атаковать сложную молекулу по различным связям [3, 4]. Известно [5], что введение в систему Фентона помимо окисляемого субстрата дополнительного реагента влияет на эффективность процесса, причем возможно как ингибирование процесса антиоксидантами, так и усиление окислительной активности. В связи с этим изучение окисления потенциальных загрязнителей в смесях представляет значительный интерес.

Экспериментальная часть

Во всех экспериментах изучали окисление субстратов реактивом Фентона (смесью пероксида водорода и соли двухвалентного железа) при температуре 23°C.

Для приготовления реактива Фентона применяли «медицинский» пероксид водорода, точное значение концентрации которого определяли методом окислительно-восстановительного титрования перманганатом калия в кислой среде. Источником ионов железа (II) служила соль Мора.

За изменением концентрации субстратов в ходе деструкции следили спектрофотометрическим методом. Аналитическая длина волны составляла для 4-нитрофенола 320 нм, для 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфоната натрия – 262 нм. Исходная концентрация субстрата во всех экспериментах составляла 0.25 ммоль/л. Соотношение окислительных реагентов также было постоянным и соответствовало $[H_2O_2]:[Fe^{2+}]=32:1$.

Результаты и обсуждение

Для детального изучения были взяты субстраты, представляющие различные классы распространенных загрязнителей окружающей среды. Так, 4-нитрофенол является известным пестицидом. Его окисление изучали в смеси с 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфонатом натрия – действующим веществом фармацевтического препарата анальгина.

¹ Работа выполнена в рамках НИР по государственному заданию, регистрационный № 3.853.2011.

При окислении в индивидуальных растворах 4-нитрофенол подвергается деструкции с большей скоростью, чем 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфонат натрия. При совместном присутствии субстратов в растворе можно было ожидать, что два окислительных процесса будут протекать параллельно, либо один из субстратов проявит свойства промотора/ингибитора по отношению к окислению второго субстрата.

Кинетические кривые окисления смеси 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфоната натрия с 4-нитрофенолом при эквимолярном соотношении субстратов представлены на рис. 1. В табл. 1 приведены результаты окисления смесей различного состава.

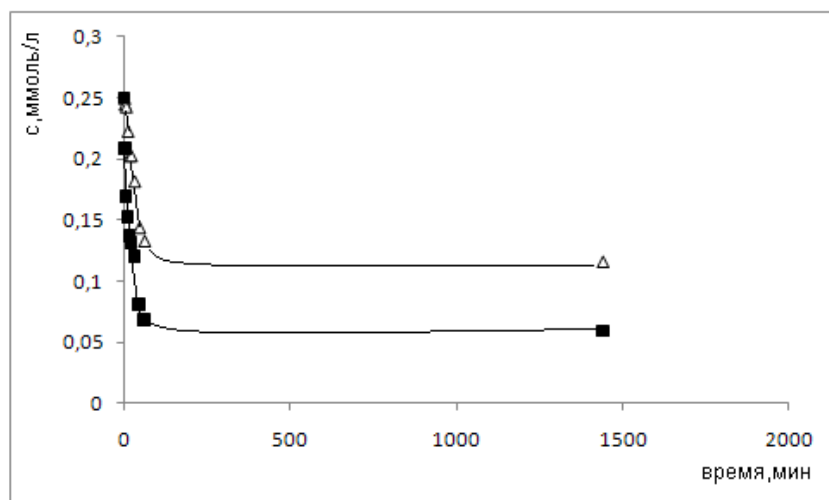


Рис. 1. Кинетические кривые окисления компонентов смеси 4-нитрофенола (Δ) с 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфонатом натрия (■)

При сравнении скорости и эффективности окисления двух субстратов в их смеси можно видеть, что 4-нитрофенол в смеси в эквимолярном соотношении с 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфонатом натрия по-прежнему имеет более высокую степень деструкции, чем этот второй субстрат. Более того, 4-нитрофенол легче окисляется при любых изученных соотношениях субстратов, даже в концентрации, четырехкратно превосходящей содержание 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфоната натрия.

К интересным заключениям приводит сравнение глубины деструкции каждого из субстратов в смеси с поведением этих веществ в индивидуальных растворах. Как и следовало ожидать, в присутствии конкурирующего субстрата 4-нитрофенол подвергается деструкции с меньшей скоростью, чем в индивидуальном растворе. Гораздо более неожиданным является тот факт, что в смеси 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфонат натрия имеет более высокую степень деструкции, чем при окислении в индивидуальном растворе. Особенно это заметно при малых временах превращения (1 час, табл. 1). Однозначной зависимости степени деструкции 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфоната натрия от концентрации 4-нитрофенола при этом не прослеживается.

Таблица 1

Сравнение степени деструкции 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфоната натрия и 4-нитрофенола в смесях

Соотношение реагентов [1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфонат натрия]: [4-нитрофенол]	Степень деструкции 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфоната натрия		Степень деструкции 4-нитрофенола	
	за час, %	за сутки, %	за час, %	за сутки, %
0.25:0	15.0	60.0	-	-
0.25:0.25	45.5	62.4	67.5	79.2
0.25:0.125	45.0	53.6	54.5	64.0
0.125:0.25	41.0	53.6	68.0	72.0
0.5:0.125	40.7	64.1	64.0	64.3
0.125:0.5	52.0	54.2	82.0	82.8
0:0.25	-	-	78.0	100.0

Таким образом, подтверждается предположение о возможности промотирующего влияния одного субстрата на окисление другого, а именно - 4-нитрофенола на окислительную деструкцию 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфоната натрия.

Промотирующий эффект обусловлен, вероятно, более высокой реакционной способностью интермедиатов, образующихся в смесях, по сравнению с окислением индивидуальных субстратов.

Заключение

Обнаружен промотирующий эффект 4-нитрофенола по отношению к окислению 1-фенил-2,3-диметил-4-метиламинопиразолон-5-N-метансульфоната натрия реактивом Фентона.

Список литературы

1. Dzengel J., Theurich J., Bahnemann D. W. Formation of Nitroaromatic Compounds in Advanced Oxidation Processes: Photolysis versus Photocatalysis // *Environmental Science and Technology*. – 1999. – Vol. 33, № 2. – P. 294–300.
2. Garrido J.A. Mineralization of Drugs in Aqueous Medium by Advanced Oxidation Processes // *Portugaliae Electrochimica Acta*. – 2007. – Vol. 25. – P. 19–41.
3. Сычев А.Я., Травин С.О. Каталитические реакции и охрана окружающей среды. – Кишинев: Штиинца, 1983. – 216 с.
4. Хейнс А. Методы окисления органических соединений: алканы, алкены, алкины, арены. – М.: Мир, 1988. – 400 с.
5. Долгоплоск Б.А., Тинякова Е.И. Генерирование свободных радикалов и их реакции – М.: Наука, 1982. – 254 с.

OXIDATIVE DEGRADATION OF MIXTURE OF XENOBIOTICS BY HYDROGEN PEROXIDE IN THE PRESENCE OF IRON (II) IONS

M.N.Ustinova, O.E.Lebedeva

Belgorod State National Research University, Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: ustinova@basu.edu.ru

Oxidative degradation of sodium 1-phenyl-2,3-dimethyl-4-methylaminopirazolone-5-N-metansulfonate in a mixture with 4-nitrophenol under the influence of Fenton reagent was studied. Non-additive behavior of the mixture components (promoting effect of 4-nitrophenol) was registered.

Keywords: oxidative degradation, Fenton reagent, 4-nitrophenol, promoting effect.



НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 631:502.1

ОБ ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ АГРОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ, ОБУСЛОВЛЕННОЙ ВНЕПРОИЗВОДСТВЕННОЙ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКОЙ¹

Ю.С. Белицкая, А.Г. Корнилов

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

E-mail: zherebnenko@yandex.ru;
Kornilov@bsu.edu.ru

Дается краткая характеристика подходов к оценке экологической ситуации агрохозяйственных территорий Белгородской области. Анализируются варианты типизации сельских населенных пунктов и обосновывается выбор типов сел для изучения непроеизводственной антропогенной нагрузки.

Ключевые слова: агрохозяйственные территории, типизация сельских населенных пунктов, общественное природопользование, непроеизводственная антропогенная нагрузка.

Введение

Сельские поселения традиционно выступают одним из ведущих факторов воздействия на окружающую среду. В связи с наблюдаемыми в последнее время трансформациями агропромышленного комплекса меняется также структура и характер сельского расселения и, соответственно, как производственное, так и непроеизводственное воздействие на окружающую природную среду. Изучаемая нами непроеизводственная антропогенная нагрузка на сельскохозяйственных территориях зависит от большого числа природных и социально-экономических факторов. Соответственно исследования проводятся в разрезе типов сельских населенных пунктов с учетом следующих моментов.

Нпроеизводственная антропогенная нагрузка по исследованиям А.Г. Корнилова, И.А. Гененко [1] достаточно неоднородна и так называемое общественное природопользование дифференцируется по нескольким основным направлениям:

- 1) посещение окружающей среды с потребительскими целями (выпас скота, сенокос и т.д.);
- 2) рекреационное использование окружающей среды;
- 3) некоторые виды общественного природопользования совмещают потребительские и рекреационные задачи, но здесь, в большинстве случаев, рекреационные цели преобладают (сбор грибов и ягод, рыболовство и пр.).

Общественное природопользование – это взаимодействие социума и природы, не опосредованное производственной деятельностью человека.

По критерию соотношения в общественном природопользовании неизменной природы и урбанизационной среды выделяют четыре типа природопользования [2]:

- 1) Заповедное природопользование – доступное только научным работникам для экспериментов и исследований, студентам – для практики, широкой публике – для кратковременных экскурсий. Главная и отличительная черта заповедного природопользования не сырьевое, а информационное использование природных ресурсов.
- 2) Рекреационное природопользование основано на развитой сети загородных природных парков для длительного отдыха и туризма, лесных и охотничьих хозяйств, естественных сенокосов, отгонных пастбищ, т. е. предполагает умеренную эксплуатацию природных комплексов естественного происхождения, отчасти с антропогенным видовым составом и специально подобранной устойчивой растительностью. Так же, как и при заповедном типе, здесь большое значение имеют экскурсии, и важным фактором остается пейзаж. Но уже разрешается лежать на траве,

¹ Исследования выполнены в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы Проект № 14.132.21.1391 «Трансформация экологической ситуации современного села (на примере сёл Белгородской области)».

купаться, собирать грибы и ягоды, ловить рыбу и т. п. Здесь располагаются туристские базы, дачные поселки, размещается сеть туристских троп и маршрутов.

3) Руральное (сельскохозяйственное) природопользование характеризуется средней и высокой интенсивностью ведения сельского хозяйства. Сады, огороды, поля, фермы перемежаются здесь с водохранилищами, лесами и лугами, пригородными парками для отдыха.

4) Урбанизированное природопользование включает постоянные городские жилища, зоны общественного обслуживания и предприятия обрабатывающей промышленности, которые перемежаются с городскими парками и скверами повседневного пользования [3].

Так как население разных типов сельских населенных пунктов использует разные виды общественного природопользования, то необходимо изучить характер общественного природопользования дифференцированно как по видам населенных пунктов, так и по видам и интенсивности общественного природопользования. Отчасти эти вопросы исследовались в работах А.Г. Корнилова, Е.М. Лопиной, в том числе и в диссертации Гененко И.А., но в работе Гененко населенные пункты дифференцировались, во-первых, только по людности, а во-вторых дифференциация населенных пунктов по людности в конечном итоге не нашла своего отражения в составлении карты экологического состояния территории (как агроэкосистем) [4, 5]. Таким образом, необходимо совершенствование методики изучения общественного природопользования в рамках дифференциации типов населенных пунктов, не только по численности населения, но и по иным социально-экономическим и демографическим параметрам.

Существует множество подходов к типизации сельских населенных пунктов. Некоторые принципы типологии сельских поселений были изложены еще в 1947–1949 годы в работах, анализировавших задачи и проблемы советской географии населения (Р.М. Кабо, Ю. Г. Саушкин, Н.И. Ляликов, В.В. Покшишевский). В последующих работах, посвященных методологическим вопросам географии сельского расселения или характеристике расселения для отдельных районов страны (В. В. Покшишевский, С.А. Ковалев, К.П. Космачев, В.С. Валов, О.Р. Назаревский, Б.С. Хорев, А.А. Минц, Т.К. Дагаев и др.), также можно найти вопросы типологии сельских поселений. В частности, в научной литературе упоминаются: группировка поселений по их величине (людности); генетическая типология поселений, основанная на особенностях их происхождения; типология с учетом топографического положения населённых пунктов; функциональная типология, учитывающая структуру занятости сельских жителей; типология поселений по особенностям их планировочных форм, где учитываются взаиморасположение застроенных участков, улиц и функциональных зон, такие планировочные формы сел как линейные, кучевые (беспорядочные), квартальные, свободная планировка и т.п.

Таким образом, существует множество подходов к типизации сельских населенных пунктов, но поскольку мы изучаем внепроизводственную нагрузку, дифференциацию объектов изучения мы будем осуществлять, в первую очередь, по таким параметрам как:

1) Людность, поскольку она определяет концентрацию рекреационной нагрузки;

2) Преобладающий характер занятости населения. На формирование различных типов сельской местности значительное влияние оказывает специализация и уровень интенсивности сельскохозяйственных предприятий, степень развития агропромышленной интеграции и социальной инфраструктуры.

3) Близость (удаленность) от крупных промышленных центров, что определяет характер трудовых маятниковых миграций и соответственно восприятие природного ландшафта, либо как объектов более или менее «чистой рекреации», либо как объектов дополнительного источника существования.

Соответственно в целях картографирования непроизводственной антропогенной нагрузки на первом этапе проводится анализ социально-экономических, демографических условий и формируется матрица антропогенного воздействия.

Следующий этап включает изучение рекреационной нагрузки в сельских поселениях.

Дифференциация уровня воздействия непроизводственной антропогенной нагрузки зависит не только от характера социально-экономических показателей, но и от ландшафтных условий. В ряде работ [6–8] указывается на дифференциацию предпочтений населения при осуществлении общественного природопользования. Предпочтения формируются в результате дифференциации потребительских качеств природных объектов (наличие или отсутствие рыбы, урожайность грибов и ягод и т.д.) или от эстетических предпочтений. Второй тип дифференциации предпочтений связан с рекреационной нагрузкой.

Соответственно, для интегральных оценок и в целях картографирования экологической нагрузки необходима дифференциация уже объектов природной среды по уровням посещаемости с присвоением им коэффициента привлекательности: отдельно для случаев рекреационного использования и отдельно для случаев потребительского природопользования (сенокосы, пастбища).



Итогом должна стать матрица, характеризующая статусные параметры природных объектов, зависимые, с одной стороны, от типов соседствующих населенных пунктов, а с другой стороны, от потребительских свойств. В частности определяются такие параметры как радиусы средних ареалов общественного природопользования, интенсивность посещений, коэффициент пространственной дифференциации мест посещений. Наличие подобной базы является исходной информационной базой для картографирования.

Список литературы

1. Гененко, И.А. Методика изучения социально-географических аспектов общественного природопользования и оценки эстетико-потребительских параметров среды: Метод. пособие / И.А. Гененко, Е.М. Лопина, А.Г. Корнилов – Белгород: ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2009. – 44 с.
2. Геоэкология и природопользование: Учебник для ВУЗов / Под ред. Н.Н. Родзиевич. – М.: Дрофа, 2003. – 256 с
3. Анучин, В.Л. Основы природопользования: Теоретический аспект / В.Л. Анучин. – М.: Мысль, 1978. – 293 с.
4. Гененко, И.А. Оптимизация общественного землепользования в староосвоенных регионах на примере Белгородской области / Автореферат дис. И.А. Гененко. Белгород: Белгородский государственный университет, 2007.
5. Корнилов, А.Г. Параметры общественного землепользования (общественного природопользования) и эстетического восприятия ландшафтов разных типов населенных пунктов Белгородской области / А.Г. Корнилов, И.А. Гененко, Е.М. Лопина // Проблемы региональной экологии. – 2007. – №6. – С. 113-121.
6. Лопина, Е.М. Оценка эстетико-потребительских параметров среды на региональном уровне (на примере Белгородской области) / Автореферат дис. Е.М. Лопиной. Белгород: Белгородский государственный университет, 2009.
7. Корнилов, А.Г. Изучение особенностей эстетического восприятия ландшафтов / А.Г. Корнилов, Е.М. Лопина; // Региональные и отраслевые географические исследования: сборник статей / СПб.: РГО, 2005. – С. 57-60.
8. Лопина, Е.М. Анализ эстетического восприятия ландшафтов для целей устойчивого развития территории и оптимизации структуры земель общественного природопользования / Е.М. Лопина, А.Г. Корнилов // Проблемы региональной экологии. – Смоленск, 2007. – № 6. – С. 121-128.

ON THE ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL SITUATION OF AGROECONOMIC TERRITORIES CAUSED BY EXTRA PRODUCTION ANTHROPOGENIC LOAD

Y.S. Belitskaya, A.G. Kornilov

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

E-mail:

*yulia-zherebnenko@yandex.ru;
kornilov@bsu.edu.ru*

The short characteristic of approaches to the assessment of the ecological situation of agroecological territories of the Belgorod region is given. The options of typification of rural settlements are analyzed and also the choice of types of villages for studying non-productive anthropogenic load is proved.

Keywords: agroecological territories, typification of rural settlements, public environmental management, non-productive anthropogenic load.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА ПРИ КАРТОГРАФИРОВАНИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ

С.Ю. Булыгин¹, А.Б. Ачасов², Ф.Н. Лисецкий³

¹ Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, п. Майский, ул. Вавилова, 1
E-mail: s.bulygin@rambler.ru

² Украина, Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева, Украина, 62483, Харьковская обл., Харьковский р-н, п. Коммунист
E-mail: achasovab@rambler.ru

³ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: liset@bsu.edu.ru

Представлена схема интегрального анализа цифровых моделей рельефа и данных дистанционного зондирования для получения прогнозных почвенных карт. Геоинформационный анализ рельефа позволяет оценить почвообразующий потенциал изучаемой территории, а космическое зондирование предоставляет информацию о современном состоянии почвенного покрова. Предлагаемый подход позволяет унифицировать и объективизировать процесс выделения почвенных контуров.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, ГИС-технологии, цифровые модели рельефа, почвенные карты, картографирование почв.

Известно, что крупномасштабное почвенное картографирование обязательно должно опираться на топографические карты местности или данные аэрокосмической съемки [1, 2]. Именно эти материалы являются основой для перевода дискретной информации о почвах в картографическую форму.

Необходимо отметить уникальность этих двух источников информации – альтернативой им может быть лишь геостатистическая интерполяция по точечным данным, которая, однако же, требует значительного количества точек опробования, достаточно затратная и, как указано в самом термине, не предназначенная для экстраполяции [3].

Разумеется, использование топографических материалов и данных дистанционного зондирования (ДДЗ) для пространственного прогнозирования распределения почвенных характеристик также нельзя назвать экстраполяцией в сугубо математическом значении этого термина. Но в отличие от геостатистики, опирающейся при построении квазиповерхностей лишь на анализ пространственной структуры самой исследуемой переменной, эти материалы, как «матрицы», могут при наличии четких индикационных моделей объективно воссоздавать определенные характеристики почвенного покрова.

При этом, если аэрокосмические материалы предоставляют информацию о почвенных параметрах, связанных с оптическими свойствами поверхности, то топографические карты позволяют прогнозировать (через обоснование границ) структуру почвенного покрова, исходя из анализа влияния рельефа на развитие морфофункциональных элементарных почвенных процессов.

Такой подход приобрел особую актуальность в последние годы в связи со стремительным развитием компьютерных технологий, позволившим быстро обрабатывать большие массивы данных, строить, анализировать и визуализировать сложные квазиповерхности по типу цифровых моделей рельефа (ЦМР).

В современном почвоведении количественный анализ ЦМР активно используется для установления корреляционных зависимостей между отдельными почвенными параметрами и характеристиками рельефа [4, 5, 6], оценки изменения структуры почвенного покрова [7], построения почвенных карт [8, 9]. Особый интерес вызывают примеры картографирования почв с использованием ЦМР и ДДЗ. Перспективность данного направления обусловлена возможностью взаимодополняемости и взаимозаменяемости этих видов информации.

На примере дешифрирования космической съемки территории штата Аризона установлено [10], что выделенные 12 спектральных классов (ареалов) хорошо коррелируют с таки-



ми показателями, как материнская порода, крутизна и экспозиция склона. Однако эти зависимости имели преимущественно локальный характер, связанный с ландшафтными особенностями исследуемой территории. Четких детерминированных связей между ДДЗ, параметрами рельефа и почвенного покрова установлено не было. Авторы отмечают, что полученные в результате исследований картографические материалы являются лишь дополнительными к традиционным почвенным картам.

В результате комбинирования ДДЗ и параметров цифровой модели рельефа для исследования почв в условиях сложного рельефа штата Висконсин [11] определено, что полученная таким способом пространственная почвенная классификация на 72% совпадает со среднemasштабной почвенной картой. Отметим, что классификацию проводили преимущественно по ландшафтными критериям.

Указано [6], что совместный учет геоморфологической неоднородности территории, определяемой при помощи ЦМР, вместе с дистанционно определяемым индексом вегетации значительно улучшают результаты почвенного картографирования.

Amesskamp и Lamp [120] считают, что современная земельная геоинформационная база Германии должна базироваться на совместном использовании ДДЗ, топографических и фондовых почвенных карт

Несмотря на преимущества аэрокосмических методов, их широкое использование для определения почвенных свойств ограничено погодными условиями и экранированием почвы растительным покровом. Это определяет значимость для верификации ДДЗ подспутниковых работ, например, применяя цифровые фотоаппараты для определения содержания гумуса по окраске почв [13].

Показателен пример совместного использования ЦМР и ДДЗ, продемонстрированный в работе [14]. На первом этапе проводили дешифрирование космических снимков с целью получения классификации земельных ресурсов: застройка, лес, сельскохозяйственные земли и т.п. Затем выполняли классификацию рельефа, заключающуюся в последовательном выделении по ЦМР форм рельефа от макро- до микроуровня. Полученную пространственную классификацию совместили с геологической картой местности, позволило обособить «земельные единицы» (*soil land units*) разного ранга. К примеру, наиболее низкий (детальный) уровень «земельных единиц» выделяется по критериям экспозиции и крутизны склонов. Данные ДДЗ используются как дополнительный критерий для определения границ выделенных групп.

Сорокиной и Козловым [15] предложен оригинальный подход к крупномасштабному картографированию дерново-подзолистых почв. Авторы использовали ряд параметров рельефа (площадь водосбора, индекс влажности и др.), а также ДДЗ (яркости спектральных каналов, индекс NDVI) в качестве индикационных характеристик для составления цифровых почвенных картосхем.

Hengl и Rossiter [16] приводят пример совместного использования ДДЗ и ЦМР при создании почвенных картографических материалов для района Хорватии общей площадью 1000 км². По ДДЗ выделяли однородные почвенно-ландшафтные участки, которые в дальнейшем сравнивали с картосхемами отдельных параметров рельефа. В выводах отмечается целесообразность и эффективность такого подхода. Аналогичный подход был использован в работе [17] для создания мелкомасштабной карты почв одного из регионов Венгрии.

Целью статьи является представление нового подхода к обеспечению картографической основой процесса полевого почвенного обследования путем составления крупномасштабных прогнозных почвенных карт, основанных на количественном интегральном анализе топографических и аэрокосмических материалов.

Объекты и методы исследований. Полевые исследования проводили в 2000-2001 гг. на территории агрофирмы «Шахтер» Славянского района Донецкой области. В качестве полигона были выбраны два расположенных рядом поля общей площадью 108 га. На данной территории заложили 5 почвенных разрезов и отобрали 3 образца из слоя 0-10 см (рис. 1-2).

Разрез № 250. Чернозем обыкновенный на элювии песчаников: А 0-40 см, АВ 40-65 см, В 65-91 см, С > 91 см. Содержание гумуса (Н) – 1,6%. Содержание физической глины (ФГ) – 27%. Крутизна склона (К) – 3,5°, Экспозиция (Э) – 140°.

Разрез № 253. Чернозем обыкновенный слабосмытый на лессовидных суглинках: А 0-30 см, АВ 30-48 см, Вк 48-70 см, Рк > 70 см. Н=4,7%. ФГ=58%. К=2°. А=100°.

Разрез № 256. Чернозем обыкновенный на элювий песчаников, подстилаемый плотными глинами: А 0-28 см, АВ 28-34 см, В 34-48 см, С 48-92 см, D > 92 см. Н=1,8%. ФГ=37%. К=5,7°. Э =170°.

Разрез № 257. Чернозем обыкновенный на элювий песчаников, подстилаемый плотными глинами: А 0-30 см, АВ 30-41 см, В 41-61 см, С 61-100 см, D > 100 см. Н=1,5%. ФГ=35%. К=5,7°. Э =165°.

Разрез № 258. Чернозем обыкновенный среднесмытый на лессовидных суглинках: Ак 0-28 см, АВк 28-40см, Вк 40-50 см, Ск > 50 см. Н=4,0%. ФГ=63%. К= 6°. Э = 185°.

Точка № 251. Н=1,8%. ФГ=43%. К=3,8°, Э = 125°.

Точка № 254. Н=4,6%. ФГ=55%. К=2,1°, Э = 105°.

Точка № 255. Н=1,7%. ФГ=36%. К=5,7°, Э = 165°.

Заметим, что данный полигон был лишь одним из многих изученных в рамках этой проблематики [09, 20] и его выбор в качестве объекта исследования был обусловлен двумя основными причинами.

Во-первых, на исследовательский полигон была собрана наиболее полные фондовые данные, а именно: разновременные и разноплановые космические снимки; топографическая карта масштаба 1: 10000; почвенная карта того же масштаба (рис. 1), полученная по традиционной методике без применения ДДЗ. Таким образом, были смоделированы оптимальные условия подготовительного этапа почвенного обследования. Отметим, что легенда карты отражает точку зрения [21], согласно которой влияние эрозии на почвенный покров незначительно, а укороченность профиля почв объясняется, главным образом, природными условиями их образования. В этом контексте термин «слабоксероморфная почва» использован для почвы, которая имеет незначительно меньшую мощность профиля по сравнению с модальной. Согласно традиционным воззрениям такая почва могла бы называться слабосмытой.

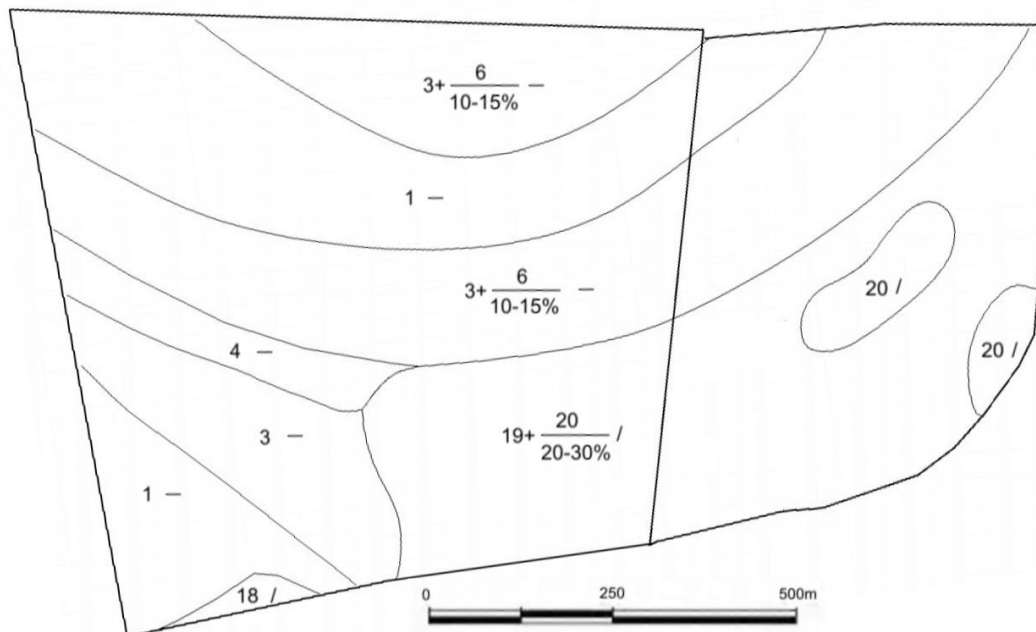


Рис. 1. Фрагмент архивной почвенной карты исследуемой территории

1 – чернозем обыкновенный легкоглинистый на лессах; 3 – чернозем обыкновенный легкоглинистый слабосероморфный на лессах; 4 – чернозем обыкновенный легкоглинистый среднесероморфный на лессах; 6 – чернозем обыкновенный легкоглинистый слабосмытый на лессах; 18 – чернозем среднесуглинистый на элювии песчаников; 19 – чернозем среднесуглинистый слабосероморфный на элювии песчаников; 20 – чернозем среднесуглинистый среднесероморфный на элювии песчаников

Во-вторых, почвенный покров полигона характеризуется значительной пестротой, что хорошо отображает рис. 2. Тоновая неоднородность космического снимка открытых почв объясняется тремя основными факторами: 1) эродированностью почвенного покрова; 2) разнообразием материнских пород (лессы и песчаники), что обуславливает неоднородность гранулометрического состава почв и, как следствие, существенные различия в их гумусированности и окраске; 3) влиянием рельефа на гидротермические условия почвообразования и гумусонакопления.

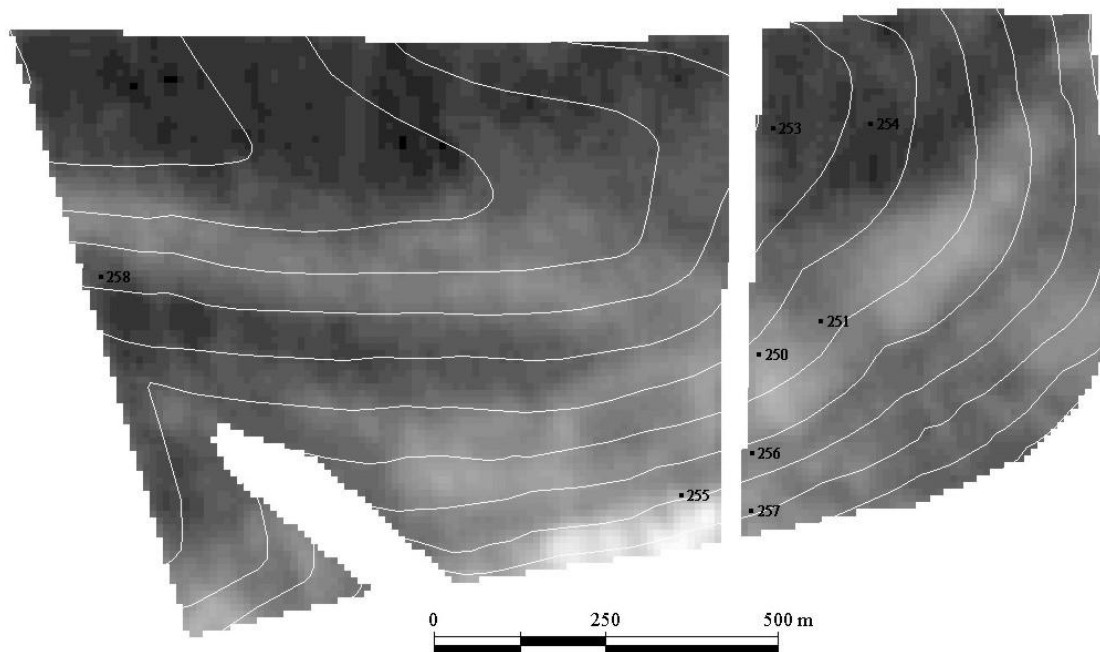


Рис. 2. Космическое изображение (КА IRS) тестовых полей №№1-2 с наложенными горизонталями (сечение рельефа – 5 м)

Схема исследований предполагала построение прогнозной почвенной карты полигона на основании интегрального анализа ЦМР и ДДЗ с привлечением архивной карты почв. Для анализа и проверки прогнозной карты было решено использовать полученные ранее данные о почвах полигона.

Отметим, что предлагаемый подход к составлению прогнозных почвенных карт на базе количественного интегрального анализа разноплановых материалов применим в первую очередь к зональным автоморфным почвам, преобладающим на территории лесостепной и степной зон.

На базе архива ГНПЦ «Природа» был сформирован пакет ДДЗ, состоящий из снимков: 1) КА Landsat-4; дата съемки – 22.08.1988; многоспектральное сканирование по семи спектральным каналам (мкм): 1) 0,45-0,52; 2) 0,52-0,60; 3) 0,63-0,69; 4) 0,79-0,90; 5) 1,55-1,75; 7) 2,08-2,35; разрешающая способность съемки в каналах №№1-5,7 – 28,5 м, №6 – 120 м.; 2) КА «Ресурс-Ф1», камера КФА-1000; дата – 19.08.1985; цветная спетрозональная фотосъемка в диапазоне – 0,57-0,81 мкм; разрешающая способность после оцифровки негатива снимка – 10-12 м; 3) КА IRS; дата – 07.05.2003; панхроматическая съемка в диапазоне 0,5-0,75 мкм; разрешающая способность – 5,8 м. Все снимки получены в условиях нулевой облачности. Подбор материалов ДЗЗ проводили с учетом погодных условий, что позволило отобрать снимки, характеризующие воздушно-сухое состояние почвы, и снять вопрос о влиянии влажности на окраску почвы

Цифровая модель рельефа была получена путем сканирования топографических карт масштаба 1:10000. Отвекторизованные изогипсы рельефа с помощью геоинформационной системы TNTlite были преобразованы в растровое изображение высот местности.

Результаты исследований и их обсуждение

Поскольку реальную пространственную картину современного состояния почвенного покрова может дать только дистанционное зондирование, на первом этапе изучали временную динамику цветовой неоднородности почв полигона. В частности требовал подтверждения вопрос: не связана ли пестрота наиболее актуального по времени снимка, выполненного КА IRS, с иными неучтенными факторами, например, какими-либо технологическими операциями либо наличием на поле растительных остатков.

Статистический анализ ДДЗ показал, что между одновременными снимками наблюдается сильная корреляция. Коэффициенты корреляции колебались в пределах $r=0,74-0,88$ в

зависимости от типа снимка и используемого канала. Учитывая разницу в регистрирующей аппаратуре спутников, разрешающей способности съемки, а также в ее спектральном диапазоне, можно предположить, что за период 1985-2003 гг. на исследуемой территории не получили отражение эрозионные процессы такой интенсивности, которые могли бы привести к значительной трансформации структуры почвенного покрова. Также можно считать доказанным, что яркостная вариабельность космического снимка 2003 г. обусловлена именно цветовой неоднородностью почвенного покрова.

Для изучения пространственной структуры почвенного покрова по его отражательным свойствам был использован кластерный анализ, эффективность которого в решении задач дистанционной почвенной картографии показана на многочисленных примерах. Применяли итеративный метод группировки, процедура К-средних, мера расстояния – эвклидова. В качестве переменных выступали значения яркостей космических изображений открытой почвы.

Результаты анализа использовали для составления картосхемы отражательной способности почв полигона, на которой выделено четыре внутренне однородных кластера-ареала (рис. 3). Отметим, что отражательная способность почв увеличивается от первого кластера к четвертому: среднее значение яркости для 1 кластера составляет 85, для второго – 93, для третьего – 100, для четвертого – 116. Соответственно, основываясь лишь на ДДЗ, можно предположить, что один кластер характеризует наиболее «темные», высокогумусные почвы. Однако отметим условность такой однозначной интерпретации. Так, например, смытые легкоглинистые и несмытые песчаные почвы могут иметь одинаковую яркость на снимке. Последнее актуально для нашего случая, т. к. анализ архивной почвенной карты и результаты полевых исследований, показали, что юго-восточная часть полигона представлена почвами легкого гранулометрического состава, сформировавшимися на элювии песчаников.

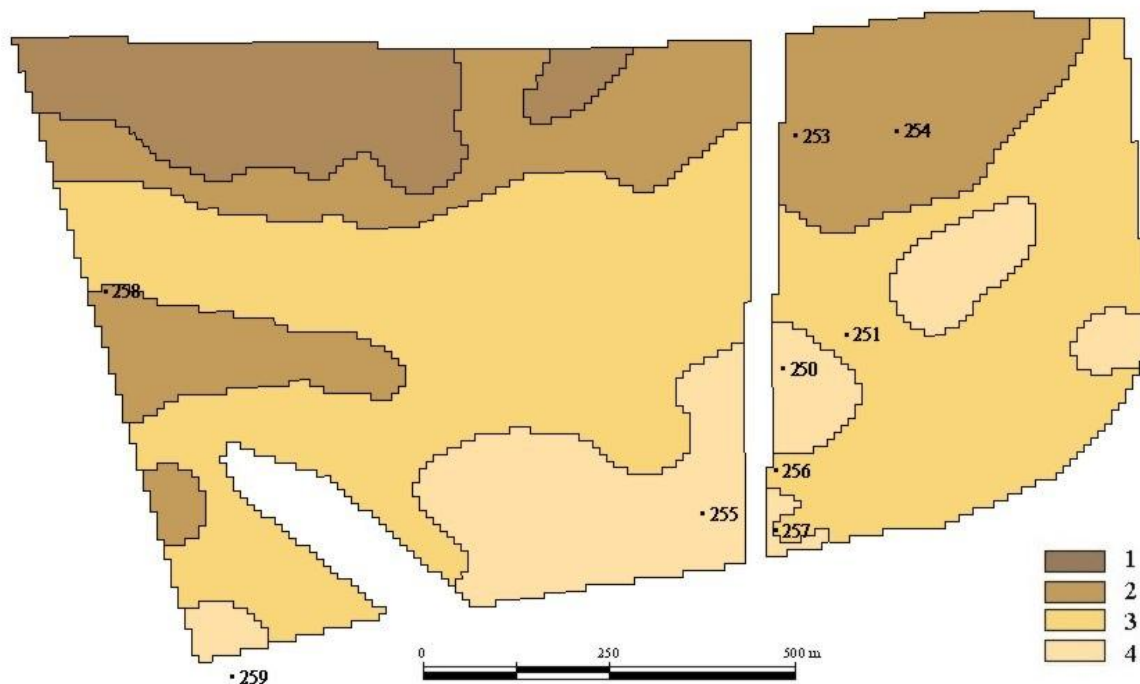


Рис. 3. Картосхема отражательной способности почв, созданная по результатам кластерного анализа ДДЗ. 1, 2, 3, 4 – номера кластеров

Следующим этапом исследований было преобразование ЦМР полигона в растровые изображения уклонов и экспозиций данной территории, поскольку именно эти параметры в первую очередь регулируют поступление солнечной радиации и осадков в почву, и соответственно, влияют на ее строение и плодородие. Для количественного учета этого влияния нами предложено использовать коэффициент ксероморфности (K_k) [18], который характеризует изменение гидротермических условий для конкретного участка рельефа в сравнении с горизонтальной поверхностью:

$$K_k = K_i / K_u,$$

где K_i – коэффициент инсоляции, отражающий поступление прямой солнечной радиации на реальный склон в сравнении с горизонтальной поверхностью; K_u – коэффициент относитель-

ного увлажнения, характеризующий поступление влаги в почву на данном склоне в сравнении с горизонтальной поверхностью.

Методика расчета приведенных коэффициентов изложена в ряде работ [19, 18]. Коэффициенты могут быть использованы как для вычисления абсолютных значений солнечной радиации и осадков для конкретных склонов, так и в качестве относительных параметров, характеризующих пространственный почвообразующий «потенциал» местности. Отметим, что Кк по своей сути близок радиационному индексу сухости, который широко используется в географии для оценки климатических условий ландшафтообразования. Разумеется, Кк не может полностью отразить влияние рельефа на почвообразование (так он не учитывает длину склона и его форму), однако в первом приближении он позволяет количественно оценить гидротермические условия в каждой точке рельефа.

Эффективность использования Кк при исследовании почвенного покрова была подтверждена по выборкам, состоящим из 124 и 23 разрезов для условий степи и лесостепи соответственно. Было установлено, что Кк тесно связан с содержанием гумуса в черноземах и мощностью их профиля [18] и, соответственно, может выступать предиктором при почвенном картографировании [20].

Исследуемая территория была разделена на четыре зоны (рис. 4) в соответствии со сложившимся гидротермическим условиями: 1-я зона (зона модальных гидротермических условий) характеризуется значениями Кк от 1 до 1,1; 2-я зона (зона слабой ксероморфности) – Кк = 1,1-1,2; 3-я зона (зона средней ксероморфности) – Кк = 1,2-1,3; 4-я зона (зона сильной ксероморфности) – Кк > 1,3.

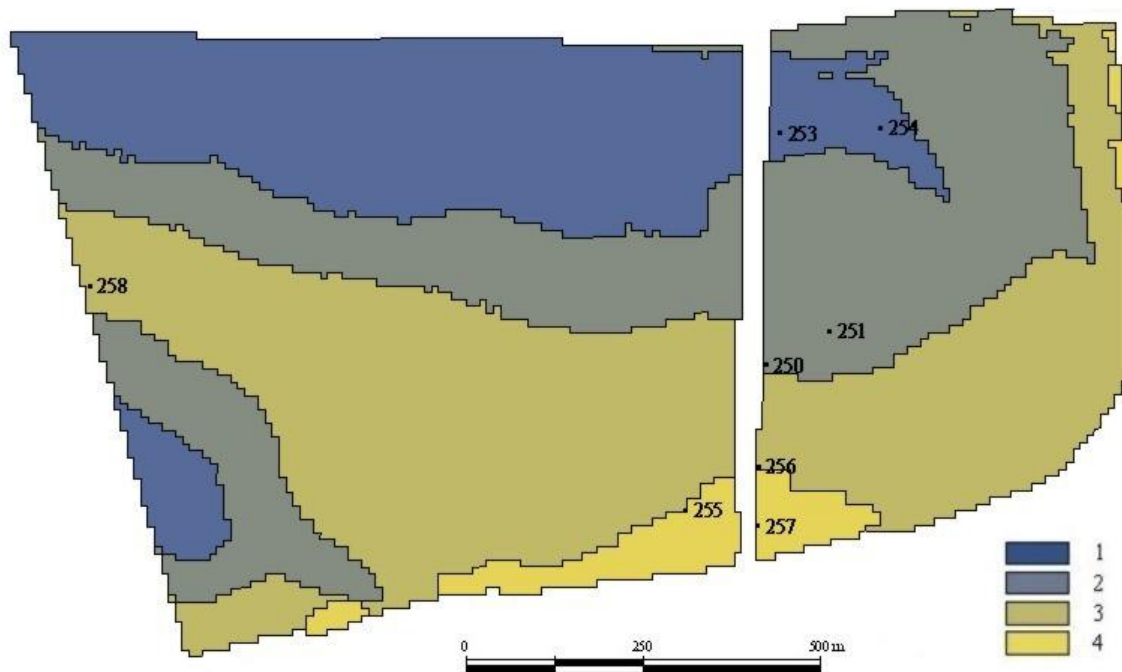


Рис. 4. Картограмма распределения по гидротермическим условиям:
1 – Кк=1-1,1; 2 – Кк=1,1-1,2; 3 – Кк=1,2-1,3; 4 – Кк>1,3

Такое зонирование было обусловлено рядом причин. Во-первых, результаты предыдущих исследований [18] свидетельствуют о том, что зависимость между Кк и рядом параметров почвы близка к линейной. В связи с этим, при анализе гидротермических условий территории целесообразно использовать также равномерную линейную шкалу. Во-вторых, согласно современным концепциям рационального использования земельных ресурсов, территории с крутизной более 5° рекомендуется выводить из интенсивной обработки. Соответственно, и обследование этих земель не будет требовать такой же степени детальности, как, например, привокзальных участков. Поскольку коэффициент ксероморфности склона крутизной 5° южной экспозиции (т. е. наиболее засушливый вариант) составляет 1,294, то к четвертой группе были отнесены все земли с Кк>1,3, без дальнейшей их дифференциации по данному признаку.

Полученная картограмма позволяет объективно выделять участки с однородными условиями почвообразования и дает возможность прогнозировать пространственную структуру почвенного покрова. Недостатки полученных материалов: 1) невозможность учета фактора ма-

теринских пород, что может существенно повлиять на результаты картографирования; 2) «идеальность» полученных материалов, характеризующих квазицелинное состояние почвенного покрова и не отражающих произошедшие с ним изменения.

Логично предположить, что интегральный анализ ДДЗ и ЦМР позволит ликвидировать недостатки каждого из информационных источников и добиться определенного эффекта эмерджентности. Картограмма ксероморфности становится своеобразным нуль-моментом, эталонным изображением незеродированного почвенного покрова территории, а картограмма отражательной способности почв фиксирует их актуальное состояние. Наложение этих карт позволит еще на подготовительном этапе почвенного обследования выделить ареалы потенциально смытых почв, и в дальнейшем, при проведении почвенной съемки, сконцентрировать на них дополнительное внимание.

Проиллюстрируем сказанное на примере анализа северной части полигона, представленной почвами одинакового гранулометрического состава. Разрез №253 отнесен к первой (модальной) зоне гидротермических условий, что говорит об оптимальных гидротермических условиях почвообразования, близких к плакорным. Отметим, что данная почва уступает по мощности и гумусированности чернозему обыкновенному модальному (разрез № 100), описанному на соседнем поле в условиях выровненного водораздела, и характеризуется следующими параметрами: мощность профиля – 90 см, Н=5,3%, ФГ=62%. Отличия между данными почвами могут быть объяснены как результатом эрозионных процессов, так и худшей влагообеспеченностью склонового варианта вследствие повышенной эвапотранспирации и потери влаги с поверхностным стоком [21]. Согласно картограмме отражательной способности почв (рис. 3) разрез №253 относится лишь ко второму по яркости кластеру. Таким образом, можно предположить, что на территориях со схожими гидротермическими условиями (модальная зона ксероморфности) в нынешних условиях можно выделить два ареала почв, существенно отличающихся по содержанию гумуса в верхнем слое. К сожалению, нам не удалось подтвердить это предположение фактически. Тем не менее, допустимо охарактеризовать почвы ареала территориально совпадающего со вторым оптическим кластером, как слабосмытые, а почвы первого кластера – как несмытые.

В таблице предложен вариант дешифрирования результатов интегрального анализа ДДЗ и ЦМР для условий, когда почвенный покров представлен черноземами, сформировавшимися на однородных материнских породах. Если предположить, что вся территория полигона представлена несмытыми черноземами одного гранулометрического состава, то изображения 3 и 4 должны быть идентичны, а все контуры, выделенные на них, будут характеризоваться совпадением номера кластера и зоны. Например, почвенный ареал северо-западного участка полигона, выделяемый при пересечении 1 кластера и 1 зоны, на предварительном этапе почвенного обследования получит следующую прогнозную диагностику – чернозем модальный. Использование архивной почвенной карты позволит уточнить номенклатуру, например – чернозем обыкновенный модальный легкоглинистый. Контуры вторых номеров анализируемых картограмм можно предварительно охарактеризовать как слабоксероморфные, третьих – средноксероморфные, четвертых – сильноксероморфные.

Таблица

Матрица дешифрирования результатов интегрального анализа ЦМР и ДДЗ

	1 кластер	2 кластер	3 кластер	4 кластер
1 зона Кк<1.1	модальные плакорные почвы	слабосмытые*/ модальные	средне / слабосмытые	сильно / среднесмытые
2 зона Кк=1.1-1.2	модальные / намытые	слабоксероморфные почвы	слабосмытые слабоксероморфные / слабоксероморфные	среднесмытые слабоксероморфные / слабосмытые слабоксероморфные
3 зона Кк=1.2-1.3	намытые	средноксероморфные / намытые	средноксероморфные почвы	слабосмытые средноксероморфные / средноксероморфные
4 зона Кк >1.3	намытые	намытые	средноксероморфные / намытые	сильноксероморфные почвы

*Примечание. Вероятностная интерпретация контура: в числителе более, в знаменателе – менее вероятная оценка.

При классификации контуров, образовавшихся в результате комбинации рангов n зоны и n+1 кластера картограмм 2-3, следует учесть, что такой пограничный вариант может быть назван определенным техническим браком, поэтому в таблице приводится вероятностная интерпретация контура.

Особое внимание уделяется контурам, образовавшимся в результате комбинации рангов n и $n+2$, например: 1 зона и 3 кластер соответственно. Такой вариант свидетельствует, что при модальных гидротермических условиях почвы данного контура имеют более низкие значения яркости поверхности, что может быть вызвано, как изменением гранулометрического состава, так и влиянием эрозии. В таком случае обращаются к архивной карте. Если картографическая информация подтверждает изменение литологической серии в данном контуре, его предварительно характеризуют согласно номенклатуре архивной карты. Если же согласно карте гранулометрический состав однороден по всей территории поля – делается прогноз о средней степени эродированности почв контура. Учет пространственного влияния гранулометрического состава может быть формализован путем преобразования карты почв в картосхему содержания физической глины и включения ее в дальнейший анализ. Другой пример: контур, образовавшийся на пересечении четвертой зоны ксероморфности (засушливые условия) и первого кластера яркости (самые темные по цвету почвы). Делается прогнозный вывод о том, что это намывные почвы. Уточним, что на данном этапе наших исследований, рассматривается ситуация, исключая гидроморфизм.

Технически автоматическое выделение прогнозных ареалов может быть легко выполнено в ГИС с помощью кластерного анализа: выделяются все возможные ареалы, возникающие на пересечениях зон гидротермических условий, кластеров яркости изображения и контрастных по ФГ выделов (рис. 5). Эти территории в дальнейшем будем называть «контурами». Выделение таких контуров проводится только в случае, если их площадь составляет не менее 50% от каждого из выделов на исходных картосхемах. В противном случае контур присоединяется к одному из соседних больших контуров.

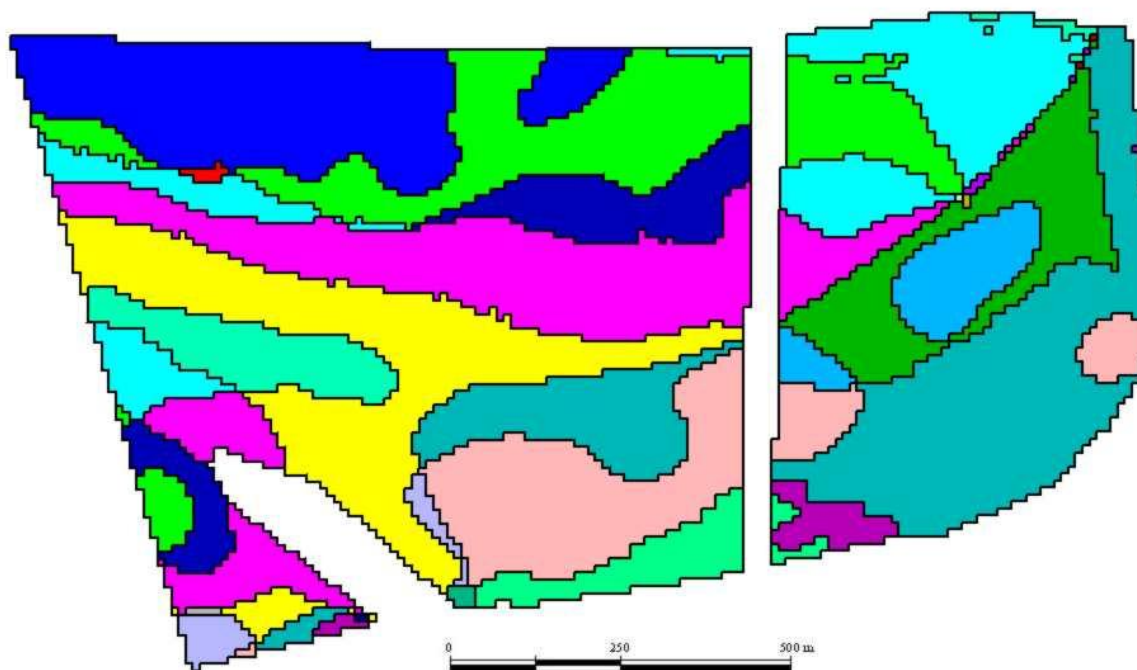


Рис. 5. Первичные результаты интегрального анализа ДДЗ и ЦМР

На следующем этапе производили генерализацию полученной картосхемы – прототипа новой почвенной карты, согласно тематике картографирования и заданному масштабу. Используются два вида генерализации:

а) физический. Выполняется выбраковка «островков» – контуров, имеющих незначительную площадь. Технически выбраковка реализовывалась при помощи модуля «Morphological Function» ГИС TNTlite. В результате «островки» либо присоединяли к какому-то из уже расклассифицированных контуров (как правило), либо – в случае сосредоточения одиночных «островков» – объединяли в один большой контур.

б) номенклатурный. Проводили объединение контуров, относительно которых в ходе анализа архивных материалов была доказана их почвенная однородность или родственность (комплексность).

Результат такой обработки представлен на рис. 6. Каждый контур данного рисунка характеризуется соответствующим шифром, состоящим из порядкового номера зоны, порядкового номера кластера и значка, показывающего гранулометрический состав почвы, например: 1+2 /.

Приведем предварительную номенклатурную характеристику полученных контуров: «1+1-» – чернозем обыкновенный модалный легкоглинистый на лессах; «1+2-» – чернозем обыкновенный легкоглинистый на лессах в комплексе с черноземом смытым; «2+3-» – чернозем обыкновенный слабосероморфный легкоглинистый на лессах в комплексе с черноземом смытым; «3+3-» – чернозем обыкновенный среднесероморфный легкоглинистый на лессах; «3+3/» – чернозем среднесероморфный среднесуглинистый на элювии песчаников; «3+2-» – чернозем обыкновенный среднесероморфный намытый легкоглинистый на лессах; «3+4/» – чернозем среднесероморфный смытый среднесуглинистый на элювии песчаников; «4+4/» – чернозем сильносероморфный среднесуглинистый на элювии песчаников.

Тип и подтип почвы, литологическую серию и разновидность определяли по архивной почвенной карте. Род (модалность, эродированность) – на основе совместного анализа ДДЗ и картосхемы ксероморфности территории. Степень эродированности почв не определяли, потому что изучаемые почвы, как правило, были разной степени ксероморфности (короткопрофильности), из-за чего их классификация по степени смытости была бы некорректной. Разумеется, полученная прогнозная почвенная карта (рис. 6) является лишь основой, требующей обязательной доводки в процессе полевого обследования.

Проанализируем полученную прогнозную почвенную карту (рис. 6), используя результаты наших полевых исследований в качестве контроля.

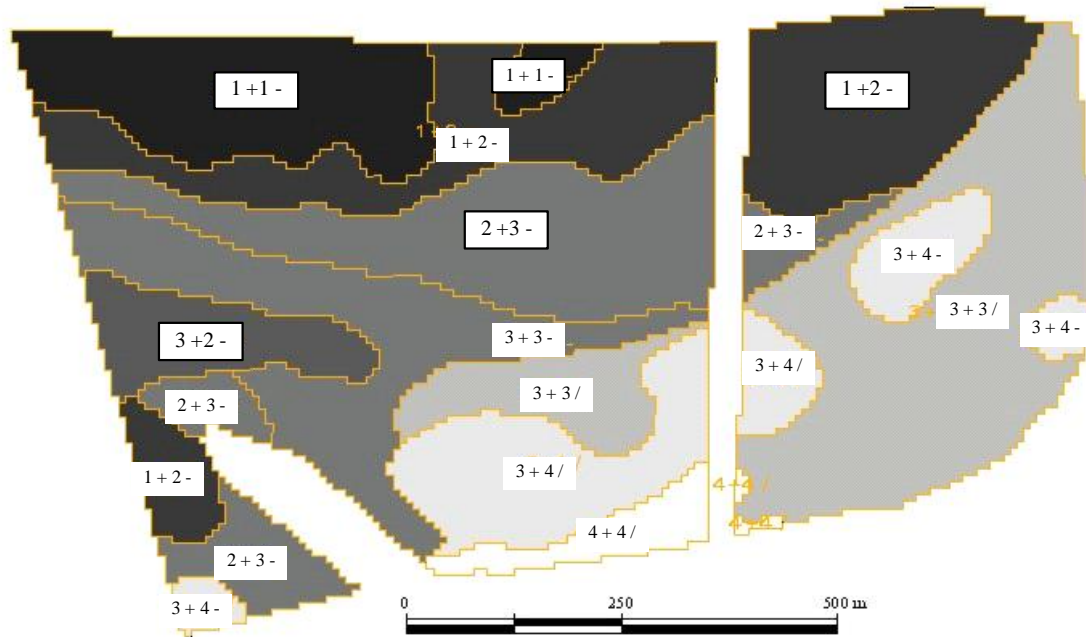


Рис. 6. Окончательные результаты интегрального анализа ДДЗ и ЦМР:
 «1+2 /» – первая цифра означает номер зоны ксероморфности; вторая цифра означает номер кластера; «/» – среднесуглинистый гранулометрический состав; «-» – легкоглинистый гранулометрический состав

Разрез №253 и точка №254 относятся к ареалу чернозема обыкновенного слабосероморфного легкоглинистого на лессах в комплексе с черноземом смытым. Это представляется вполне логичным, учитывая вышеизложенное сравнение разреза №253 с разрезом №100.

Разрез №250 характеризует контур «3+4/», т. е. самый «жесткий» вариант почвообразования – совокупность легкого гранулометрического состава, неблагоприятных гидротермических условий и эродированности. В данной почве зафиксировано наименьшее количество гумуса в пахотном слое – 0,6%, что даже при учете самого низкого содержания физической глины – 27%, говорит о ее возможной смытости. Отметим, что точка №251, расположенная в 100 м от нее, характеризуется существенным утяжелением гранулометрического состава и повышением содержания гумуса, что свидетельствует о значительной пестроте почвенного покрова на полигоне.



Не вызывает особых противоречий и отнесение разрезов №256 и 257 к контуру «3+3/» – среднексероморфные среднесуглинистые несмытые почвы. Единственное, что не может быть отражено в прогнозной почвенной карте при условии использования лишь вышеупомянутых источников информации, это подстиление почв плотными глинами.

Разрез №258 относится к зоне средней ксероморфности и второму кластеру (контур «3+2-»). В сравнении с модальным черноземом аналогичного гранулометрического состава (№100) разрез №258 характеризуется меньшим содержанием гумуса в верхнем слое и почти вдвое укороченным профилем. Анализ рельефа (рис. 4) позволяет предположить, что на данном участке изначально формировались короткопрофильные почвы, что обуславливалось южной экспозицией и значительным уклоном (6°) склона. В то же время содержание гумуса несколько превышает норму, характерную для зоны средней ксероморфности, что может свидетельствовать о процессах намыва. Отметим, что космическая съемка в оптическом диапазоне не дает прямой информации о мощности профиля почв, и в случае использования лишь ДДЗ данный почвенный выдел, был бы ошибочно отнесен к черноземам слабосмытым. Это еще раз подчеркивает целесообразность совместного использования ДДЗ и ЦМР при картографировании почв.

В заключение отметим, что предлагаемый алгоритм совместного использования разноплановых материалов может быть легко реализован в виде программного продукта в рамках геоинформационной системы. Таким образом, появляется возможность автоматизации процесса создания прогнозных почвенных карт с целью их дальнейшего использования при полевом почвенном обследовании.

Выводы

Проведенные исследования подтвердили перспективность использования интегрального анализа данных дистанционного зондирования и цифровых моделей рельефа при решении задач картографирования зональных автоморфных почв в степной и лесостепной зонах.

Создаваемые в ходе анализа карты содержат информацию, как о почвообразующем потенциале территории, так и о современном состоянии почвенного покрова, что дает возможность еще на предварительно-камеральном этапе диагностировать степень его деградации. Включение в анализ архивных почвенных карт позволяет уточнить номенклатурный список почв и построить прогнозную почвенную карту, существенно дополняющую информационно-картографическую базу полевого периода обследования территории.

К основным преимуществам предложенного подхода следует отнести объективность выделения почвенных контуров, основанную на использовании логико-статистических моделей и методов геоинформационного анализа, и унификацию процесса получения прогнозных почвенных карт, позволяющую обеспечить повторяемость результатов картографирования.

Авторы выражают благодарность В.Б. Соловью и Д.О. Тимченко за помощь в проведении полевых исследований.

Список литературы

1. Ачасов А.Б. К вопросу влияния рельефа на гумусированность черноземов // Почвоведение. – 2006. – № 9. – С. 931-938.
2. Ачасов А.Б. Деякі аспекти формалізації гідротермічних умов ґрунтоутворення // Вісник аграрної науки. – 2006. – № 9. – С. 17-21.
3. Ачасов А.Б. Можливості сучасних методів одержання просторової інформації про параметри ґрунтів // Наукові доповіді НАУ. – 2007. – № 2. – С. 1-7.
4. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України / Полупан М. І., Соловей В. Б., Кисіль В. І., Величко В. А. – К.: Колодів, 2005. – 304 с.
5. Географічні інформаційні системи. За ред. проф. М. Ван Мервіна. – Київ: Вид-во НАУ, 2003. – 208 с.
6. Евдокимова Т.И. Почвенная съемка. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 270 с.
7. Общесоюзная инструкция по крупномасштабным почвенным и агрохимическим исследованиям территории колхозов и совхозов и по составлению почвенных карт территорий производственных колхозно-совхозных управлений. – М.: Колос, 1964. – 112 с.
8. Сорокина Н.П., Козлов Д.Н. Опыт цифрового картографирования структуры почвенного покрова // Почвоведение. – 2009. – № 2. – С.1-14.
9. Шатохин А.В., Ачасов А.Б. Использование современных технологий при картографировании почвенного покрова Северной Донецкой Степи // Почвоведение. – 2005. – № 7. – С. 790-798.
10. Amesskamp M., Lamp J. Three-dimensional soil prediction: fuzzy rules and a GIS / Land information systems: development for planning the sustainable use of land resources. – Ispra: The European Soil Bureau. – 1998.
11. Bayramin İ. Using geographic information system and remote sensing techniques in making pre-soil surveys // Proceedings of the International Symposium On Desertification, 2000, Konya; [Электронный ре-

сурс] – Режим доступа: http://www.toprak.org.tr/isd/isd_04.htm.

12. Dobos E., Micheli E., Baumgardner M. F., Biehl L., Helt T. Use of combined digital elevation model and satellite radiometric data for regional soil mapping // *Geoderma*. – 2000. – Vol. 97. – P. 367-391.

13. Булыгин С.Ю., Бидолах Д.И., Лисецкий Ф.Н. Оценка гумусированности почв путем обработки их цифровых фотоизображений // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. – 2011. – Т. 16. – № 15. – С. 154-159.

14. Gessler P.E., Chadwick O.A., Chamran F., Althouse L., Holmes K. Modeling soil-landscape and ecosystem properties using terrain attributes // *Soil Science Society of America Journal*. – 2000. – Vol. 64. – P. 2046-2056.

15. Hengl T., Rossiter D. Supervised landform classification to enhance and replace photo – interpretation in semi-detailed soil survey // *Soil Science Society of America Journal*. – 2003. – Vol. 67. – P. 1810-1822.

16. Horvath, E.H., Post, D.F., Kelsey, J.B., The relationships of Landsat digital data to the properties of Arizona range lands // *Soil Science Society of America Journal*. – 1984. – Vol. 48. – P. 1331-1334.

17. Lee K., Lee G.B., Tyler E.J., Thematic mapper and digital elevation modelling of soil characteristics in hilly terrain // *Soil Science Society of America Journal*. – 1988. – Vol. 52. – P. 1104-1107.

18. McKenzie H.J., Gessler P.E., Ryan P.J., O'Connell D.A. The role of terrain analysis in soil mapping // *Terrain Analysis: Principles and Applications*. J. P. Wilson and J. C Gallant (Eds.). Chapter 10. 2000. John Wiley and Sons Ltd. New York.

19. Park S.J., McSweeney K., Lowery B. Identification of the spatial distribution of soils using a process – based terrain characterization // *Geoderma*. – 2001. – Vol. 103. – P. 249-272.

20. Phillips J.D. Divergent evolution and the spatial structure of soil landscape variability // *Catena*. – 2001. – V. 43. – P. 101-113.

21. Sharma S.K., Mohanty B.P., Zhuc J. Including topography and vegetation attributes for developing pedotransfer functions // *Soil Science Society of America Journal*. – 2006. – Vol. 70. – P. 1430-1440.

THE USE OF INTEGRAL ANALYSIS OF REMOTE SENSING DATA AND DIGITAL ELEVATION MODEL FOR SOIL MAPPING OF BLACK SOIL ZONE

**S.Y. Bulygin¹, A.B. Achasov²,
F.N. Lisetskii³**

¹ V.Y. Gorin Belgorod State Agricultural Academy, Vavilova St., 1, Mayskiy Settl., Mayskiy Settl., Belgorod Reg., 308503, Russia

E-mail: s.bulygin@rambler.ru

² V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University, Communist Settl., Kharkov Reg, 62483, Ukraine

³ Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

The scheme of integral analysis of remote sensing data and digital elevation model for soil mapping is presented. The geoinformational analysis of topography gives information about soil formation potential of the studied territory. The remote sensing gives information about actual state of the soil. The proposed approach allows to standardize the soil mapping process.

Keywords: remote sensing of the Earth, GIS-technologies, digital elevation models, soil maps, soil mapping.



УДК 338.431.6

РЕЗУЛЬТАТЫ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА АГРОЭКОСИСТЕМ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. Лукин, Р.М. Хижняк

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 309015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

² ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский», Россия, 308027, г. Белгород, ул. Щорса, 8

В статье рассмотрены вопросы содержания искусственных и естественных радионуклидов в почвах и растениеводческой продукции. Рассчитаны коэффициенты накопления и биологического поглощения искусственных радионуклидов зерновыми культурами. Изучены закономерности миграции стронция-90 и цезия-137 по профилю пахотных и целинных почв.

Ключевые слова: калий-40, период полураспада, радионуклиды, радий-226, стронций-90, торий-232, цезий-137, йод-131, удельная активность, уран-238.

Введение

В зависимости от происхождения радионуклиды могут быть разделены на две группы: естественные и искусственные. К первой группе относятся радионуклиды, содержащиеся в земной коре. Они характеризуются очень длительным периодом полураспада. Короткоживущие радионуклиды, существовавшие в период формирования Земли, давно распались. К числу нуклидов этой группы, которые являются важными источниками облучения человека, относятся: калий-40 с периодом полураспада ($T_{1/2} = 1,27 \times 10^9$ лет, уран-238 ($T_{1/2} = 4,5 \times 10^9$ лет), торий-232 ($T_{1/2} = 1,39 \times 10^9$ лет), радий-226 ($T_{1/2} = 1,6 \times 10^3$ лет). Вторую группу радионуклидов составляют искусственные радионуклиды. К числу наиболее важных в сельскохозяйственном отношении радионуклидов этой группы относят продукты деления урана и плутония: стронций-90 ($T_{1/2} = 28,5$ года), цезий-137 ($T_{1/2} = 30,2$ года), йод-131 ($T_{1/2} = 8$ суток) [1].

Возникновение проблемы радиоактивного загрязнения экосистем и, в частности, агроценозов неразрывно связано с освоением ядерной энергии. Особую актуальность данная проблема приобрела после проведения наземных испытаний ядерного оружия, аварий на промышленных ядерных объектах на Южном Урале (1957 г.), в Уиндскейле (Великобритания, 1957 г.), на Чернобыльской АЭС (Украина, 1986 г.).

Аварии на Чернобыльской АЭС следует оценивать (по её последствиям) как, своего рода, малую атомную войну. По количеству долгоживущих радионуклидов выброс соответствовал 500-600 Хиросимам. Радиоактивное загрязнение охватило 80% территории Белоруссии, всю правобережную часть Украины и 14 областей России, в том числе и Белгородскую область. Наиболее сильно оказались загрязнены Брянская, Калужская, Орловская и Тульская области. На их долю приходится 65% загрязненной территории. В этих регионах выпало 203 тыс. кюри цезия-137 [2].

В большинстве радиологических ситуаций население подвергается одновременно внешнему (от находящихся извне источников излучения) и внутреннему (от инкорпорированных в органах и тканях радионуклидов) облучению.

Действие радиации на организм животных и человека проявляется очень быстро лишь после облучения в больших дозах высокой мощности. В условиях острого облучения (при мощности более 0,01 Гр/мин) величина ЛД₅₀ (минимальная доза, приводящая к гибели 50% особей за первые 30 дней после облучения) для человека составляет 4-6 Гр. Для змей величина ЛД₅₀ составляет 80-200, насекомых – 950, вирусов – 7000 Гр.

У облученных индивидуумов возникают соматические эффекты (различные виды раковых опухолей, особенно цитовидной железы, саркома кости, лейкемия) и генетические эффекты, которые проявляются в ближайших или отдаленных поколениях облученных индивидуумов.

Источники внутреннего облучения животных и человека поступают в организмы с водой и пищей (пероральный путь), с воздухом (ингаляционный источник) и через кожные покровы (перкутальный путь). Наиболее важными источниками внутреннего облучения являются те радионуклиды, которые поглощаются тканями. Степень поглощения радионуклидов зависит от их химической природы. Стронций-90 – химический аналог кальция, а цезий-137 –

калия. Поэтому ^{90}Sr аккумулируется в костях и вносит основной вклад в облучение костной ткани, а ^{137}Cs распределяется достаточно равномерно и рассматривается как основной источник генетических повреждений [3].

Объекты и методы исследования

Территория Белгородской области включает лесостепную и степную почвенные зоны. Почвенный покров лесостепной зоны (около 75% площади области) представлен чернозёмами типичными, выщелоченными и темно-серыми лесными почвами, а степной зоны – чернозёмами обыкновенными, карбонатными, остаточо-карбонатными (меловыми) и солонцеватыми.

В статье представлен материал, полученный в результате сплошного агрохимического обследования почв и локального мониторинга, проводимого на реперных участках Белгородской области. При проведении сплошного обследования одна объединенная почвенная проба (состоящая из 20-40 точечных проб) отбирается из пахотного (0-25 см) слоя с площади 20 га. Реперные участки заложены в каждом районе области и представляют собой поле или участок поля (площадь 4-40 га), удаленный от источников промышленного и транспортного загрязнения. Почвенный покров участков представлен чернозёмами типичными и выщелоченными.

Для характеристики избирательного поглощения радионуклидов сельскохозяйственными культурами используются: коэффициент биологического поглощения (КБП), который рассчитывается как отношение содержания элемента в золе растения к его содержанию в пахотном слое почвы, и коэффициент накопления (Кн), который рассчитывается как отношение содержания радионуклида в растительной продукции к его содержанию в пахотном слое почвы. Содержание золы в абсолютно сухом веществе зерна пшеницы составляет в среднем 2,2%, в соломе – 6,9%, в зерне ячменя – 3,0%, в соломе – 6,75%.

Все аналитические исследования проводились в аккредитованной лаборатории по общепринятым в агрохимической службе методикам. При статистической обработке данных локального мониторинга использовались расчеты доверительного интервала для среднего значения ($\bar{x} \pm t_{0.5} \bar{x}$) и коэффициента вариации (V,%).

Результаты и их обсуждение

Искусственные радионуклиды в растения могут поступать через надземные органы (при аэральном выпадении на растительный покров) и через корневую систему. Накопление растениями радионуклидов из почвы зависит от свойств радионуклидов, физико-химических свойств почвы, биологических особенностей растений и агротехники культур. Как правило, чем выше в почве содержание гумуса, обменных катионов, илстой и глинистой фракций, тем слабее поглощение растениями большинства радионуклидов. Аккумуляция растениями ^{90}Sr и ^{137}Cs при корневом пути перехода может различаться в зависимости от вида (в 10-30 раз) и от сорта (в 5-7 раз) [3].

На загрязненных радиоактивными веществами территориях одним из основных источников облучения населения является наличие радионуклидов в сельскохозяйственной продукции. На территории Белгородской области радиоактивность сельскохозяйственных культур, в основном, определяется присутствием естественного радионуклида калия-40, удельная активность которого в десятки раз выше, чем искусственных радионуклидов [4]. На реперных участках коэффициент варьирования удельной активности цезия-137 в растениях озимой пшеницы и ячменя составлял 24,5-33,1%, стронция-90 – 41.2-53.4% и был практически одинаков для основной и побочной продукции. Удельная активность цезия-137 была в 1.03-1.9 раза выше, чем стронция-90. Удельная активность цезия-137 и стронция-90 в соломе ячменя была соответственно в 1.35 и 1.8 раза выше, чем в зерне. В соломе озимой пшеницы удельная активность цезия-137 и стронция-90 была выше, чем в зерне соответственно в 1.5 и 1.9 раза (табл.1).

Таблица 1

Удельная активность радионуклидов в сельскохозяйственных культурах на реперных участках, Бк/кг абсолютно сухого вещества

Сельскохозяйственная культура		Стронций-90	Цезий-137	Калий-40
Озимая пшеница	зерно	2.56±0.39	3.45±0.42	158±34
	солома	4.95±0.99	5.09±0.52	321±106
Ячмень	зерно	2.23±0.40	4.19±0.49	141±35
	солома	3.92±0.67	5.65±0.57	213±101



Допустимый уровень удельной активности цезия-137 в продовольственном зерне составляет 70, стронция-90 – 40 Бк/кг (СанПиН 2.3.2.1078-01). Превышения данных уровней в продукции, полученной на территории Белгородской области, никогда не фиксировалось.

По обобщенным данным коэффициенты накопления растениями цезия-137 находятся в пределах 0.02-1.1, стронция-90 – 0.02-12.0 [5]. Как правило, на высокоплодородных чернозёмных почвах транслокация радионуклидов в растения выражена слабее, чем на легких дерново-подзолистых почвах. На реперных участках Белгородской области коэффициенты накопления зерновыми культурами стронция-90 в среднем не превышали 0,62, цезия-137 – 0,13, при этом, Кн стронция-90 были в 2.8-5.2 раза выше, чем цезия-137. Изучаемые радионуклиды можно отнести к группе накапливаемых в растениях элементов, поскольку величина КБП была выше 1. По причине более высокой зольности соломы величина КБП в ней была выше, чем в зерне (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициенты накопления и биологического поглощения искусственных радионуклидов сельскохозяйственными растениями

Радионуклид	Озимая пшеница		Ячмень	
	зерно	солома	зерно	солома
<i>Коэффициент накопления, (Бк/кг раст.)/ (Бк/кг почвы)</i>				
Стронций-90	0.33	0.62	0.28	0.49
Цезий-137	0.08	0.12	0.10	0.13
<i>Коэффициент биологического поглощения, (Бк/кг золь раст.)/ (Бк/кг почвы)</i>				
Стронций-90	17.3	10.6	11.0	8.6
Цезий-137	4.2	2.0	3.7	2.2

Естественные радионуклиды в почвах являются основным компонентом природного радиоактивного фона почв. Многочисленными исследованиями установлено, что радиоактивность почвы во многом определяется концентрацией радиоактивных элементов в материнской породе. Как правило, торий-232 имеет тенденцию к росту содержания в поверхностно расположенных слоях почвы из-за низкой растворимости и большей степени выветривания других компонентов поверхностного грунта. Калий-40 в большей степени тяготеет к поверхностным слоям, характеризующимся относительно высокой биологической активностью.

Удельная активность естественных радионуклидов калия-40, тория-232, радия-226 в пахотном слое реперных участков Белгородской области составляет, соответственно, 451±33; 36.8±3.0; 19.2±2.6 Бк/кг и с глубиной почвенного профиля достоверно не изменяется, однако заметно увеличивается пространственная неоднородность в распределении радионуклидов (табл. 3). Например, в пахотном слое варьирование удельной активности калия-40 составляет 15.8, тория-232 – 17.3, радия-226 – 25.1%, а в слое 80-100 см, соответственно, 29.1; 26.5 и 60.4%.

Таблица 3

Удельная активность естественных радионуклидов в почвах реперных участков, Бк/кг

Глубина, см	Калий-40		Торий-232		Радий-226	
	$\bar{x} \pm t_{0.5} S \bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm t_{0.5} S \bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm t_{0.5} S \bar{x}$	V, %
0-20	451±33	15.8	36.8±3.0	17.3	19.2±2.6	25.1
21-40	440±41	19.7	30.6±3.6	24.8	21.2±5.4	52.9
41-60	480±39	17.2	39.5±4.2	22.6	17.5±4.6	49.7
61-80	444±43	20.8	34.2±4.6	28.5	19.4±4.3	47.8
81-100	423±58	29.1	37.7±4.7	26.5	14.9±4.2	60.4

Искусственные радионуклиды стронций-90 и цезий-137 обнаружены в почвах всех реперных объектов Белгородской области. В результате чернобыльской катастрофы в наибольшей степени пострадали восточные районы области, где около 140 тыс. га пашни были загрязнены цезием-137 в пределах 1-5 Ки/км² (37-185 кБк/м²) (табл. 4). После радиоактивного загрязнения мощность дозы внешнего гамма-излучения в Алексеевском районе составляла 174, в Белгородском – 33 мкР/ч [6].

За период времени, прошедший с момента чернобыльской катастрофы, более трети искусственных радионуклидов уже распалось. Кроме того, вследствие заглупления радионуклидов и экранирования их излучения до уровня фона (10-15 мкР/ч) снизилась мощность дозы внешнего излучения.

Таблица 4

Результаты радиологического обследования сельскохозяйственных угодий

Район	Год	Обследованная площадь, га	Загрязнено цезием-137		
			до 1 Ки/км ² , га	1-5 Ки/км ²	
				га	%
<i>Алексеевский</i>	1991	110113	58862	51251	46,5
Красненский	1991	52330	30798	21532	41,1
Ровеньский	1991-1992	98529	74029	24500	24,9
Новооскольский	1992-2000	70626	68342	2284	3,2
Чернянский	1993	54775	54557	218	0,4
Старооскольский	1992-1994	81989	77111	4878	5,9
Красногвардейский	1995	80822	57506	23316	28,8
Валуйский	1996	90559	89057	1502	1,7
Вейделевский	1997	85514	78639	6875	8,0
Шебекинский	1998	94651	93334	1317	1,4
Губкинский	1998	92664	92607	57	0,06
Прохоровский	1998	81683	81683	–	–
Корочанский	1999	77599	77346	253	0,3
Белгородский	1999	79338	79235	103	0,1
Волоконовский	2000	75131	72996	2135	2,8
Краснояржский	2000	25023	25023	–	–
Ракитянский	2000	53478	53478	–	–
Борисовский	2000	35346	35346	–	–
Грайворонский	2000	46294	46294	–	–
Всего по области		1386464	1246243	140221	10,1

Удельная активность стронция-90 в пахотном слое изменяется от 4.96 до 8.99 Бк/кг и в среднем составляет 5.93±1.09 Бк/кг. Коэффициент варьирования удельной активности стронция-90 составляет 39.2%. Удельная активность цезия-137 (основного компонента радиоактивных выпадений) в пахотном слое в среднем составляет 33.4±6.9 Бк/кг. Пространственная неоднородность этого показателя выражена больше, чем у стронция-90, коэффициент варьирования – 43.9%. Наименьшая удельная активность цезия-137 – 16.9-31.5 Бк/кг характерна для реперных точек Белгородского, Борисовского, Грайворонского, Губкинского, Ивнянского, Корочанского, Краснояржского, Прохоровского, Ракитянского, Старооскольского, Шебекинского и Яковлевского районов. В почвах Валуйского, Вейделевского, Волоконовского, Красногвардейского, Новооскольского и Чернянского районов удельная активность этого радионуклида составляет 41.7-59.2 Бк/кг. Самая высокая удельная активность цезия-137 отмечена на реперных участках Алексеевского (86.9 Бк/кг) и Красненского районов (90.9 Бк/кг).

Закономерности миграции искусственных радионуклидов изучались на реперных объектах, заложенных при разработке Красной книги почв Белгородской области (табл. 5). В тёмно-серой лесной почве под пологом леса цезий-137 не мигрировал глубже 15 см. В целинном чернозёме типичном миграция цезия-137 была также крайне невелика, на глубине 30-40 см его удельная активность составляла всего 0.1 Бк/кг, что в 120 раз меньше, чем в слое 10-20 см. Миграция стронция-90 была выражена заметно сильнее, он обнаруживался на глубине до 68 см в тёмно-серой лесной почве и 90 см в чернозёме типичном. Однако удельная активность данного радионуклида на этой глубине была примерно в 15 раз меньше, чем в верхнем слое.

В пахотных почвах искусственные радионуклиды мигрировали глубже, чем в почвах естественных ландшафтов. В чернозёме типичном цезий-137 в основном был сосредоточен в пахотном слое, где его удельная активность имела тенденцию к уменьшению с увеличением глубины от 0-10 до 30-40 см. Глубже 50 см этот радионуклид не мигрировал. В чернозёме обыкновенном цезий-137 обнаруживался в небольших количествах на глубине 60-70 см. Миграция стронция-90 и в пахотных почвах проходила более интенсивно, чем цезия-137. Стронций-90 был обнаружен на глубине 50-70 см в чернозёме типичном, где его удельная активность была в 6 раз меньше, чем в слое 0-10 см, и на глубине 138-148 см в чернозёме обыкновенном, где аналогичный показатель был в 17 раз меньше, чем в слое 20-30 см [7].



Таблица 5

Удельная активность искусственных и естественных радионуклидов в почвах, Бк/кг

Почва	Гори- зонт	Глубина отбора проб, см	Цезий- 137	Строн- ций-90	Калий- 40	Торий- 232	Радий- 226
<i>Почвы естественных ландшафтов</i>							
Тёмно-серая лесная (Борисовский р-н, участок «Лес на Ворскле»)	A ₁ /A ₂	5-15	41.6	3.57	352	29,2	13,8
	A ₂ B	22-32	0	1.80	361	46.1	44.5
	B ₁	40-50	0	0.24	392	28.3	9.9
	B ₂	58-68	0	0.25	422	37.7	13.9
	BC _{ca}	90-100	0	0	397	42.7	3.8
	C _{ca}	125-135	0	0	415	39.3	22.4
Чернозём типичный мощный тучный (Губкинский р-н, участок «Ямская степь»)	A	10-20	12.0	2.20	368	18.9	23.7
		30-40	0.1	1.10	356	34.3	20.3
	AB _{ca}	55-65	0	0.56	482	21.5	15.5
	B _{ca}	80-90	0	0.15	435	33.5	21.4
	BC _{ca}	105-115	0	0	308	22.9	25.8
	C _{ca}	150-160	0	0	276	27.1	28.6
<i>Пахотные почвы</i>							
Чернозём типичный среднемощный (Белгородский р-н, кол- хоз им. Фрунзе)	A _a	0-10	30.5	4.22	556	32.5	20.3
		10-20	27.8	3.80	574	37.5	22.3
		20-30	21.6	2.70	587	41.5	30.8
	A	30-40	18.4	1.90	514	43.1	19.1
	B _{ca}	50-70	0.0	0.66	538	32.3	18.3
	BC _{ca}	80-100	0.0	0.00	398	39.0	24.6
	C _{ca}	170-190	0.0	0.00	350	38.1	27.8
Чернозём обыкновенный (Вейделевский р-н, ЗАО «Должанское»)	A	20-30	4.18	5.13	414	33.9	33.6
	AB _{ca}	60-70	0.61	1.10	454	38.6	33.4
	B _{ca}	90-100	0	0.54	454	33.6	15.3
	BC _{ca}	115-125	0	0.36	323	40.1	17.1
	C _{ca}	138-148	0	0.31	385	29.7	19.1

Заключение

Результаты анализа радиационной обстановки показывают, что наибольший вклад в коллективную дозу облучения вносят природные источники ионизирующего излучения (91,4%) и различные виды рентгенорадиологических медицинских процедур (8,5%). На долю всех иных источников, в том числе за счет последствий аварии на ЧАЭС, приходится менее 0,1%. Вся получаемая растениеводческая продукция по содержанию стронция-90 и цезия-137 соответствует нормативам безопасности.

На территории Белгородской области средние эффективные годовые дозы облучения населения, проживающего в зонах наблюдения, не превышают основные пределы доз, регламентированные «Нормами радиационной безопасности», Законом РФ «О радиационной безопасности населения». В 2008 году они составили в среднем на 1 жителя: в Красненском районе – 0,103, в Ровеньском – 0,081, в Алексеевском районе – 0,067, Старооскольском – 0,063, Чернянском – 0,066, Новооскольском – 0,07 мЗв [8].

Список литературы

1. Черных Н.А., Овчаренко М.М. Тяжёлые металлы и радионуклиды в биогеоценозах. – М.: Агроконсалт, 2002. – 200 с.
2. Прудников П.В., Карпеченко С.В., Новиков А.А., Поликарпов Н.Г. Агрохимическое и агроэкологическое состояние почв Брянской области. – Брянск: Издательство ГУП «Клинцовская городская типография», 2007. – 608 с.
3. Агроэкология / под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. – М.: Колос, 2000. – 536 с.
4. Лукин С.В. Накопление радионуклидов зерновыми культурами на чернозёмах Белгородской области // Зерновое хозяйство. – 2005. – №6. – С. 18-20.

5. Сельскохозяйственная радиоэкология / под ред. Р.М. Алексахина, Н.А. Корнева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.
6. Лукин С.В. Радионуклиды и тяжёлые металлы в пахотных почвах Белгородской области // Аграрная наука. – 2002. – № 11. – С. 15-16.
7. Лукин С.В., Гребер А.Ф. Закономерности распределения радионуклидов по профилю почв Белгородской области // Достижения науки и техники АПК. 2008. – №1. – С. 19-20.
8. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2008 году / П. М. Авраменко и др.; под ред. С.В. Лукина. – Белгород: КОНСТАНТА, 2009. – 248 с.

THE RESULTS OF RADIOECOLOGICAL MONITORING OF AGROECOSYSTEMS OF BELGOROD REGION

S.V. Lukin¹, R.M. Khizhnyak²

¹ *Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia*

² *Agrochemical Service Centre "Belgorodsky", Shchorsa St., 8, Belgorod, 308027, Russia*

E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru

The paper deals with the contents of artificial and natural radionuclides in soils and plant production. In this paper the coefficients of absorption and biological accumulation of artificial radionuclides in cereals were calculated. The regularities of migration of strontium-90 and cesium-137 profiles of arable and virgin soil have been studied.

Keywords: potassium-40, a half-life, radionuclides, radium-226, strontium-90, thorium-232, cesium-137, iodine-131, specific activity, uranium-238.



УДК 556.535.8

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ Р. БОЛХОВЕЦ (ПРИТОКА Р. СЕВЕРСКИЙ ДОНЕЦ)¹

**М.П. Прядко, П.В. Голеусов,
А.Г. Корнилов,
С.Н. Колмыков,
Л.Ю. Гордеев**

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет, Россия, 309015,
г. Белгород, ул. Победы, 85*

*E-mail: Marielo313@yandex.ru,
Goleusov@bsu.edu.ru, Kornilov@bsu.edu.ru, Kolmykov@bsu.edu.ru,
GLEO89@yandex.ru*

Рассмотрены особенности функционирования р. Болховец как каскадной гидрохимической системы. Представлены результаты мониторинга показателей качества воды в различных по хозяйственному использованию территории водосбора участках. Методом кластерного анализа выявлены пространственные различия химического состава воды этих участков и основные фазы гидрохимического состояния реки во времени. Пространственно-временная организация реки как каскадной гидрохимической системы является реакцией на антропогенную трансформацию участков водосбора и должна быть учтена при планировании мониторинговых исследований и эколого-реабилитационных мероприятий.

Ключевые слова: малые реки, химическое загрязнение, гидрохимические каскадные системы, пространственно-временная изменчивость, кластерный анализ.

Введение

В результате сложнейшей истории техногенеза, а также исторической дифференциации систем природопользования в бассейнах рек сформировались их специфические пространственная структура и динамика во времени, которые можно рассматривать как результат адаптации геосистем к техногенному воздействию. Такая трансформация отражается, в конечном итоге, в гидрохимических характеристиках потоковых структур поверхностного и речного стока. Это обуславливает актуальность исследования пространственно-временной динамики гидрохимических показателей качества вод [1]. Даже на протяжении сравнительно небольших бассейнов малых рек заметны существенные пространственные различия химического состава вод [2]. Существенные изменения претерпевает и динамика химических показателей во времени.

Объект и методы исследования

Р. Болховец, около 10 км русла которой (из 25 км общей протяженности) находится в черте г. Белгорода [3], на всем протяжении испытывает антропогенное влияние различного характера, влекущее за собой пространственно-временную изменчивость наиболее значимых в экологическом отношении гидрохимических компонентов.

Для пространственного анализа гидрохимических показателей в реке целесообразно представить ее как каскадную систему, выделив в ней створы, условно обозначаемые как «вход» и «выход» систем. В р. Болховец, на всем протяжении испытывающей влияние населенных пунктов, были выделены 14 точек пробоотбора, включая фоновый объект – родник в с. Пушкарное Белгородского района (см. рис. 1). Местоположения створов были обоснованы путем анализа геоэкологической ситуации в ее бассейне, а также с учетом антропогенных модификаций ее русла, произведенных в начале 1980-х годов, когда в его городском отрезке были произведены гидротехнические работы. В результате русло представляет собой каскад расширений с замедленным водообменом. Эти расширения выполняют противопаводковую функцию, а также принимают поверхностный сток с городской части бассейна, способствуют осаждению взвешенных частиц, т.е. представляют собой природно-техногенные «очистные сооружения».

В течение года (с февраля 2011 г. по январь 2012 г.) для оценки эколого-гидрохимического состояния р. Болховец проводился регулярный (ежемесячный) отбор проб,

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке государственного контракта № 02.740.11.0675 в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

которые анализировались с использованием стандартных методик по следующим показателям: рН (потенциометрическим методом), минерализация (методом кондуктометрии), азот аммонийный (спектрофотометрическим методом), нитраты и нитриты (потенциометрическим методом), железо общее (спектрофотометрическим методом), а также содержание ионов свинца, меди и цинка (методом вольтамперометрического анализа) в контрольных створах, определяющих состояние отдельных участков реки. Общее количество проанализированных проб – 168. В день пробоотбора проводился анализ воды на рН, минерализацию, содержание азота аммонийного, нитратов и нитритов. Для вольтамперометрического (на определение содержания свинца, меди и цинка) и спектрофотометрического анализа (на определение содержания железа общего) пробы воды консервировались добавлением концентрированной азотной кислоты (2 : 500 мл).

Картирование фрагмента бассейна р. Болховец с обозначением точек пробоотбора осуществлялось с использованием компьютерной программы MapInfo 10.0.1.

Для выявления пространственных и временных различий химического состава речной воды использовали кластерный анализ (программа STATISTICA 6.0). Для этого все данные были нормированы (отношение отклонений от среднего значения к стандартному отклонению). Для более четкого выделения кластеров использовали метод Уорда, который позволяет «расширять» признаковое пространство [4].

Результаты и обсуждение

Выделение большого количества контрольных створов (в системе мониторинга поверхностных вод Росгидромета на р. Болховец предусмотрен лишь один пост) позволило выявить пространственные различия гидрохимических характеристик участков р. Болховец. Методом кластерного анализа были обработаны нормированные данные гидрохимических исследований за период наблюдений с февраля 2011 г. по январь 2012 г. (рис. 2).

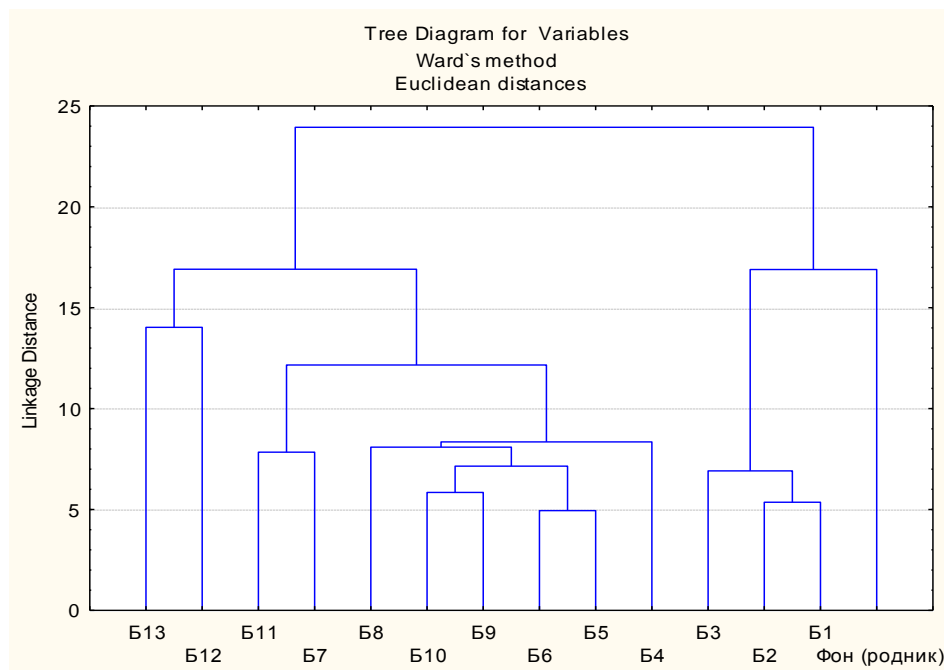


Рис. 2. Результат кластер-анализа массивов гидрохимических данных, сгруппированных по точкам отбора проб

На р. Болховец можно выделить три каскадные системы, различающиеся гидрохимическими показателями:

- 1) начальная, соответствующая участку бассейна с сельским типом расселения (створы Б1-Б3);
- 2) центральная, с городским типом застройки (створы Б4-Б11);
- 3) устьевая, вблизи впадения в р. Северский Донец (створы Б12-Б13).



Рис. 1. Расположение точек пробоотбора воды в р. Болховец

При этом наиболее значимые различия наблюдаются между «сельской» и «городской» гидрохимическими системами. Различия по совокупности гидрохимических показателей между этими каскадными системами заключаются, прежде всего, в характере застройки территории бассейна («сельский» и «городской» тип) и, как следствие, в уровне использования территории и антропогенного воздействия на водосбор. Кроме того, эти отличия могут быть связаны с тем, что при переходе из начальной в центральную систему водосбора происходит резкая трансформация русла р. Болховец, которое в «городском» типе застройки представлено каскадом техногенных водоемов – расширений и углублений русла. Такая неоднородная морфология русла определяет неравномерную скорость течения реки и, как следствие, различия в процессах, в которых участвуют гидрохимические компоненты.

Для анализа временной изменчивости гидрохимических показателей целесообразно соотнести полученные за весь период наблюдения данные с различными фазами гидрологического режима исследуемой реки. В результате проведения кластерного анализа для р. Болховец выделено 3 сезона, существенно различающихся по химическому составу речной воды (рис. 3): зимний, весенне-летний и летне-осенний.

Различия между этими сезонами обусловлены, прежде всего, разновременностью поступления поверхностного стока и различиями его интенсивности в разные сезоны года. Поверхностный сток, особенно дождевые воды, характеризуются резкой неравномерностью расходов. В сравнительно короткий промежуток времени расход и объем дождевых вод могут резко возрасти, поэтому в течение года с поверхностным стоком в водоем поступает огромное количество взвешенных веществ [5]. С учетом антропогенного воздействия на водосбор, временная динамика гидрохимического состояния реки, таким образом, упрощается, в следствие сокращения фаз (нами выделено три кластера), и становится зависимой от кратковременных режимов типа дождевых паводков. Таким образом, пространственная структура усложняется, а временная – упрощается и становится более хаотичной.

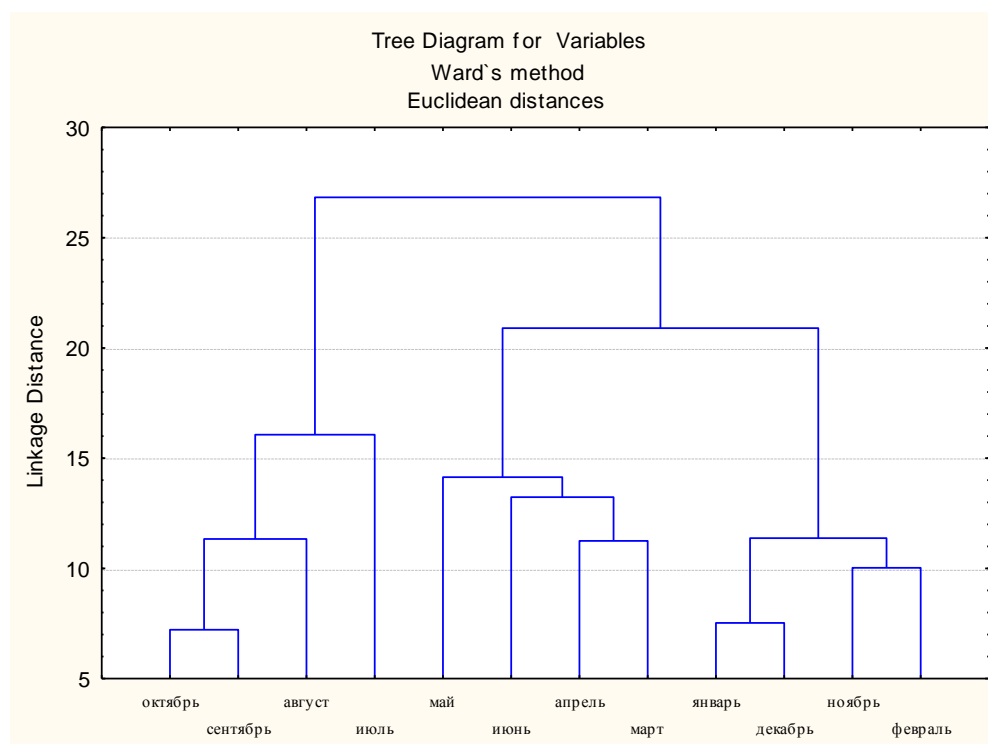


Рис. 3. Результат кластер-анализа массивов гидрохимических данных, сгруппированных по времени отбора проб

Полученные ряды наблюдений позволяют выявить ряд тенденций, характеризующих динамику гидрохимических показателей как в пространстве, так и во времени.

Водородный показатель pH в р. Болховец возрастает к устью, достигая максимума в средней части «центральной каскадной системы» (выявленной в результате кластерного анализа), а именно, в диапазоне створов Б7-Б9 (см. рис. 4 – А). Фоновый участок (родник) имеет, как правило, нейтральную реакцию среды ($pH=6.5-7.5$). По временной характеристике значения pH изменяются следующим образом: в зимний сезон, а также в период выпадения осадков (апрель, июнь) реакция речной воды близка к нейтральной, что, в первом случае, связано со



слабыми, в сравнении с весенне-летним периодом, процессами фотосинтеза (при потреблении CO_2 водной растительностью высвобождаются ионы OH^-), а во втором – с разбавлением речной воды атмосферной водой – слабокислой по величине pH ; в летне-осенний сезон pH воды повышается.

Показатель общей минерализации воды в р. Болховец в большей степени варьирует во времени, чем по контрольным створам (см. рис. 4 – Б). В пространственном отношении наибольшие контрасты в содержании растворенных минеральных веществ наблюдаются в центральной и устьевой частях русла (Б4-Б13) – в пределах городского отрезка течения, на участке интенсивного сброса ливневых вод. Для внутригодовой динамики величины общей минерализации характерны максимумы в зимнюю межень (1000-1200 и выше мг/л) и минимумы – в период весеннего половодья, а также интенсивного выпадения осадков в апреле и июне (750-850 мг/л).

Максимальное содержание иона аммония в реке (см. рис. 5 – А) наблюдается в летне-осенний период, что связано с процессами эвтрофикации реки в период летней межени, а также с отмиранием и разложением водных организмов в осенний период. Зимой, в связи с замедлением процессов жизнедеятельности водной растительности, наблюдается тенденция уменьшения содержания иона аммония. В весенне-летний период концентрация иона аммония продолжает оставаться сравнительно невысокой – как результат интенсивного усвоения иона аммония растениями при фотосинтезе. В целом содержание аммиака в воде нигде не превышает норму – 2 мг/л по азоту; однако, в летне-осенний период наблюдается превышение ПДК аммоний-иона для рыбохозяйственного назначения (0,5 мг/л) практически во всех участках реки, при этом наблюдается значительное увеличение концентрации иона аммония в начальной и устьевой каскадных системах водосбора реки.

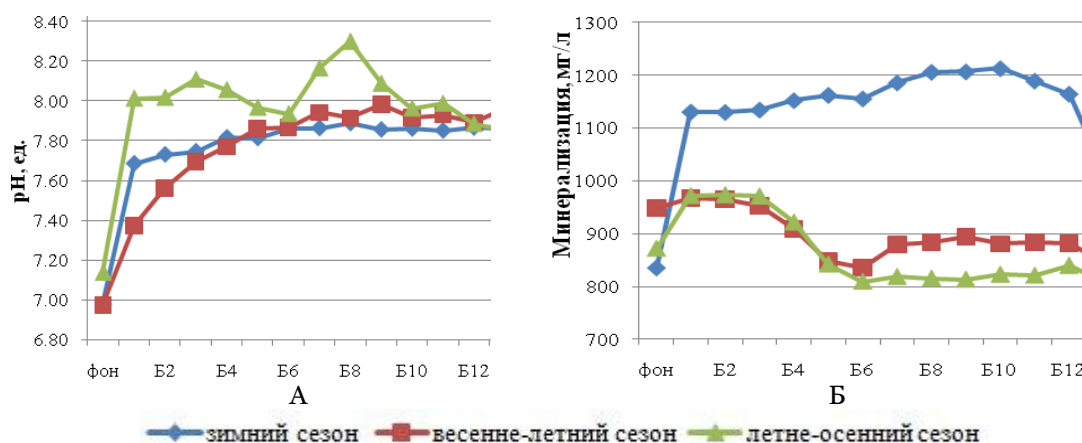


Рис. 4. Пространственно-временная динамика водородного показателя pH (А) и общей минерализации (Б) в контрольных створах р. Болховец за период февраль 2011 г. – январь 2012 г.

Содержание нитратов и нитритов (см. рис. 5 – Б и В, соответственно) имеет более выраженную сезонную динамику, по сравнению с пространственной изменчивостью, особенно это характерно для содержания нитрит-ионов. При этом они изменяются во времени разнонаправленно: в летний период происходит рост концентрации нитрит-ионов и снижение концентрации нитрат-ионов. Наибольшая концентрация нитритов в конце лета связана с активностью фитопланктона (в частности, способность диатомовых и зеленых водорослей восстанавливать нитраты до нитритов). Концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям: минимальная в вегетационный период, она увеличивается осенью и достигает максимума зимой, когда при минимальном потреблении азота происходит разложение органических веществ и переход азота из органических форм в минеральные [6]. В целом, содержание нитрат-ионов – более информативный показатель для выявления пространственных различий. Так, данный показатель снижается в р. Болховец при ее впадении в каскад расширений русла (городской участок), что вероятно, связано с процессами самоочищения в этих водоемах.

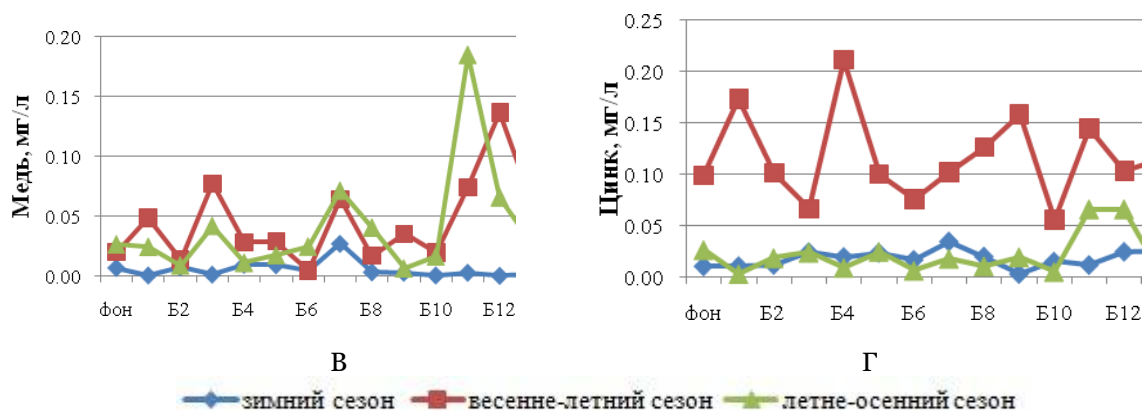


Рис. 6. Пространственно-временная динамика содержания железа общего (А), свинца (Б), меди (В) и цинка (Г) в контрольных створах р. Болховец за период февраль 2011 г. – январь 2012 г.

Выводы

В следствие разноуровневой антропогенной нагрузки на территорию бассейна реки Болховец («сельский» и «городской» типы застройки), а также в виду морфологической неоднородности русла р. Болховец, в городской черте представленной последовательностью техногенных водоемов, произошло формирование каскадных гидрохимических систем внутри речного бассейна, которые могут быть выявлены методом кластерного анализа исследуемых гидрохимических характеристик.

Начальная каскадная система (створы Б1-Б3) отличается преобладанием на данном участке реки гидрохимических показателей преимущественно агрогенного происхождения (ионы аммония, нитрат-ионы, основным источником поступления которых является поверхностный сток с сельскохозяйственных территорий), в то время как в створах центральной и устьевой каскадных систем (Б4-Б13), соответствующих «городскому» типу застройки, отмечаются повышенные содержания элементов преимущественно техногенного характера – тяжелых металлов, поступающих в реку со стоками ливневой канализации с территории урбогеосистемы.

Временная изменчивость гидрохимических показателей соотносится с различными фазами гидрологического режима реки. Так, при снижении водности реки (летне-осенняя и зимняя межень) наблюдается определенное увеличение концентраций ионов аммония (летне-осенний период), нитрат- (зимой) и нитрит-ионов (летом), а также рН воды. При увеличении расходов воды, в период весеннего половодья и интенсивных осадков, как правило, в реке возрастает концентрация тяжелых металлов (железа общего, свинца, цинка и меди), поступающих в реку вместе с поверхностным стоком, и, соответственно, уменьшается величины рН и общей минерализации.

В условиях антропогенного воздействия пространственно-временная организация реки трансформируется в сторону упрощения временной динамики гидрохимических показателей и усложнения – пространственной.

Список литературы

1. Парфенова Г.К. Эволюция техногенеза гидрохимических показателей качества вод урбанизированных территорий (на примере бассейна Верхней Оби): автореф. дис. на соиск. учен. степени д-ра геогр. наук: 25.00.27. / Г.К. Парфенова; Томский государственный университет – Томск: 2004. – 38 с.
2. Прядко М.П., Голузов П.В. Особенности трансформации гидрохимического режима функционирования малых городских рек // Проблемы региональной экологии. – 2011. – №2. – С. 36-40.
3. Дегтярь А.В. Гидролого-экологический анализ деградационных процессов в речных бассейнах малых рек юго-запада Центрально-черноземного региона: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. геогр. наук: 25.00.27. / А.В. Дегтярь; Белгородский государственный университет. – Белгород, 2005. – 24 с.
4. Ким Дж.-О., Мьюллер Ч. У., Клекка У. Р. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ: Пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 215 с.
5. Жигарев Д.В. Учет закономерностей формирования дождевого стока с урбанизированных территорий при защите водных объектов от загрязнения: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. технич. наук: 25.00.36. / Д.В. Жигарев; Читинский государственный университет – Чита: 2004. – 18 с.
6. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т.В. Гусевой. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 192 с.
7. Брагинский Л. П. Некоторые принципы классификации пресноводных экосистем по уровням токсической загрязненности // Гидробиол. журн. – 1985. – Т. 21. – № 6. – С. 65-73.

THE ANALYSIS OF SPACE-TIME PATTERNS OF THE HYDROCHEMICAL INDICES VARIABILITY OF THE BOLKHOVETZ RIVER

**M.P. Pryadko, P.V. Goleusov,
A.G. Kornilov, S.N. Kolmykov,
L.Y. Gordeev**

*Belgorod State National Research Uni-
versity, Pobedy St., 85, Belgorod,
308015, Russia*

*E-mail: Marielo313@yandex.ru, Goleu-
sov@bsu.edu.ru, Kornilov@bsu.edu.ru,
Kolmykov@bsu.edu.ru,
GLEO89@yandex.ru*

The features of the river Bolkhovez functioning as the cascade hydro-chemical system are considered. The results of monitoring water quality in different economic use of catchment areas are produced. Spatial differences of the water chemical composition in these areas and the main phase of the hydrochemical state of the river over time are revealed using the method of cluster analysis. The space-time organization of the river as a cascade of hydro-chemical system is a reaction to the anthropogenic transformation of catchment areas, and it should be taken into account while planning monitoring studies and environmental rehabilitation.

Keywords: small rivers, chemical pollution, hydrochemical cascading system, spatial and temporal variability, cluster analysis.



УДК 911.52

ПАСПОРТ МОНИТОРИНГА СОДЕРЖАНИЯ ГУМУСА В ПОЧВАХ АГРОЛАНДШАФТОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ – ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

**Е.В. Серикова,
А.А. Мелентьев**

*Белгородская государственная
сельскохозяйственная академия
имени В.Я. Горина, Россия,
308503, пос. Майский, Белгород-
ский район, Белгородская об-
ласть, ул. Вавилова, 1*

E-mail: ele-serikova@yandex.ru

Предлагается паспорт мониторинга содержания органического вещества в почвах агроландшафтов, необходимый агрономам, инженерам-землеустроителям, ряду других специалистов в области сельского хозяйства с целью контроля за состоянием почвенного плодородия, прогноза изменений содержания органического вещества и рациональной организации пахотных земель конкретного сельскохозяйственного предприятия. Предлагаемый документ содержит такие сведения для каждого поля севооборота как: генетическую принадлежность и механический состав почв; среднюю крутизну поверхности; экспозицию склона; динамику содержания органического вещества в гор. Апах почв по турам агрохимического обследования; дозы органических удобрений, вносимые в почвы пашни по годам; структуру посевных площадей. Паспорт позволит реализовать стратегию сохранения потенциала плодородия пахотных земель на территории Центральной лесостепи в процессе разработки проекта землеустройства.

Ключевые слова: паспорт мониторинга содержания гумуса, организация территории, устойчивый агроландшафт, крутизна поверхности склонов, экспозиция.

Введение

В современных условиях нарастания интенсивности антропогенных воздействий на компоненты природной среды в почвах агроландшафтов лесостепной зоны Восточно-Европейской равнины продолжают распад гумуса, несбалансированный вынос питательных элементов и как следствие этого – снижение плодородия почв [1-5]. В связи с этим необходимо продолжение работ, направленных на анализ тенденций и прогноз дальнейшего изменения во времени гумусового состояния пахотных почв [5-8]. Необходимо внедрение новых подходов к исследованию динамики содержания и запасов органического вещества в почвах агроландшафтов. Целесообразно исследование гумусового состояния почв агроландшафтов по турам агрохимического обследования почвенного покрова. Отсутствие таких исследований при землеустроительном проектировании затрудняет учёт условий формирования устойчивых агроландшафтов.

В условиях интенсивного земледельческого освоения Белгородской области и продолжающейся деградации пахотных земель весьма актуальной представляется типизация агроландшафтов в целях контроля их состояния, а также предотвращения дальнейших негативных последствий их использования. Мы предлагаем внедрение в практику земледельческого использования новой научной разработки на основе использования данных мониторинга содержания гумуса в пахотных почвах.

Первым этапом работ мы видим составление паспорта мониторинга содержания гумуса в пахотных почвах сельскохозяйственного предприятия. Второй этап предполагает создание типизации агроландшафтов по изменению во времени содержания гумуса. Третий, завершающий этап работы состоит в использовании данных паспорта и типизации агроландшафтов в разработке ландшафтно-экологической системы земледелия и создания на ее основе нового проекта внутрихозяйственного землеустройства сельскохозяйственного предприятия.

Предлагаемая структура паспорта отражена на рис. 1.

Анализ средневзвешенного содержания органического вещества нами приводится на примере типичного по компонентному составу почвенного покрова и эрозионному расчленению хозяйства Центральной лесостепи - ООО «Агро-Пушкарное» Белгородского района Белгородской области. Анализ средневзвешенного содержания органического вещества в горизонте Апах полей ООО «Агро-Пушкарное» позволил выявить три группы полей с разными тенденциями изменения во времени данного показателя (рис. 2): с устойчивым ростом во времени содержания органического вещества (19 полей); с колебательным ростом во времени содержания органического вещества (19 полей); с неясно выраженной динамикой содержания органического вещества (30 полей).



Рис. 1. Структура паспорта мониторинга содержания органического вещества в почвах агроландшафтов сельского предприятия

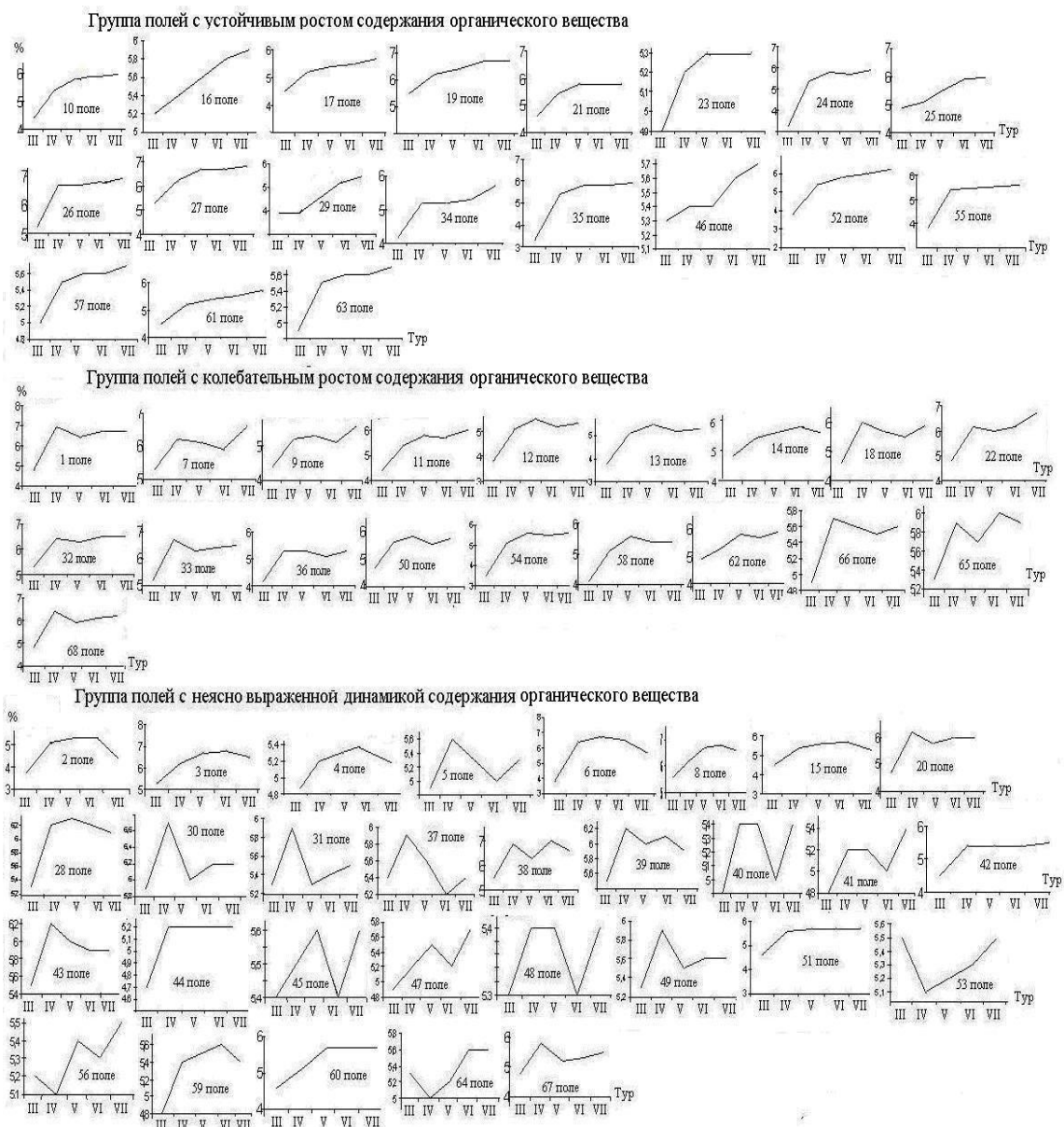


Рис. 2. Выявленные группировки почв пахотных полей ООО «Агро-Пушкарное» по разным тенденциям изменения во времени средневзвешенного содержания органического вещества в горизонте Апах

Анализ пространственного расположения полей в указанных группировках пахотных участков выявил следующее (рис. 3): поля с устойчивым ростом содержания органического вещества в почвах расположены преимущественно на склонах северной экспозиции; поля с колебательным ростом содержания органического вещества преимущественно находятся на склонах южной экспозиции, однако в данной группировке еще достаточно велика доля полей (26 %), расположенных на склонах северной экспозиции; поля с неясно выраженной динамикой содержания органического вещества преимущественно размещены на склонах южной экспозиции с минимальным вкладом участков, приуроченных к склонам северной экспозиции.

Гистограммы среднего 5-летнего изменения содержания органического вещества в пахотных горизонтах почв в зависимости от крутизны поверхности (рис. 4) и экспозиции склонов (рис. 5) передают следующие закономерности. В почвах агроландшафтов ООО «Агро-Пушкарное» наблюдается тенденция снижения рассматриваемого показателя по мере возрастания крутизны склонов пахотных участков. Это связано с эрозионными потерями почвенного мелкозема и содержащегося в нем органического вещества, объемы которых с увеличением крутизны поверхности пахотных полей возрастают.

При отсутствии абсолютно ровных поверхностей пашни на территории ООО «Агро-Пушкарное», в почвах пахотных склонов северной экспозиции хозяйства складываются наиболее благоприятные условия для сохранения почвенного плодородия, что отражается в максимально выраженном росте во времени содержания в почвах органического вещества. Наибольшие потери выявлены на склонах южных экспозиций. Промежуточное положение занимают восточные и западные склоны.



Рис. 3. Удельный вес площадей земель на склонах различных экспозиций в группировках по разным тенденциям изменения во времени содержания органического вещества в пахотных почвах: а) – поля с устойчивым ростом во времени содержания органического вещества; б) – поля с колебательным ростом во времени содержания органического вещества; в) – поля с неясно выраженной динамикой содержания органического вещества.

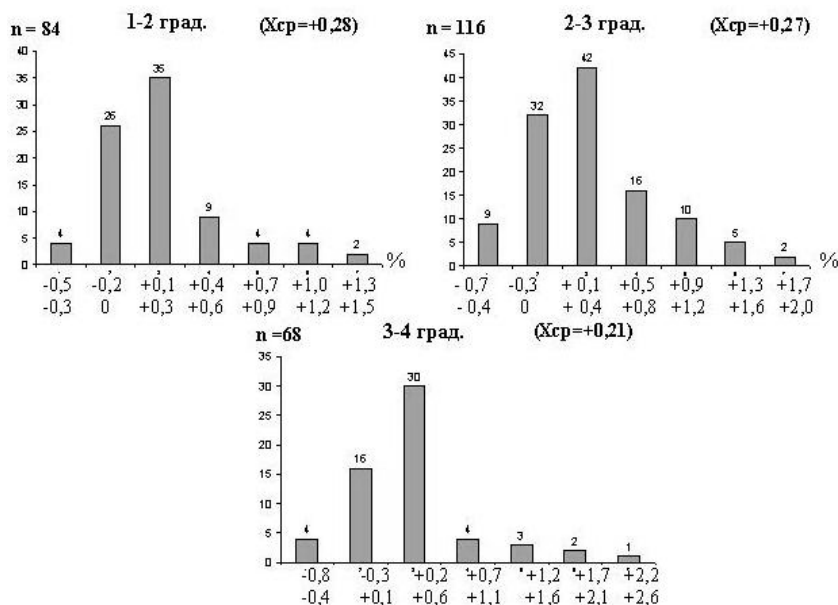


Рис. 4. Гистограммы среднего 5-летнего изменения содержания органического вещества (% абсолютного содержания) в горизонте Апах. на полях различной крутизны (1982-2003 гг.) ООО «Агро-Пушкарное»

Потери органического вещества в пахотных почвах ООО «Агро-Пушкарное» на склонах различной крутизны и экспозиции описываются линейными уравнениями регрессий (рис. 6 и 7).

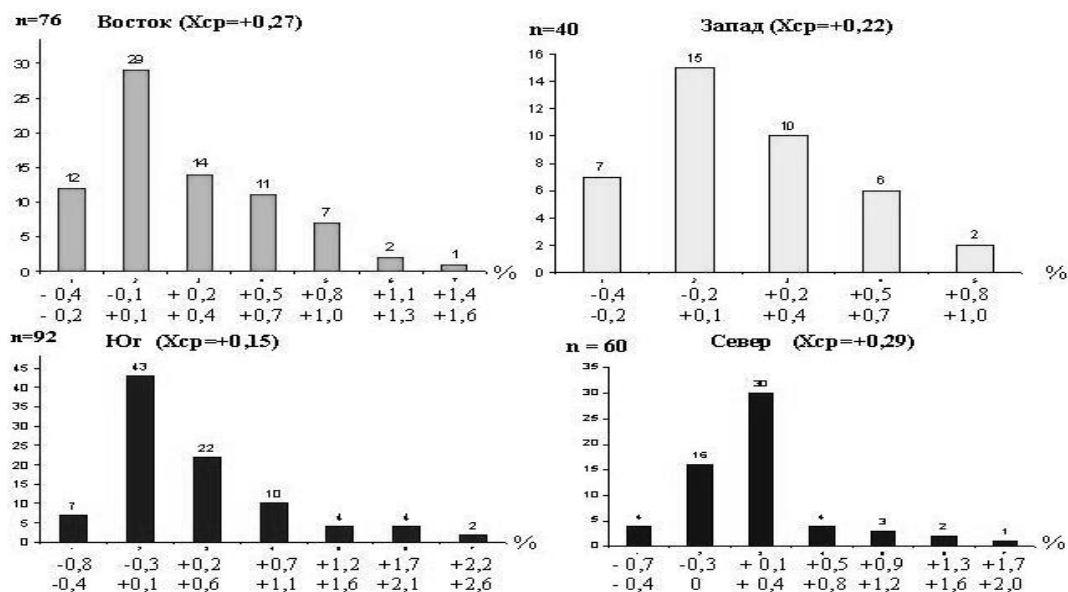


Рис. 5. Гистограммы среднего 5-летнего изменения содержания органического вещества (% абсолютного содержания) в горизонте Апак, на участках полей с различной экспозицией склонов (1982-2003 гг.)

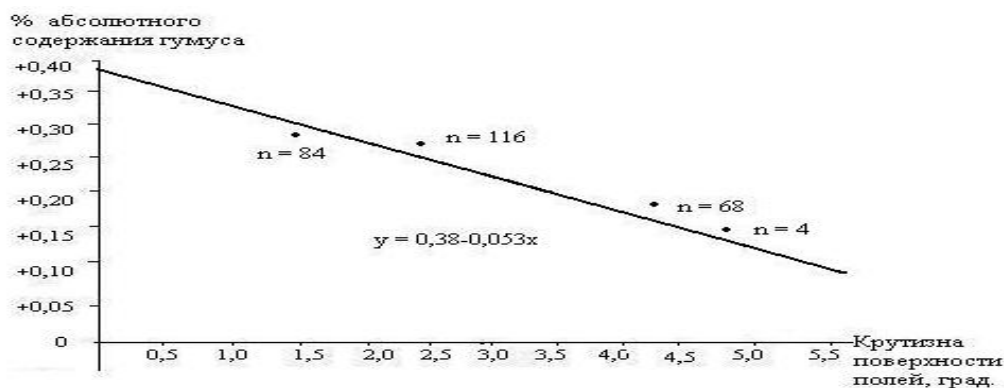


Рис. 6. Зависимость изменения содержания органического вещества в пахотных почвах ООО «Агро-Пушкарное» от крутизны склонов (средние 5-летние значения за период 1982-2003 гг.)

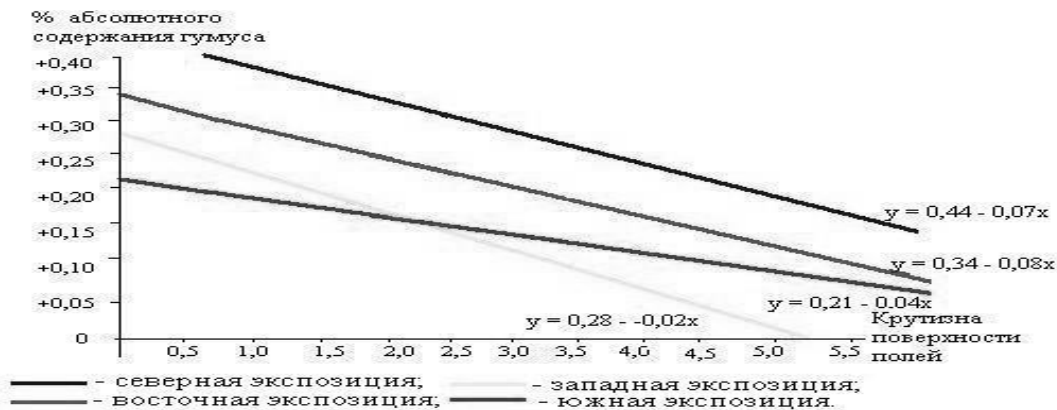


Рис. 7. Зависимость изменения содержания органического вещества в пахотных почвах ООО «Агро-Пушкарное» от крутизны склонов на участках с разными экспозициями склонов (средние 5-летние значения за период 1982-2003 гг.)



Сравнительный анализ средних 5-летних (за период с 1982 по 2003 годы) изменений содержания органического вещества в пахотных горизонтах чернозёмов выщелоченных и типичных ООО «Агро-Пушкарное» в 4 случаях из 5 передает тенденцию снижения потерь содержания органического вещества на склонах, занятых черноземами выщелоченными (табл. 1). Однако, учитывая, что данные отличия незначительны и достоверность их невелика, учет генетических особенностей чернозёмов в динамике содержания органического вещества на склоновых землях следует проверить на основе использования репрезентативного объема данных.

Таблица 1
Средние 5-летние изменения содержания органического вещества в пахотных горизонтах чернозёмов выщелоченных и типичных ООО «Агро-Пушкарное» за период с 1982 по 2003 годы

Крутизна поверхности полей, град.	Экспозиция склона	Чернозём выщелоченный	Чернозём типичный
1-2°	Северная		+0.37 / 20
	Южная		+0.17 / 24
	Восточная	+0.23 / 12	+0.30 / 16
	Западная		+0.19 / 12
2-3°	Северная	+0.31 / 12	+0.28 / 16
	Южная		+0.16 / 28
	Восточная	+0.27 / 24	+0.21 / 8
	Западная		+0.16 / 24
3-4°	Северная	+0.30 / 4	+0.27 / 8
	Южная	+0.16 / 20	+0.15 / 12
	Восточная		+0.22 / 12
	Западная		+0.10 / 4

Примечание: числитель – средние 5-летние изменения содержания органического вещества в горизонте Апах, знаменатель – объём выборки (n).

Пространственно-временная картина изменения содержания органического вещества в почвах пахотных полей ООО «Агро-Пушкарное» за период с 1982 по 2003 гг. показывает, что устойчивый рост содержания органического вещества в горизонте Апах почв происходил на полях преимущественно северной экспозиции, а слабо выраженная динамика содержания органического вещества наблюдалась на склонах преимущественно южной экспозиции.

Паспорт мониторинга содержания органического вещества в пахотных почвах ООО «Агро-Пушкарное» показал, что пахотные поля данного сельскохозяйственного предприятия спроектированы без учёта рельефа. Большинство пахотных участков расположено на элементах рельефа

различной экспозиции и крутизны, соответствующих различным элементарным геохимическим ландшафтам. Рекомендации по ландшафтно-экологическому проектированию полей и результаты проведенного нами мониторинга содержания органического вещества в почвах пашни ООО «Агро-Пушкарное» на участках различной крутизны и экспозиции формируют основу новой типизации агроландшафтов и позволяют более рационально организовать проектирование пахотных участков.

Данные паспорта мониторинга содержания гумуса в почвах агроландшафтов сельскохозяйственного предприятия позволят разработать новую методику землеустроительного проектирования на эколого-ландшафтной основе. Предлагаемый новый подход для типизации и проектирования полей (рабочих участков) требует учета следующих показателей: генетической принадлежности почв, крутизны поверхности, экспозиции склонов, величины изменения во времени абсолютного содержания органического вещества в пахотном горизонте почв.

С учетом предложенных рекомендаций в дальнейшем следует выделять агрогруппы для разработки единой системы земледелия и обработки почв.

Список литературы

1. Деградация геосистем Белгородской области в результате хозяйственной деятельности / Ю.Г. Чендев, А.Н. Петин, Е.В. Серикова и др. // География и природные ресурсы. – 2008. – № 4. – С. 69-75.
2. Чендев Ю.Г. Пространственно-временные закономерности антропогенной трансформации почвенного покрова лесостепи среднерусской возвышенности / Ю.Г. Чендев, Е.В. Серикова, М.В. Жихарева, В.Г. Белеванцев // Проблемы региональной экологии. – 2007. – №6.
3. Геннадиев А.Н., Серикова Е.В. Динамика содержания гумуса в пахотных лесостепных черноземах по разновременным данным агрохимического обследования почвенного покрова / А.Н. Геннадиев, Е.В. Серикова // География и геоэкология: поисковые исследования ученых России: Сборник статей. – М.: Географический факультет МГУ, 2006. – С.143-150.
4. Серикова Е.В. Ландшафтное земледелие – альтернатива традиционному использованию агроландшафтов // Экологические проблемы старого развития агро среды в условиях реформирования земельных отношений рационального использования и охраны земель. – Харьков. – 2005. – С. 154-156.

5. Серикова Е.В. Анализ динамики изменения содержания гумуса в пахотных почвах Белгородской области // Экологизация старого развития агросферы, биогенез и ноосфера перспективного информационного развития. – Харьков. – 2006. – С.131-132.

6. Чендев Ю.Г., Серикова Е.В., Буряк А.А. Почвенные катены в агроландшафте на территории центральной лесостепи: опыт генетического анализа // Экологические равновесие и устойчивое развитие территории. – Санкт-Петербург. – 2010. – С. 123-125.

7. Е.В. Серикова, Чендев Ю.Г.. Изменение гумусового состояния почв агроландшафтов лесостепи среднерусской возвышенности на склонах различной крутизны с 1982 по 2003 годы // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове. – Томск, 2010. – С.202-206.

8. Повторные наблюдения в изучении пространственно-временных изменений компонентов окружающей среды / Ю.Г. Чендев, В.Г. Белеванцев, Е.В. Серикова. Ю.А. и др. // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах. – М.; Белгород, 2010 – С.197-203.

THE PASSPORT OF MONITORING OF THE HUMUS CONTENT IN SOILS OF AGROLANDSCAPES OF THE CENTRAL FOREST-STEPPE – A PRELIMINARY STAGE OF LAND MANAGEMENT DESIGN

E.V. Serikova, A.A. Melentyev

*V.Y.Gorin Belgorod State Agricultural
Academy, Vavilova St., 1, Mayskiy Set.,
Belgorod Distr., Belgorod Reg.,
308503, Russia*

E-mail: ele-serikova@yandex.ru

The passport of monitoring of the content of organic substance in soils of the agrolandscapes, necessary for agriculturists, engineers-land planners, to some other experts in the field of agriculture in order to monitor the state of soil fertility, forecast changes of the content of organic substance and for the rational organization of arable lands of the concrete agricultural enterprise is offered. The offered document contains such data for each field of a crop rotation as genetic accessory and mechanical structure of soils: average steepness of a surface; slope exposition; dynamics of the content of organic substance in the Apakh horizon, of soils on rounds of agrochemical survey; the doses of organic fertilizers brought in soils of an arable land by years; structure of cultivated areas. The passport will allow to realize strategy of preservation of potential of fertility of arable lands in the territory of the Central forest-steppe in the course of development of the project of land management.

Keywords: passport of monitoring of the humus content, territory organization, steady agrolandscape, steepness of a surface of a slopes, exposition.



УДК 58.006

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА НИУ «БЕЛГУ»¹

**Е.М. Лопина, Е.А. Стаценко,
А.Г. Корнилов, В.К. Тохтарь**

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет, Россия, 309015,
г. Белгород, ул. Победы, 85*

*E-mail: lopina@bsu.edu.ru;
statsenko@bsu.edu.ru;
kornilov@bsu.edu.ru;
tokhtar@bsu.edu.ru*

Статья посвящена картографированию экологического каркаса ботанического сада НИУ «БелГУ», как одного из звеньев каркаса г. Белгорода. Поэтапно рассмотрена методика картирования экологического каркаса региона на основе функционального принципа выделения его элементов, обоснована целесообразность рассмотрения исследуемой территории в структуре муниципального образования.

Ключевые слова: ботанический сад, экологический каркас, эколого-функциональное зонирование, методика картографирования экологического каркаса, пространственная организация территории.

Введение

Ботанический сад НИУ «БелГУ», созданный в 1999 году в целях расширения сети особо охраняемых природных территорий области и сохранения биологического разнообразия растительного мира, является специализированным научно-исследовательским и учебно-социальным структурным подразделением ВУЗа. Назначение ботанического сада: охрана редких и исчезающих видов Центрально-Черноземной зоны; интродукция новых травянистых и древесно-кустарниковых видов различного хозяйственного использования; селекция кормовых и газонных трав; сортоизучение и селекция плодовых, ягодных и цветочных растений.

Территории Ботанического сада располагаются по типу кластерных территорий и представлена природным парком «Нежеголь», расположенным в с. Титовка Шебекинского района Белгородской области, собственно Ботаническим садом и Зимним садом НИУ «БелГУ». Располагается сад на юго-западных отрогах Среднерусской возвышенности в бассейне рек Везелка и Гостенка в юго-западной части г. Белгорода, в северо-западном агроклиматическом районе Белгородчины. Территория в северной части ограничивается бывшей грунтовой дорогой Белгород – Борисовка, с восточной стороны полосой отчуждения железной дороги Белгород – Сумы, а с юго-запада – существующими лесополосами.

Находясь в пределах городской черты, ботанический сад вынужденно, непродолжительное время в году, является местом осаднения выбросов цементного завода, а его отдельные участки подвержены незначительной рекреационной нагрузке. Таким образом, территории ботанического сада нуждается в комплексной оценке, подготовке и реализации соответствующих мероприятий по их оптимизации. Обеспечить природно-экологическое равновесие, сохраняемое в течение длительного времени, за сравнительно короткий промежуток времени позволяет пространственная организация территории. Обеспечить такое равновесие, значит, решить основной вопрос природопользования – вопрос устойчивого развития территории [5].

Методика картографирования экологического каркаса и результаты ее апробации на территории Ботанического сада НИУ «БелГУ»

При принятии мер в вышеобозначенном направлении одно из центральных мест должно отводиться вопросам построения функционально-планировочной модели природно-экологического каркаса.

Авторами обоснован теоретический подход к изучению экологического каркаса региона на основе функционального принципа выделения его элементов [6]. Разработанная методика картографирования экологического каркаса применима и на территориях, имеющих особый

¹ Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом на 2012 год (№ приказа 5.2614.2011).

статус – особо охраняемых природных территорий. Методика предполагает следующую последовательность и содержание его этапов:

1. Выделение опорных элементов экологического каркаса на конкретной территории, начальным источником информации на данном этапе служат: топографические карты масштаба 1:25000, 1:100000, 1:20000; актуальные космические снимки масштабов от 1:25000 до 1:200000; схемы землеустройства указанных масштабов; тематические карты и др., на которых возможно в полной мере выделить природные элементы ландшафта, а также территории с ограниченными условиями использования для хозяйственной деятельности. На данном этапе также формируется база некартографической информации: фондовые материалы и аналитико-информационные отчёты учреждений охраны природы; материалы земельного кадастра [4].

В настоящее время вопросам изучения экологического каркаса посвящено довольно большое количество работ отечественных и зарубежных авторов (Владимиров В.В., Елизаров А. В., Кавалюкас П.П., Колбовский Е.Ю., Михно В.Б., Chapin F.S., Holling, C.S., Mary L. Cadenasso, Robert S. Unnasch и др.). При некотором несовпадении формулировок изучаемого предмета, большинство учёных в состав последнего включают элементы трёх уровней: площадные, линейные, точечные. Особо охраняемые территории, в том числе ботанические сады, – это «сердцевинные» территории, то есть традиционно считающиеся ядрами экологических каркасов. В совокупности они представляют собой систему наиболее активных в экологическом отношении территориальных элементов природной среды, которые вместе с другими природными объектами могут выполнять средозащитные, компенсирующие и saniрующие функции. Соответственно, ботанические сады способны выполнять не только свои прямые задачи, но, имея регламентированный режим природопользования, способны поддерживать и обеспечивать определенное состояние среды территории муниципального образования [1, 2].

2. Картографирование и анализ выделенных элементов с использованием данных дистанционного зондирования. Осуществляется с применением прикладных программных продуктов для работы с картографической информацией методами автоматического дешифрирования или методом визуального дешифрирования космических снимков.

Итоговым результатом решения данной задачи становится создание карты эколого-функционального зонирования территории исследования. Ниже представлена карта, отображающая элементы экологического каркаса ботанического сада и прилегающих территорий (рис. 1).

При построении модели для ботанического сада, его территория рассматривалась не обособлено, а как одно из звеньев каркаса муниципального образования г. Белгорода. Обоснование выбора такого подхода связано с тем, что г. Белгород характеризуется определенной степенью напряжённости экологической ситуации, высокой плотностью населения, испытывает рекреационный пресс, и, в то же время, имеет особо охраняемые природные территории регионального и федерального значения. Вышесказанное подчеркивает особую роль исследований, направленных на изучение экологического каркаса ботанического сада.

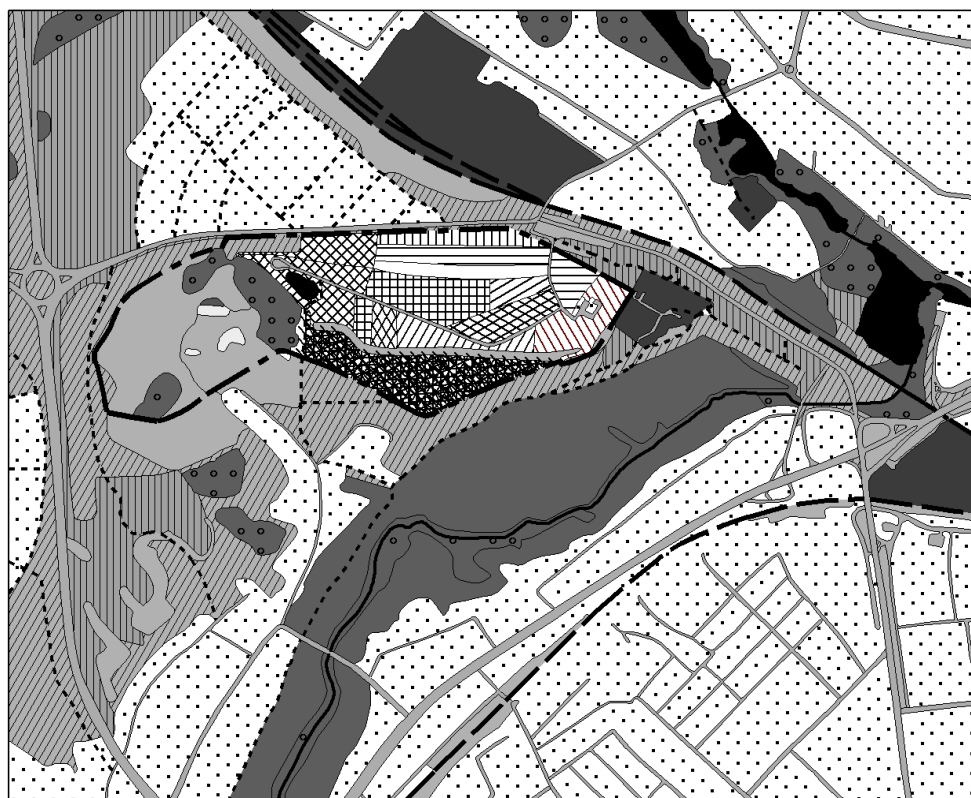
3. Анализ структурных элементов карты функционального зонирования экологического каркаса по показателям антропогенной нагрузки, экологической значимости, эколого-экономической оценке с целью выявления территорий, которые могли бы выполнять функции опорных элементов экологического каркаса, обладая определённой устойчивостью.

Согласно Постановлению главы администрации Белгородской области Ботаническому саду было передано в бессрочное пользование земельный участок площадью 78,6 гектара, в том числе 37,2 гектара пашни, из земель г. Белгорода [3]. Сейчас в территориальную структуру Ботанического сада входят территории размещения основных географических и тематических коллекций, питомник, опытные участки.

Географические коллекции ботанического сада представлены на территории отдела дендрологии: это экспозиции «Центральная Азия»; «Северная Азия»; «Кавказ»; «Восточная Азия»; «Америка»; «Европа». Тематические коллекции представлены отделами: цветоводство, садоводство и виноградарство, других плодовых культур, лекарственных и кормовых трав, степной растительности. На прилегающих к ботаническому саду городских территориях выделены лесные массивы и лесопосадки, водоемы, пашня, лугово-степные участки, промышленная зона, селитебная территория с сопутствующей инфраструктурой (табл. 1).

4. На следующем этапе осуществляется проведение полевого обследования предполагаемых опорных элементов экологического каркаса. Закладываются пробные площади и учётные площадки, охватывающие все виды элементов экологического каркаса. На территории исследуемого участка намечаются пересекающие его профили, на которых через каждые 500 метров проводится комплексное описание учётных площадей, а именно: расположение на местности (удалённость от транспортных зон и промышленных магистралей); общее положение

на рельефе местности (макро- и микрорельеф); геоботаническое описание включает оценку территории по показателям биоразнообразия; учёт следов антропогенной деятельности.



0 300 600 900м



Рис. 1. Картограмма эколого-функционального зонирования ботанического сада НИУ «БелГУ» и прилегающих территорий

Результаты полевого обследования территории, входящих в структуру рассматриваемого экологического каркаса будут представлены авторами в последующих публикаци-

ях. В ходе проведения работ данного этапа исследований активно привлекаются студенты-географы. Так, в ходе полевой практики по ландшафтоведению студентами для изучения различных природно-территориальных комплексов традиционно закладывается не менее 12 точек на территории исследуемого участка и намечают профили для изучения.

Таблица 1
Расчет площадей участков на территории Ботанического сада НИУ «БелГУ»

№ п/п	Участки на территории Ботанического сада	Площадь, га	Площадь, %
1	Водоёмы	0.7	1.0
2	Лесные массивы и лесопарковые зоны	6.8	9.6
3	Административно-социальная застройка	0.2	0.3
4	Асфальтовые дорожные покрытия	1.6	2.3
5	Лугово-степные участки	2.7	3.8
6	Лесопосадки	18.3	25.8
7	Меловые обнажения	0.9	1.3
8	Естественные кустарниковые залежи	0.3	0.4
9	Питомник	4.7	6.6
10	Опытные участки	2.4	3.4
11	Экспозиция «Сибирь»	1.4	2.0
12	Экспозиция «Центральная Азия»	2.2	3.1
13	Экспозиция «Восточная Азия»	2.7	3.8
14	Экспозиция «Европа»	5.1	7.2
15	Экспозиция «Кавказ»	1.2	1.7
16	Экспозиция «Америка»	5.9	8.3
17	Участок степной растительности	8.3	11.7
18	Плодовый сад	2.1	3.0
19	Основные коллекции растений и фитоэкспозиции	3.3	4.7
Итого		70.8	100

Заключение

Будучи территорией с достаточно высоким уровнем эффективного регулирования природопользования ботанический сад НИУ «БелГУ» безусловно, является примером одного из фрагментов экологического каркаса.

Разработанные авторами подходы и, как один из результатов, полученные карты эколого-функционального зонирования используются при создании региональной карты опорных элементов экологического каркаса, карты планирования территорий, рекомендации по оптимизации структуры землепользования с учётом природоохранной направленности. Оптимальным было бы внедрение, предложенных авторами разработок, в процедуру принятия экологически обоснованных градостроительных решений, утверждения Схем территориального планирования муниципальных образований разного уровня. Кроме того, геоинформационное картографирование экологического каркаса региона может послужить толчком к совершенствованию существующей региональной сети охраняемых территории, к которым относится, в том числе территория Ботанического сада НИУ БелГУ.

Список литературы

1. Колбовский Е.Ю. Ландшафтоведение: Учеб. пособие / Е.Ю. Колбовский. – М.: Академия, 2007. – 479 с.
2. Коломыц Э.Г. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ / Э.Г. Коломыц, Г.С. Розенберг, О.В. Глебова. – М.: Наука; МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. – 286 с.
3. Постановление главы администрации Белгородской обл. от 07.10.1999 N 563 "Об организации ботанического сада Белгородского государственного университета" // Режим доступа: <http://zakop-region.ru/belgorodskaya-oblast/19347/>
4. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области / П.А. Авраменко, П.Г. Акулов, Ю.Г. Атанов и др.; под. ред. С.В. Лукина. – Белгород, 2007. – 556 с.
5. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник / Н.Ф. Реймерс. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
6. Стаценко Е.А. Экологический каркас Белгородской области как основа устойчивого развития региона / Е.А. Стаценко, А.Г. Корнилов, Ю.С. Жеребненко // Географические основы формирования экологических сетей в России и Восточной Европе. Ч. 1. Материалы электронной конф. (1-28 февраля 2011 г.). – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – С. 264-267.



GEOECOLOGICAL STUDY OF THE BELGOROD NATIONAL RESEARCH UNIVERSITY BOTANICAL GARDEN FUNCTIONAL ZONING

**E.M. Lopina, E.A. Statsenko,
A.G. Kornilov, V.K. Tokhtar**

*Belgorod State National Research Uni-
versity, Pobedy St., 85, Belgorod,
308015, Russia*

*E-mail: lopina@bsu.edu.ru;
statsenko@bsu.edu.ru;
kornilov@bsu.edu.ru;
tokhtar@bsu.edu.ru*

The article is devoted to mapping of an ecological framework of the Belgorod State National Research University Botanical Garden, as one of the links of the framework of Belgorod. The technique of an ecological framework mapping in the region on the basis of a functional principle of allocation of its elements is considered step by step, expediency of consideration of the studied territory in municipality structure is substantiated.

Keywords: botanical garden, ecological framework, ecological-and-functional zoning, technique of an ecological framework mapping, spatial organization of the territory.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Алтухов А.А.** – аспирант; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская область, Россия
- Артёмьева Е.А.** – доктор биологических наук, доцент; Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, г. Ульяновск, Россия
- Афанасьев П.И.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская область, Россия
- Ачасов А.Б.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Национальный аграрный университет им В.В. Докучаева, г. Харьков, Украина
- Бакулин В.Т.** – доктор биологических наук, старший научный сотрудник; Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия
- Батлуцкая И.В.** – доктор биологических наук, профессор, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Белицкая Ю.С.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Богданов В.Н.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Бондаренко В.В.** – магистрант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Булыгин С.Ю.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент Украинской академии аграрных наук; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская область, Россия
- Буханов В.Д.** – кандидат ветеринарных наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Везенцев А.И.** – доктор технических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Волобуева Ю.Е.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Голеусов П.В.** – кандидат биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Гордеев Л.Ю.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Горшков Г.И.** – доктор биологических наук, профессор; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская область, Россия
- Григорьева С.Л.** – аспирант; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская область, Россия
- Грязнов В.П.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Дейнека В.И.** – доктор химических наук, профессор, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Дейнека Л.А.** – кандидат химических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Демидова Н.А.** – кандидат биологических наук; Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, г. Архангельск, Россия
- Добродомова Е.В.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Дуркина Т.М.** – кандидат биологических наук; Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, г. Архангельск, Россия
- Зуев Н.П.** – кандидат ветеринарных наук, доцент; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская область, Россия
- Илющенко С.В.** – аспирант; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская область, Россия



- Калинин Ю.В.** – кандидат сельскохозяйственных наук; ОАО «Белгородский бекон»
- Каменек Л.К.** – Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск Россия
- Кашицин А.Н.** – Ульяновский государственный университет, г. Ульяновск Россия
- Колмыков С.Н.** – кандидат географических наук; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Коняева И.А.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Корнева Л.Г.** – доктор биологических наук, доцент; Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская область, Россия
- Корнилов А.Г.** – доктор географических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Коробова Л.Н.** – доктор биологических наук, профессор; Новосибирский государственный аграрный университет, г. Новосибирск, Россия
- Кочеткова Н.А.** – кандидат биологических наук, доцент; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская область, Россия
- Краснов Е.В.** – доктор геолого-минералогических наук, профессор; Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград, Россия
- Кушунина М.А.** – студентка; Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
- Лебедева О.Е.** – доктор химических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Лелюхина Е.В.** – аспирант; Дальневосточный Федеральный университет, г. Владивосток, Россия
- Лисецкий Ф.Н.** – доктор географических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Литвак М.М.** – кандидат химических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Лопина Е.М.** – кандидат географических наук; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Лукин С.В.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Маканина О.А.** – кандидат биологических наук; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Мартынова И.А.** – Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, кафедра разведения и частной зоотехнии
Должность: аспирант
- Маслов М.В.** – кандидат биологических наук, научный сотрудник; ГПЗ «Уссурийский» им. В.Л. Комарова ДВО РАН, г. Уссурийск, Россия
- Мелентьев А.А.** – кандидат биологических наук, доцент; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская область, Россия
- Михайленко О.И.** – кандидат химических наук, доцент; Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия
- Муравьев И.В.** – кандидат биологических наук, доцент; Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, г. Ульяновск, Россия
- Науменко Л.И.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Нгуен Тхи Тьук** – магистрант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Перистая Л.Ф.** – доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Перистый В.А.** – кандидат технических наук, доцент, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Пономарёва Е.А.** – аспирант; Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, г. Калининград, Россия
- Прохорова Е.А.** – соискатель; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия

- Прядко М.П.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Сабарайкина С.М.** – кандидат биологических наук; Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск, Республика Саха (Якутия), Россия
- Серикова Е.В.** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, пос. Майский, Белгородская область, Россия
- Соловьева В.В.** – научный сотрудник, Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок, Ярославская область, Россия
- Сорокотягина Л.А.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Стаценко Е.А.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Сухоруков А.П.** – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник; Биологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия
- То Тхи Бик Тхуи** – магистрант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Тохтарь В.К.** – доктор биологических наук, старший научный сотрудник; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Устинова М.Н.** – кандидат химических наук; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Федорова М.З.** – доктор биологических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Фролов Г.В.** – директор, МИП «Наносорбент БелГУ»
- Хижняк Р.М.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Чернявских С.Д.** – кандидат биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Чернявских С.Д.** – кандидат биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Чулков А.Н.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Шабанов С.И.** – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Шапошников А.А.** – доктор биологических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Шевченко Т.С.** – кандидат биологических наук; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Шенцева Е.А.** – кандидат биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Эрст А.А.** – кандидат биологических наук; Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, г. Новосибирск, Россия
- Яковлева И.Н.** – кандидат биологических наук, доцент; Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, Белгородская область, пос. Майский, Россия



**Правила оформления статей в журнал
«Научные ведомости Белгородского государственного университета»:
серия «Естественные науки»**

В журнале «Научные ведомости Белгородского государственного университета» публикуются статьи теоретического, методического и прикладного характера, содержащие завершённые результаты оригинальных исследований автора (соавторов) по разделам «Науки о Земле», «Химия» и «Биология» ранее нигде не опубликованные. Обзорные статьи публикуются по заявкам редколлегии или в особых случаях.

Статьи представляются в редколлегию в печатном (1 экз.) и электронном виде с использованием Microsoft Word для Windows. Поля страницы (формата А-4): левое – 3 см, другие по 2 см. Текст (весь) – шрифтом Times New Roman, 12 pt, межстрочный интервал – одинарный, красная строка (абзац) – 1,25 см., выравнивание по ширине. Страницы не нумеруются. Объём статей не должен превышать 12 страниц, включая иллюстративный и графический материал, таблицы, список литературы.

Перед названием статьи необходимо указать УДК (слева сверху). Название статьи оформляется строчными буквами, (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указываются инициалы и фамилии авторов (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указываются название и адрес места работы (с указанием почтового индекса, e-mail автора (соавторов)) обычным шрифтом (12 pt) с выравниванием по центру.

Аннотация статьи (резюме) должна располагаться ниже на два пробела от последнего адреса места работы авторов – обычным шрифтом (12 pt) с выравниванием по ширине. В конце аннотации необходимо указать ключевые слова (5–7).

В конце статьи на английском языке приводятся название, инициалы и фамилии авторов, места работы авторов с почтовыми и электронными адресами, аннотация и ключевые слова с теми же правилами оформления, что и на русском языке.

В статье должны четко и сжато излагаться современное состояние вопроса, описание методики исследований и обсуждение полученных результатов. Заглавие статьи должно полностью отражать ее содержание. Рекомендуется стандартизировать структуру статьи, используя подзаголовки: Введение (теоретический анализ); Экспериментальная часть: объекты и методы исследования, результаты и их обсуждение, заключение (выводы); Список литературы.

Если статья выполнена при поддержке гранта или на основе доклада, прочитанного на конференции, то необходимо сделать соответствующую сноску в заголовке статьи (см. пример).

К статьям, направляемым в редколлегию, должна быть приложена авторская справка: Фамилия, Имя, Отчество, ученая степень, ученое звание, место работы, должность, точный почтовый адрес (с почтовым индексом), контактный телефон, факс, e-mail.

К статьям, выполненным аспирантами или соискателями научной степени кандидата наук, необходимо приложить рекомендацию, подписанную научным руководителем (если руководитель не является соавтором).

Редколлегия направляет полученные статьи на рецензирование.

Редколлегия оставляет за собой право вернуть статью на доработку.

Условия публикации. В течение календарного года автором (авторским коллективом) в журнале может быть опубликовано не более 4-х статей. К публикации принимаются материалы подписчиков журнала (не менее чем полугодовая подписка). Копия квитанции прилагается к материалам, направляемым для публикации.

Более подробную информацию о правилах оформления статей для серии «Естественные науки» и условиях публикации можно получить по адресу http://www.bsu.edu.ru:8806/dok_fakt.htm

УДК 51-72:530.145

Полуклассическое приближение к исследованию двумерных гамильтоновых систем на основе метода нормальных форм¹

Н.А. Иванов¹, В.Н. Петров², Н.Н. Сидоров³

¹ Белгородский государственный университет, Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85

E-mail: Ivanov@bsu.edu.ru

² Академия гражданской защиты Украины, Украина, 61023, г. Харьков,
ул. Чернышевского, 94

³ ННЦ Харьковский физико-технический институт, Украина, 61108, г. Харьков,
ул. Академическая, 1

Изложена процедура приведения Установлено, что

Ключевые слова: классический гамильтониан, нормальная форма Биркгофа-Густавсона,

Введение

К настоящему времени установлено существование детерминированного хаоса в различных классических динамических системах [1, 2]. Известно, что детерминированный или классический хаос возможен в консервативных гамильтоновых системах даже с двумя степенями свободы [3], а также и в одномерных гамильтоновых системах, но зависящих от времени [4].

Материал и методы

Результаты исследований

Заключение

Список литературы (ГОСТ-1986)

1. Лихтенберг А., Либерман М. Регулярная и стохастическая динамика. – М.: Мир, 1984. – 528 с.
2. Степановский Ю.П. Атом водорода во внешнем поле как ангармонический осциллятор // УФЖ. – 1987. – Т. 32. – С. 1316–1321.
3. Соловьев Е.А. Адиабатические инварианты и проблема квазиклассического квантования многомерных систем // ЖЭТФ. – 1978. – Т. 75, вып. 4. – С. 1261–1268.
4. Gutzwiller M.C. Chaos in Classical and Quantum Mechanics. – New York: Springer, 1990. – 432 p.
5. Henon M. Integrals of the Toda lattice // Phys. Rev. – 1974. – Vol. 9, № 4. – P. 1921–1923.

¹ Работа выполнена при частичной грантовой поддержке РФФИ: №03-02-17695, №03-02-16263.



A Semiclassical Approach to the Investigation of the Two-Dimensional Hamiltonian Systems by the Normal Form Method

N.A. Ivanov¹, V.N. Petrov², N.N. Sidorov³

¹ Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: Ivanov@bsu.edu.ru

² Civil defence Academy of Ukraine, Chernyshevsky St. 94, Kharkov, 61023, Ukraine

³ National Scientific Center, Kharkov Institute for Physics and Technology,
Akademicheskaja St. 1, Kharkov, 61108, Ukraine

The receiving procedure of classical Hamiltonian to the Birkhoff-Gustavson normal form is described. With help ...

Keywords: classical Hamiltonian, Birkhoff-Gustavson normal form, Weyl correspondence rule, energy spectra, wave function, method of quantization.

