

№ 9 (206), вып. 31
Июнь 2015

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1995 г.

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

Учредитель:

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего профес-
сионального образования «Белгородский
государственный национальный исследова-
тельский университет»

Издатель:
НИУ «БелГУ»

Издательский дом «Белгород»

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

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство о регистрации средства массовой
информации ПИ № ФС 77-50062 от 29 мая 2012 г.
Выходит 4 раза в год.

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
ЖУРНАЛА**

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

Научный редактор

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

Ответственный секретарь:

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
СЕРИИ ЖУРНАЛА**

Главный редактор серии

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

Заместители главного редактора:

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

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

Ответственный секретарь

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

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ
Белгородского государственного университета
Естественные науки

Belgorod State University
Scientific Bulletin
Natural sciences

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ

Материалы к новому изданию Красной книги Белгородской области.
Растения. Региональный список. Часть 7. **Гусев А.В. 5**

Материалы к новому изданию Красной книги Белгородской области.
Растения. Региональный список. Часть 8. **Ермакова Е.И.,
Гусев А.В. 14**

Репродуктивный потенциал *Epipactis helleborine* (L.) Crantz (Orchida-
ceae) в разных условиях вегетации. **Сидоров А.В.,
Сечин Е.Н., Маракаев О.А. 23**

Адаптационные изменения листовой поверхности *Ribes nigrum* L.
в зависимости от различных условий водообеспеченности.
Кузнецова Т.А. 29

Увеличение всхожести редиса с помощью гидрогеля на различных ти-
пах почв. **Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А., Манов Р.О. 37**
Пауки (Aranei) заповедника «Приволжская лесостепь» (Пензенская
область, Россия). 2. Участок «Борок». **Полчаннова Н.Ю. 43**

К познанию трофических отношений некоторых групп минирующих
насекомых Среднего и Нижнего Поволжья. **Мищенко А.В.,
Артемяева Е.А. 51**

Новые сведения об охраняемых видах ксерофильных моллюсков
Белгородской области. **Сычев А.А., Снегин Э.А. 59**

Примерные схемы проведения нерестовой кампании на ОАО «Рыбхоз
Волма» в республике Беларусь. **Курапова Т.М., Хрусталеv Е.И.,
Молчанова К.А., Куликовский Е.А. 66**

Влияние экстракта из эмбриональных тканей птиц на морфологию
бедренной кости мышей при радиационной иммунодепрессии.
Погорелая М.С. 73

Генетический контроль вариантов альфа-амилаз мягкой пшеницы и
сопряженность зимотипов фермента с количественными признаками
растений. **Нецветаев В.П., Бондаренко Л.С.,
Моторина И.П. 80**

Динамика площадей оставленных естественных кормовых угодий
в Белгородской области за период 1990–2010 гг. **Китов М.В. 92**

ХИМИЯ

Окислительная деструкция красителя метилового фиолетового.
Чан Тхи Тхуи, Ерохин К.С., Лебедева О.Е. 103

Синтез нитропроизводных 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она.
Алябьева Т.М. 10

Объемные и поверхностные свойства бинарных и тройных смесей ал-
килполиглюкозидов с анионным и неионогенным поверхностно-
активными веществами. **Дремук А.П., Куенская К.И.,
Авраменко Г.В., Колдаева Т.Ю. 111**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Интенсивность золотых процессов на территории Белгородской
области. **Хрисанов В.А., Колмыков С.Н. 118**

Члены редколлегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

В.Н. Сорокопудов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства РАСХН, Москва)

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

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

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

Районирование карьерного поля по взрываемости горных пород (на примере рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК»).

Овсянников А.Н., Игнатенко И.М., Дунаев В.А. 126

Оценка склонности массива пород на КМА к горным ударам.

Сергеев С.В., Синуца И.В., Карякин В.Ф. 132

Опыт по стабилизации оползневого склона в условиях городской застройки. **Храмцов Б.А., Ростовцева А.А., Лубенская О.А., Овчинников А.В., Кравченко А.С. 138**

Исследование реологических характеристик закладочной гидросмеси отходов обогащения железистых кварцитов ОАО «Комбинат КМАруда». **Ермолович Е.А., Ермолович О.В. 143**

Современная геохимическая ситуация в районе с интенсивной горнодобывающей деятельностью КМА. **Корнилов А.Г., Дроздова Е.А., Добровольская О.А. 147**

Оценка загрязнения почвенного покрова района Хинганского месторождения олова тяжелыми металлами. **Горюхин М.В. 154**

Агроклиматическое районирование Белгородской области в условиях меняющегося климата. **Лебедева М.Г., Соловьев А.Б., Толстопятова О.С. 160**

О влиянии автотранспорта на загрязнение атмосферного воздуха в горнопромышленных и селитебных районах региона КМА.

Гордеев Л.Ю., Корнилов А.Г., Полетаев А.О. 168

Обоснование эколого-экономической эффективности утилизации хвостов обогащения руд КМА. **Голик В.И., Полухин О.Н. 176**

Чернобыльская зона отселения: радиационно-экологические аспекты перспектив сельскохозяйственного использования территории.

Дутов А.И., Булыгин С.Ю., Лисецкий Ф.Н. 186

Сведения об авторах **192**

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

E-mail: prisniy@bsu.edu.ru

Подписано в печать 02.06.2015
Формат 60×84/8
Гарнитура Georgia, Impact
Усл. п. л. 22,43
Заказ 167
Цена свободная
Тираж 1000 экз.
Дата выхода 19.06.2015

Подписной индекс в Объединённом каталоге
«Пресса России» – 81466

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

**№9 (206) Issue 31
June 2015**

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

Founded in 1995

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

Founder:

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

Publisher:

Belgorod State National Research University
Belgorod Publishing House

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

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

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

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Editor-in-Chief

O.N. Polukhin,

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

Deputy Editor-in-Chief

I.S. Konstantinov,

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

Scientific Editor

Moskovkin V.M.,

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

Assistant Editors

Shevchenko O. V.,

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

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL SERIES

Chief editor:

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

Deputies of chief editor:

O.E. Lebedeva, Doctor of chemical sciences, professor

(Belgorod National Research University)

A.G. Kornilov, Doctor of geographical sciences, professor (Belgorod State National Research University)

**Belgorod State University
Scientific Bulletin**

Natural sciences

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

Естественные науки

CONTENTS

BIOLOGY

Materials for a New Edition of the Red Book of the Belgorod Region. Plants. Regional List. Part 7. **Gusev A.V.** 5

Materials for a New Edition of the Red Book of the Belgorod Region. Plants. Regional List. Part 8. **Ermakova E.I., Gusev A.V.** 14

Reproductive Potential of *Epipactis helleborine* (L.) Crantz (Orchidaceae) in Different Vegetation Conditions. **Sidorov A.V., Sechin E.N., Marakaev O.A.** 23

Adaptations of the Leaf Surface of Black Currants Depending on the Conditions of Water Supply. **Kuznetsova T.A.** 29

Increase of Radish Germination Using Hydrogel in Various Types of Soils. **Voskoboinikova T.G., Okolelova A.A., Manov R.O.** 37

Spiders (Aranei) of the «Privolzhskaya Lesostep'» Nature Reserve (Penza Region, Russia). 2. Sector «Borok». **Polchaninova N.Yu.** 43

To the Knowledge of Trophic Relationships of Some Groups of Leaf-mining Insects in the Middle and Lower Volga. **Mishchenko A.V., Artemyeva E.A.** 51

The New Information about Protected Species of Xerophilic Mollusks in the Belgorod Region. **Sychev A.A., Snegin E.A.** 59

Approximate Schemes of Carrying out of Spawning Campaign on Fish Farm «Volma» in Republic of Belarus. **Kurapova T.M., Khrustal'yov E.I., Molchanova K.A., Kulikovskiy E.A.** 66

Influences of Extract from Embryonic Tissue of Poultry on the Morphology of Thigh Mice with Radiation Induced Immunodepression.

Pogorelaya M.S. 73

Polymorphism of Alfa-Amylase and Conjugation in Common Wheat Enzyme Types with Quantitative Traits of Plants. **Netsvetaev V.P., Bondarenko L.S., Motorina I.P.** 80

Dynamics of Areas Abandoned Grassland in the Belgorod Region of the Period 1990–2010. **Kitov M.V.** 92

CHEMISTRY

Oxidative Degradation of Methyl Violet Dye. **Tran Thi Thuy, Yerokhin K.S., Lebedeva O.E.** 103

Synthesis of Nitro Derived 1,2-dihydropirrolo[3,2,1-de]acridine-6-on. **Alyabieva T.M.** 107

Bulk and Surface Properties of the Binary and Ternary Mixtures of Alkylpolyglucoside with Anionic and Non-ionic Surfactants. **Dremuk A.P., Kienskaya K.I., Avramenko G.V.** 111

EARTH SCIENCES

The Intensity of Aeolian Processes in the Belgorod Region. **Hrisanov V.A., Kolmykov S.N.** 118

Methods of Zoning of Quarry Field in Explosiveness of Rocks (on Example Mine «Zhelezny» of OJSC «Kovdorsky GOK»). **Ovsyannikov A.N., Ignatenko I.M., Dunayev V.A.** 126

Experience of Landslide Slope Stabilization in Urban Areas. **Khrantsov B.A., Rostovtseva A.A., Lubenskaya O.A., Ovchinnikov A.V., Kravchenko A.S.** 132

Responsible secretary:

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

Members of editorial board:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Passed for printing 02.06.2015
Format 60×84/8
Typeface Georgia, Impact
Printer's sheets 22,43
Order 167
Price free
Circulation 1000 copies
Date of publishing 19.06.2015

Subscription reference in The Russian Press
common catalogue – 81466

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

Assessment of Rock Mass Addiction to KMA to Rock Bursts. **Sergeev S.V., Sinitsa I.V., Karyakin V.F.** 138

The Study of Rheological Characteristics of Stowing Hydromix of «Combinat KMAruda» Ferruginous Quartzites Tailings. **Ermolovich E.A., Ermolovich O.V.** 143

Modern Geochemical Conditions in Regions with Intensive Mining Activities of KMA. **Kornilov A.G., Drozdova E.A., Dobrovolskaya O.A.** 147
Evaluation of Soil Contamination with Heavy Metals in the Khingansky Tin Deposit Area. **Goruykhin M.V.** 154

Agroclimatic Zoning of the Belgorod Region in a Changing Climate. **Lebedeva M.G., Solovyov A.B., Tolstopyatova O.S.** 160

About Influence of Motor Transport on Air Pollution in the Mining and Residential Areas in the Region KMA. **Gordeev L.J., Kornilov A.G., Poletaev A.O.** 168

Justification of Ecological and Economic Efficiency of KMA Ore Tailings Recycling. **Golik V.I., Poluhin O.N.** 176

Chernobyl Resettlement Zone: Radiation-Ecological Aspects of the Prospects of Agricultural Use of the Area. **Dutov A.I., Bulygin S.Yu., Lisetskii F.N.** 186

Information about Authors 192

БИОЛОГИЯ

УДК 574.2

МАТЕРИАЛЫ К НОВОМУ ИЗДАНИЮ КРАСНОЙ КНИГИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ. РАСТЕНИЯ. РЕГИОНАЛЬНЫЙ СПИСОК. ЧАСТЬ 7 MATERIALS FOR A NEW EDITION OF THE RED BOOK OF THE BELGOROD REGION. PLANTS. REGIONAL LIST. PART 7.

А.В. Гусев
A.V. Gusev

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

E-mail: sun@edunoskol.ru

Ключевые слова: губоцветные, норичниковые, пузырчатковые, подорожниковые, валериановые, колокольчиковые.

Key words: cereals, bladderwort, plantain, Valerian, bell-shaped.

Аннотация. Увеличение освоённости региона за счёт экстенсификации и интенсификации хозяйственной деятельности привели к увеличению видов воздействия на природные комплексы и возрастанию антропогенных изменений ландшафтов. В результате значительно сократилась площадь естественных местообитаний биоты, что поставило стенобионтные виды на грань исчезновения. В сохранении видовой разнообразия объектов растительного и животного мира регионов определённую роль призваны играть Красные книги.

В данной статье изложены сведения об общем ареале, распространении в средней полосе европейской части России, особенностях экологии, встречаемости, численности и состоянии локальных популяций шестнадцати сосудистых растений, относящихся к отделу покрытосемянных, классу двудольных, семействам яснотковых (*Lamiaceae*), норичниковых (*Scrophulariaceae*), пузырчатковых (*Lentibulariaceae*), подорожниковых (*Plantaginaceae*), валериановых (*Valerianaceae*), колокольчиковых (*Campanulaceae*) рекомендуемых к внесению в новое издание Красной книги Белгородской области, основанные на анализе литературных источников и исследованиях выполненных автором.

Составление флористических списков центральных, восточных и юго-восточных административных районов Белгородской области, оценка частоты встречаемости, численности отдельных видов осуществлялись в ходе маршрутных экспедиций в течение нескольких лет. Представленный материал, расширяет сведения о распространении, особенностях экологии, встречаемости, численности и состоянии локальных популяций сосудистых растений вошедших в первое издание Красной книги Белгородской области. Содержит предложения о включении в список новых видов нуждающихся в специальных мерах охраны.

Resume. The increase in familiarity of the region by expense of extensification and intensification of economic activity has led to an increase in types of impact on natural complexes and increase of anthropogenous changes of landscapes. As a result the area of natural habitats of the biota was considerably reduced, which put stenobiontic species on the brink of extinction.

In recent years negative dynamics of prevalence, number of many "vulnerable" meadow and steppe types in connection with violation and destruction of their habitats as a result of implementation of the regional project "Green Capital" is observed. In the preservation of specific variety of objects of plant and animal life of regions Red Lists have a role to play.

Species of the vascular plants relating to the order angiospermous, to the class dicotyledonous, to families the Lamiaceae, the Scrophulariaceae, the Lentibulariaceae, the Plantaginaceae, Valerianaceae, the Campanulaceae served as material of research. Their general area, distribution in a midland of the European part of Russia, feature of ecology, occurrence, number and the condition of local populations in Belgorod region was studied.

We used traditional methods of botanical research. Audit of local floras in the central, east and southeast administrative districts of Belgorod region, the assessment of frequency of occurrence, number of separate types were carried out during route expeditions within several years during different seasons of the vegetative period (from March to October) with an interval of two-four weeks. It is in total surveyed 14 (from 21) administrative districts of Belgorod region. More than 500 specimens of plants are collected and identified.

In this article are stated – data on the general area, distribution in the midland of the European part of Russia, features of ecology, occurrence, number and a condition of local populations of sixteen vascular plants relating to the above families recommended for entering into the new edition of the Red List of the Belgorod region, based on the analysis of the references and research conducted by the author.

With category of the status of a rarity – III (rare species) are recommended for inclusion in the Red List of the



Belgorod region: Hyssop-leaved dragon's-head – *Dracocephalum ruyschiana* L., Toadflax fragrant – *Linaria odora* (Bieb.) Fisch. (L. dulcis Klok.), Toadflax cretaceous – *Linaria cretacea* Fisch., Common bladder-wort – *Urticularia vulgaris* L., Kornut's plantain – *Plantago cornutii* Gouan, Sea plantain – *Plantago maritima* L., Greatest plantain – *Plantago maxima* Juss. ex Jacq., Valerian tuberiferous – *Valeriana tuberosa* L., Gland bellflower lily-leaf – *Ade-nophora liliifolia* (L.) Bess., Sheep's-bit jassione – *Jasione montana* L., Campanula rigid-hairy – *Campanula cervi-caria* L.

With category of the status of rarity – V (a vulnerable species) are recommended for inclusion in the Red List of the Belgorod region: Ordinary germander – *Teucrium chamaedrys* L., Laksmann's houseleek – *Ajuga laxmanni* (L.) Benth., Large-flowered self-heal – *Prunella grandiflora* (L.) Scholl., Stocky skulcap – *Scutellaria supina* L., Kauffman's pedicularis – *Pedicularis kaufmannii* Pinzger.

The presented material, expands data on distribution, features of ecology, occurrence, number and the condition of local populations of the vascular plants which entered the first edition of the Red List of the Belgorod region. It contains suggestions on inclusion in the list of the new types needing special measures of protection.

Введение

Первые сведения о флоре Белгородской области появились в конце 18 столетия, когда её территория входила в состав Воронежской, Курской и Харьковской губерний.

Систематическое изучение флоры области началось в 19 столетии с работ профессора Харьковского университета В.М. Черняева.

Флористические исследования последних десятилетий дополнили список видов, произрастающих на территории области. Материалы этих исследований легли в основу первого издания Красной книги Белгородской области [Присный, 2005].

На основе обновляемых данных о состоянии и распространении редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов животного и растительного мира на территории Белгородской области, идёт работа над вторым изданием.

Объектом исследования послужили виды сосудистых растений, относящихся к отделу покрытосемянных, классу двудольных, семействам яснотковых (*Lamiaceae*), норичниковых (*Scrophulariaceae*), пузырчатковых (*Lentibulariaceae*), подорожниковых (*Plantaginaceae*), валириановых (*Valerianaceae*), колокольчиковых (*Campanulaceae*). Изучался их общий ареал, распространение в средней полосе европейской части России, особенности экологии, встречаемость, численность и состояние локальных популяций в Белг.

Нами использовались традиционные методы ботанических исследований. Ревизия локальных флор в центральных, восточных и юго-восточных административных районах Белгородской области, оценка частоты встречаемости, численности отдельных видов осуществлялись в ходе маршрутных экспедиций в течение более пятнадцати лет (с 1998 по 2015 г.г.) в разные сезоны вегетационного периода (с марта по октябрь) с интервалом две-четыре недели. В общей сложности обследовано 14 (из 21) административных районов Белг. Собрано и идентифицировано более 500 экземпляров растений.

В данной статье представлены сведения о шестнадцати видах сосудистых растений относящихся к вышеуказанным семействам, рекомендуемых автором к внесению в новое издание Красной книги Белгородской области. Для одиннадцати видов рекомендована категория статуса редкости – III (редкий вид). Для пяти – категория статуса редкости – V (уязвимый вид). В последние годы наблюдается отрицательная динамика их распространённости, численности в связи с нарушением и уничтожением местообитаний в результате реализации областного проекта «Зелёная столица» [Гусев, 2013а].

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

Результаты исследований

Отдел Покрытосемянные – *Angiospermae*

Класс Двудольные – *Dicotyledones*

Сем. Яснотковые (Губоцветные) – *Lamiaceae* Lindl.

1. ***Дубровник обыкновенный** – *Teucrium chamaedrys* L.

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белг. [здесь и далее региональный статус по: Присный, 2005]. Рекомендуемая категория стату-

са редкости – V [здесь и далее рекомендуемые категории статуса редкости по: Присный, 2005]. В списках охраняемых видов отсутствует.

Растение со средиземноморским типом ареала. В России распространено в южных районах европейской части, в Предкавказье. [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Пенз., Тамб. [Губанов и др., 2004; Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Валуй., Короч., НО.; редко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Волок., Короч., Кргв., НО., Черн.; редко.

В Белг. растёт в луговых степях, по меловым склонам. Произрастание данного вида указывается в шести административных районах. Как нечасто встречающееся растение отмечено только в Короч. В остальных пяти районах данный вид встречается редко.

2. Живучка Лаксмана – *Ajuga laxmanni* (L.) Benth.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – V.

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

Европейско-кавказский степной вид. Распространён в Средней и Восточной Европе, на Кавказе [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается только в Белг. (восток), Ворон. (юго-запад) [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Указывается для: Алекс., НО.; нечасто, указывалась для Шеб. [Еленевский и др., 2004]; Алекс., Бор., Валуй., Вейд., НО. [Присный, 2005]. Нами отмечена в Алекс., Валуй., Вейд., Волок., Губ., Красн., Кргв., НО., Прох., Ров., Черн., Шеб.; изредка.

В Белг. растёт в луговых, кустарниковых степях. Произрастание отмечается в 13 административных районах, везде изредка и немногочисленно.

3. *Змееголовник Рюйша – *Dracocephalum ruyschiana* L.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Влад., Ворон., Калуж., Ряз., Саратов., Твер., Тул., Чув. [Агафонов, 2011; Азбукина и др., 2010; Алексанов и др., 2006; Иванов, 2001; Иванчев и др., 2011; Сорокин, 2002; Шляхтин, 2006; Щербакова, 2010].

Вид с широким евразийским ареалом, протянувшимся от Скандинавии и Средней Европы до Маньчжурии. В России произрастает в европейской части, Предкавказье и Сибири [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях, в лесостепной полосе нередко, в северных областях редко [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Губ., НО., СтО., Шеб.; редко. Указывался для Бел. [Еленевский и др., 2004]; Губ., Бел. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Вейд., Губ., НО.; редко.

В Белг. растёт в луговых степях, по опушкам лесов. Произрастание данного вида отмечается в шести административных районах и везде редко.

4. *Черноголовка крупноцветковая – *Prunella grandiflora* (L.) Scholl.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – V.

Внесена в Красные книги Волг., Калуж., Курск., Лип., Пенз., Ряз., Саратов., Тул. [Алексанов и др., 2006; Веденеев и др., 2006; Золотухин, 2001; Иванов, 2002; Иванчев и др., 2011; Тихомиров В.Н. и др. 2005.; Шляхтин, 2006; Щербакова, 2010].

Растение широко распространено в Средней и Восточной Европе, на Кавказе, в Малой и Средней Азии. В России произрастает в южной половине европейской части, в Предкавказье и Дагестане, Сибири и на Дальнем Востоке [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях чернозёмной полосы и в пограничных областях Нечерноземья [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Валуй., Волок., Губ., НО., Шеб.; нечасто. [Еленевский и др., 2004]; Валуй., Волок., Губ., Короч., Красн., НО., Шеб. [Присный, 2005]. Нами отмечена в Валуй., Короч., Красн., Кргв., НО., Черн.; изредка.

В Белг. растёт в луговых степях, по опушкам, каменистым склонам. Произрастание данного вида указывается в девяти административных районах и везде как нечасто встречающееся растение.

5. Шлемник приземистый – *Scutellaria supina* L.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – V.

Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Орл., Тул. [Агафонов, 2011; Веденеев и др., 2006; Золотухин, 2001; Тихомиров В.Н. и др. 2005; Пригоряну, 2007; Силаева, 2003; Щербакова, 2010].

Европейско-сибирский вид. Ареал простирается от Восточной Европы (европейская территория России) до Монголии. Реликт третичного периода [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Брян., Ворон., Курск., Лип., Морд., Самар., Тул. [Маевский, 2006]. В Белг. близ северо-западной границы ареала. Указывается для: Валуй., Короч., Ров.; нечасто [Еленевский и др., 2004]; Валуй., Короч., НО., Ров., Шеб. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Валуй., Короч., Кргв., НО., Ров., Черн.; изредка.



В Белг. растёт в петрофитных степях, на меловых склонах. Нечасто (хотя местами в мас-се) встречается в семи административных районах, как реликт третичного периода заслуживает охраны.

Сем. Норичниковые – *Scrophulariaceae* Juss.

6. Льянка душистая – *Linaria odora* (Bieb.) Fisch. (*L. dulcis* Klok.)

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

Внесена в Красные книги Ворон., Саратов. [Агафонов, 2011; Шляхтин, 2006].

Восточноевропейско-западносибирский вид. На территории Восточной Европы произрастает в Крыму, бассейне Среднего Дона и на Нижней Волге [Агафонов, 2011]. *Эндемик* низовий р. Волги и верховий р. Тобола. Растёт по речным пескам. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Пенз., [Маевский, 2006]. В Белг. близ северной границы ареала. Указывается для: Бел., Грайв., Шеб.; редко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в Валуй.; редко.

В Белг. растёт по речным пескам. Как редкое растение встречается в четырёх административных районах.

7. *Льянка меловая – *Linaria cretacea* Fisch.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Волг., Ворон., Рост., Саратов. [Агафонов, 2011; Веденеев и др., 2006; Миноранский, 2004; Шляхтин, 2006].

Восточноевропейско-западносибирско-среднеазиатский вид. Встречается на юге и юго-востоке Украины, на юге России (в бассейне Дона), в Западной Сибири и западных районах Средней Азии. Реликт третичного периода [Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Саратов., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. на северной границе ареала. Указывается для: Валуй., Ров.; нечасто [Еленевский и др., 2004], Валуй., Ров. [Присный, 2005]. Нами отмечена в Алекс., Вейд., Ров.; редко.

В Белг. растёт на обнажениях меловых пород. Как редкое растение встречается в трёх административных районах.

8. *Мытник Кауфмана – *Pedicularis kaufmannii* Pinzger

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – V.

Внесён в Красные книги Влад., Лип., Нижегород., Твер., Удмурт., Чув. [Азбукина и др., 2010; Иванов, 2001; Охупкин, 2005; Сорокин, 2002; Тихомиров В.Н. и др. 2005; Туганаева, 2001].

Вид с небольшим ареалом: произрастает в Восточной Европе, в том числе в её российской части, и заходит в Западную Сибирь [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях, преимущественно в лесостепной полосе, в северных областях – очень редкое растение [Маевский, 2006]. В Белг. близ юго-восточной границы ареала, указывается для: Бор., Вейд., Губ.; нечасто [Еленевский и др., 2004], Бор., Вейд., Губ. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Короч., Красн., Кргв., НО., Прох., Ров., Черн.; изредка.

В Белг. растёт на остепнённых лугах, в степях, иногда на обнажениях меловых пород, предпочитает лугово-степные склоны северных экспозиций. Отмечен в двенадцати административных районах, однако, встречается нечасто.

Сем. Пузырчатковые – *Lentibulariaceae* Rich.

9. Пузырчатка обыкновенная – *Urticularia vulgaris* L.

Категория – III. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красную книгу Ульянов. [Ракова, 2005].

Ареал вида занимает обширную территорию Евразии и Северной Америки. В России произрастает в европейской части, Предкавказье, Сибири, на Дальнем Востоке [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Грайв., Кргв.; нечасто [Еленевский и др., 2004]; Бел. [Присный, 2005]. Нами отмечена в Ров, редко.

В Белг. растёт по болотам, озёрам, старицам рек, в стоячих и слабопроточных водах. Произрастание данного вида отмечается в четырёх административных районах и везде как нечастое или редкое растение, в связи с сокращением мест обитания.

Сем. Подорожниковые – *Plantaginaceae* Juss.

10. Подорожник Корнута – *Plantago cornuti* Gouan

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

Внесён в Красные книги Лип., Пенз., Самар., Тат. [Иванов, 2002; Розенберг, 2007; Тихомиров В.Н. и др. 2005; Щеповских и др., 2006].

Древнесредиземноморский вид. Встречается в Восточной Европе, европейской части России, на Кавказе (Предкавказье), Западной и Восточной Сибири, Украине, Средней и Малой Азии, Монголии, Западном Китае [Иванов, 2002; Тихомиров В.Н. и др. 2005; Розенберг, 2007;

Щеповских и др., 2006]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Лип., Пенз., Самар., Саратов., Тамб., Ярослав. [Маевский, 2006]. В Белг. близ северо-западной границы ареала. Указывается для: Алекс.; очень редко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Алекс., Вейд., Ров.; редко.

В Белг. растёт на засоленных лугах, солонцах, по сырым местам у выходов грунтовых вод. Галофит. Отмечен в трёх административных районах, везде встречается редко.

11. Подорожник морской – *Plantago maritima* L.

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

Внесён в Красные книги Лип., Пенз., Самар., Ульянов. [Иванов, 2002; Ракова, 2005; Розенберг, 2007; Тихомиров В.Н. и др. 2005].

Ареал вида занимает многие регионы Северного полушария, а также южные районы Южной Америки. В России распространён в европейской части, Предкавказье, Дагестане и на юге Сибири [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Иван., Курск., Лип., Моск., Орл., Пенз., Самар., Саратов., Тамб., Тат., Ульянов., Чув. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Алекс., Валуй., Вейд., Ров.; нечасто. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Ров.; нечасто.

В Белг. растёт на обнажениях меловых пород, чаще в приподошвенной части склонов. Данный вид отмечен только в четырёх административных районах. Встречается нечасто.

12. Подорожник наибольший – *Plantago maxima* Juss. ex Jacq.

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

Внесён в Красные книги Лип., Пенз., Самар., Тат., Удмурт. [Иванов, 2002; Розенберг, 2007; Тихомиров В.Н. и др. 2005; Туганаева, 2001; Щеповских и др., 2006].

Евразиатский вид. В России распространён в южной половине европейской части, Предкавказье, на юге Сибири до Забайкалья [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Нижегород., Пенз., Самар., Саратов., Тамб., Тат., Чув., Ульянов. [Маевский, 2006]. Нами отмечен в Ров.; редко.

В Белг. растёт на солонцеватых лугах, по берегам водоёмов. Пока отмечен только в одном административном районе. Встречается редко.

Сем. Валериановые – *Valerianaceae* Batsch

13. *Валериана клубненосная – *Valeriana tuberosa* L.

Категория – V. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Лип., Пенз., Самар., Ульянов. [Иванов, 2002; Ракова, 2005; Розенберг, 2007; Тихомиров В.Н. и др. 2005].

Евразиатский вид. В России произрастает в южных районах европейской части, Северном Кавказе, в лесостепной и степной полосе Западной Сибири [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Ворон., Самар., Саратов., Ульянов. (юг) [Маевский, 2006]; Ворон., Курск., Лип. [Губанов и др., 2004]. В Белг. близ северной границы ареала. Указывается для: НО. [Присный, 2005]. Нами отмечена в Валуй., Вейд., Кргв., НО., Ров., Черн.; изредка.

В Белг. растёт в степях, среди степных кустарников, на солонцеватых местах. Отмечена в шести административных районах, однако встречается изредка в связи с небольшой распространённостью характерных мест обитания.

Сем. Колокольчиковые – *Campanulaceae* Juss.

14. Бубенчик лилиелистный – *Adenophora liliifolia* (L.) Bess.

Категория – V. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Брян., Влад., Волг., Ворон., Калуж., Курск., Мар., Пенз., Рост., Саратов., Смол., Тамб., Тул., Удмурт., Чув. [Агафонов, 2011; Азбукина и др., 2010; Алексанов и др., 2006; Веденеев и др., 2006; Евстигнеев и др., 2004; Еленевский, 2002; Золотухин, 2001; Иванов, 2001; Иванов, 2002; Круглов, 1997; Миноранский, 2004; Тихомиров, 1997; Туганаева, 2001; Шляхтин, 2006; Щербакова, 2010].

Включён в Приложение 1 к Резолюции № 6 (1998) Постоянного комитета Бернской конвенции о биологическом разнообразии (вид европейского значения) [96].

Евразиатский вид. В России произрастает в южных районах европейской части и на юге Западной Сибири [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается, по-видимому, во всех областях, чаще в Черноземье, севернее редко [Губанов и др., 2004; Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бор., Губ., Прох.; редко [Еленевский и др., 2004]; Бел., Короч., Шеб. [Присный, 2005].

В Белг. растёт в лиственных лесах и на лугах. Указывается для шести административных районов и везде редко.

15. Букашник горный – *Jasione montana* L.

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



Внесён в Красные книги Рост., Тат. [Миноранский, 2004; Щеповских и др., 2006].

Растение с европейским ареалом. В России произрастает повсеместно в европейской части (кроме севера) [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается почти во всех областях, но к востоку редет, неизвестен в Саратов. [Маевский, 2006]. В Белг. у северной границы ареала. Указывается для: Валуй., Грайв., СтО., Шеб.; нечасто [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в НО, редко.

В Белг. растёт в светлых сосновых лесах, на полянах, опушках; преимущественно на песчаной почве. Как нечастое растение отмечен в пяти административных районах.

16. Колокольчик жёстковолосистый – *Campanula cervicaria* L.

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

Внесён в Красные книги Влад., Ворон., Лип., Ряз., Самар., Саратов. [Агафонов, 2011; Азбукина и др., 2010; Иванчев и др., 2011; Розенберг, 2007; Тихомиров В.Н. и др. 2005; Шляхтин, 2006].

Евразийский вид. В России произрастает в европейской части и на юге Сибири (до Забайкалья) [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается изредка во всех областях [Губанов и др., 2004; Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Губ. (приводится в списке С.С. Левицкого, гербарные сборы в ЦЧЗ обнаружить не удалось [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в НО, редко.

В Белг. растёт в лесах, на полянах, вырубках. Пока известен только из НО. Встречается редко.

Заключение

Таким образом, на основе анализа литературных источников и результатов ботанических исследований, выполненных автором, к внесению в новое издание Красной книги Белгородской области рекомендовано шестнадцать видов сосудистых растений относящихся к семействам яснотковых (*Lamiaceae*), норичниковых (*Scrophulariaceae*), пузырчатковых (*Lentibulariaceae*), подорожниковых (*Plantaginaceae*), валериановых (*Valerianaceae*), колокольчиковых (*Campanulaceae*). Для одиннадцати видов рекомендована категория статуса редкости – III (редкий вид), для пяти видов – категория статуса редкости V (уязвимый вид).

Список литературы References

1. Агафонов В.А. (науч. ред.). 2011. Красная книга Воронежской области. Т. 1: Растения. Лишайники. Грибы. Воронеж, МОДЭК, 472.
Agafonov V.A. (nauch. red.). 2011. Krasnaja kniga Voronezhskoj oblasti. T. 1: Rastenija. Lishajniki. Griby [The Red Book of the Voronezh region. Vol. 1: Plants. Lichens. Mushrooms]. Voronezh, MODJeK, 472. (in Russian)
2. Азбукина Р.Е., Быков Ю.А., Вахромеев И.В. и др. 2010. Красная книга Владимирской области. Администрация Владимирской области, Департамент природопользования и охраны окружающей среды, Владимир, Транзит-ИКС, 399.
Azbukina R.E., Bykov Yu.A., Vakhromeev I.V. i dr. 2010. Krasnaya kniga Vladimirskoj oblasti [Red List of the Vladimir region]. Administratsiya Vladimirskoj oblasti, Departament prirodnopol'zovaniya i okhra-ny okruzhayushchey sredy, Vladimir, Tranzit-IKS, 399. (in Russian)
3. Алексанов В.В., Алексеев С.К., Воронкина Н.В. и др. 2006. Красная книга Калужской области. Росприроднадзор по Калужской области. Калужский государственный педагогический университет. Калужский областной краеведческий музей. Главный ботанический сад РАН. Московский государственный университет. Издательство: Калуга: «Золотая аллея», 608.
Aleksanov V.V., Alekseev S.K., Voronkina N.V. i dr. 2006. Krasnaja kniga Kaluzhskoj oblasti. [Red List of the Kaluga region]. Rosprirodnazor po Kaluzhskoj oblasti. Kaluzhskij gosudarstvennyj pedagogičeskij universitet. Kaluzhskij oblastnoj kraevedčeskij muzej. Glavnyj botaničeskij sad RAN. Moskovskij gosudarstvennyj universitet. Izdatel'stvo: Kaluga: "Zolotaja alleja", 608. (in Russian)
4. Веденев А.М., Землянская И.В., Игнатов М.С. и др. 2006. Красная книга Волгоградской области. – Т. 2: Растения и грибы. Волгоград, 236.
Vedenev A.M., Zemljanskaja I.V., Ignatov M.S. i dr. 2006. Krasnaja kniga Volgograd-skoj oblasti. T. 2: Rastenija i griby [Red List of the Volgograd region. T. 2: Plants and mushrooms]. Volgograd, 236. (in Russian)
5. Губанов И.А., Киселёва В.К., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. 2004. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 3. Покрытосемянные (двудольные: раздельнолепестные). – М., Товарищество научных изданий КМК, 520.
Gubanov I.A., Kiseljova V.K., Novikov V.S., Tihomirov V.N. 2004. Illjustrirovannyj opredelitel' rastenij srednej Rossii. T. 3. Pokrytosemennye (dvudol'nye: razdel'nolepestnye) [Illustrated Keys of Plants of Middle Russia. T. 3. Angiosperms (bipartite: polypetalae)]. М., Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 520. (in Russian)
6. Гусев А.В. 2003. Флористические находки в Новооскольском районе Белгородской области. В кн.: Флора и растительность Центрального Черноземья – 2003: Материалы научной конференции (Курск, 27 марта 2003 г.). Курск: 3–5.

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

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

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

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

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

9. Гусев А.В. 2013а. Роль Красных книг в вопросах охраны природы. *Научные ведомости БелГУ. Естественные науки,* 24 (7): 96–101.

Gusev A.V. 2013a. A role of Red Lists in questions of conservation. *Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences],* 24 (7): 96–101. (in Russian)

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

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

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

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

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

Gusev A.V., Ermakova E.I. 2008a. Rare species and floristic findings in basin of river Aydar. *In: Sovremennoe sostojanie, problemy i perspektivy regional'nyh botanicheskikh issledovanij. Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (g. Voronezh, 6–7 fevralja 2008 g.) [Current status, problems and prospects of regional botanical studies. Proceedings of the international scientific conference (Voronezh, 6–7 February 2008)].* Voronezh, Izdatel'sko-poligraficheskij tsentr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta: 84–87. (in Russian)

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

Gusev A.V., Ermakova E. I. 2008b. Rare species and floristic findings in basin of river Sarma. *In: Sovremennoe sostojanie, problemy i perspektivy regional'nyh botanicheskikh issledovanij. Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (g. Voronezh, 6–7 fevralja 2008 g.) [Current status, problems and prospects of regional botanical studies. Proceedings of the international scientific conference (Voronezh, 6–7 February 2008)].* Voronezh, Izdatel'sko-poligraficheskij tsentr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta: 88–90. (in Russian)

14. Евстигнеев О.И., Федотов Ю.П., Панасенко Н.Н. и др. 2004. Красная книга Брянской области. Растения, грибы. Брянск, Издательство Читай город, 272.

Evstigneev O.I., Fedotov Yu.P., Panasenkov N.N. i dr. 2004. Krasnaya kniga Bryanskoy oblasti. Rasteniya, griby [Red List of the Bryansk region. Plants, mushrooms]. Bryansk, Izdatel'stvo Chitay gorod, 272. (in Russian)

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

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

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

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

17. Иванов Л.Н. (гл. ред.) 2001. Красная книга Чувашской Республики. – Том 1: Редкие и исчезающие растения и грибы. Чебоксары, Чувашия, 276.



- Ivanov L.N. (gl. red.) 2001. Krasnaya kniga Chuvashskoy Respubliki. Tom 1: Redkie i ischezayushchie rasteniya i griby [Red List of the Chuvash Republic. Volume 1: Rare and disappearing plants and mushrooms]. Cheboksary, Chuvashiya, 276. (in Russian)
18. Иванов А.И. (науч. ред.). 2002. Красная книга Пензенской области. – Т. 1: Растения и грибы. Пенза, Пензенская правда, 160.
- Ivanov A.I. (nauch. red.). 2002. Krasnaya kniga Penzenskoy oblasti. T. 1: Rasteniya i griby [Red List of the Penza region. T. 1: Plants and mushrooms]. Penza, Penzenskaya pravda, 160. (in Russian)
19. Иванчев В.П., Казакова М.В. 2011. Красная книга Рязанской области. – Изд. 2-е. Рязань: НП «Голос губернии», 626.
- Ivanchev V.P., Kazakova M.V. 2011. Krasnaya kniga Ryazanskoy oblasti [Red List of the Ryazan region]. Izdanie 2-e. Ryazan': NP «Golos gubernii», 626. (in Russian)
20. Круглов Н.Д. (отв. ред.). 1997. Красная книга Смоленской области. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных. Смоленск, Издательство Смоленского государственного педагогического института, 294.
- Kruglov N.D. (otv. red.). 1997. Krasnaya kniga Smolenskoy oblasti. Redkie i nakhodya-shchiesya pod ugrozoy ischeznoveniya vidy rasteniy i zhivotnykh [Red List of the Smolensk region. The rare and being under the threat of disappearance species of plants and animals]. Smolensk, Publishing house of Smolensk state teacher training college, 294. (in Russian)
21. Маевский П.Ф. 2006. Флора средней полосы европейской части России. М: Товарищество научных изданий КМК, 600.
- Maevskij P.F. 2006. Flora srednej polosy evropejskoj chasti Rossii [Flora of the middle belt of the European part of Russia]. Moscow, Tovarishestvo nauchnyh izdanij KMK, 600. (in Russian)
22. Миноранский В.А. (отв. ред.). 2004. Красная книга Ростовской области. Т. 2: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения грибы, лишайники и растения. Ростов-на-Дону, Малыш, 334.
- Minoranskij V.A. (otv. red.). 2004. Krasnaya kniga Rostovskoj oblasti. T. 2: Redkie i nahodjashiesja pod ugrozoy ischeznoveniya griby, lishajniki i rasteniya [The Red Book of the Rostov region. Vol. 2: Rare and endangered fungi, lichens and plants]. Rostov-on-Don, Malysch, 334. (in Russian)
3. Охупкин А.Г. (отв. ред.). 2005. Красная книга Нижегородской области. – Т. 2: Сосудистые растения, водоросли, лишайники, грибы. Нижний Новгород: Издательство Комитета охраны природы и управления природопользования Нижегородской области, 315.
- Okhupkin A.G. (otv. red.); Vorotnikov V.P., Shirokov A.I. (nauch. red.). 2005. Krasnaya kniga Nizhegorodskoy oblasti. T. 2: Sosudistyje rasteniya, vodorosli, lishajniki, griby [Red List of the Nizhny Novgorod Region. T. 2: Vascular plants, seaweed, lichens, mushrooms]. Nizhniy Novgorod. Izdatel'stvo Komiteta okhrany prirody i upravleniya prirodopol'zova-niya Nizhegorodskoy oblasti, 315. (in Russian)
24. Пригоряну О.М. (отв. ред.). 2007. Красная книга Орловской области: Грибы. Растения. Животные. Орел, Центр Ковыль, 264.
- Prigoryanu O.M. (otv. red.). 2007. Krasnaya kniga Orlovskoy oblasti: Griby. Rasteniya. Zhivotnye [Red List of the Oryol region: Mushrooms. Plants. Animals]. Orel: Tsentr Kovyl': Izdatel'stvo A. V. Vorob'ev, 264. (in Russian)
25. Присный А.В. (общ. науч. ред.). 2005. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Белгород, ОАО «Белгородская областная типография», 532.
- Prisniy A.V. (obsch. nauch. red.). 2005. Krasnaya kniga Belgorodskoy oblasti. Redkie i ischezajushhie rasteniya, griby, lishajniki i zhivotnye [Red book of Belgorod region. Rare and endangered plants, fungi, lichens and animals]. Belgorod, ОАО «Belgorodskaja oblastnaja tipografija», 532. (in Russian)
26. Ракова Н.С. (ред.). 2005. Красная книга Ульяновской области. – Т. 2: Растения. Ульяновск, Издательство УЛГУ, 220.
- Rakova N.S. 2005. Krasnaya kniga Ul'yanovskoy oblasti. T. 2: Rasteniya [Red List of the Ulyanovsk region. T. 2: Plants]. Ul'yanovsk, Iz-datel'stvo ULGU, 220. (in Russian)
27. Розенберг Г.С. (ред.). 2007. Красная книга Самарской области. – Т.1: Редкие виды растений, лишайников и грибов. Тольятти, ИЭВБ РАН, 372.
- Rozenberg G.S. (red.). 2007. Krasnaya kniga Samarskoy oblasti. T.1: Redkie vidy rasteniy, lishajnikov i gribov [Red List of the Samara region. T.1: Rare species of plants, lichens and mushrooms]. Tol'yatti, IEVB RAN, 372. (in Russian)
28. Силаева Т.Б. (сост.). 2003. Красная книга Республики Мордовия. – Т. 1: Редкие виды растений, лишайников и грибов. Саранск, Мордовское книжное издательство, 288.
- Silaeva T.B. (sost.) 2003. Krasnaya kniga Respubliki Mordoviya. T. 1: Redkie vidy rasteniy, lishajnikov i gribov [Red List of the Republic of Mordovia. T. 1: Rare species of plants, lichens and mushrooms]. Saransk: Mordovskoe knizhnoe izdatel'stvo, 288. (in Russian)
29. Сорокин А.С. (ред.). 2002. Красная книга Тверской области. Тверь, Вече Твери, 256.
- Sorokin A.S. (red.). 2002. Krasnaya kniga Tverskoy oblasti [Red List of the Tver region]. Tver', Veche Tveri, 256. (in Russian)
30. Тихомиров В.Н. 1997. Красная книга Республики Марий Эл. Редкие и нуждающиеся в охране растения марийской флоры. Йошкар-Ола, Марийское книжное издательство, 128.
- Tikhomirov V.N. 1997. Krasnaya kniga Respubliki Mariy El. Redkie i nuzhdayushchiesya v okhrane rasteniya mariyskoy flory [Red List of the Republic of Mari El. The rare and needing protection plants of the Mari flora]. Yoshkar-Ola, Mariyskoe knizhnoe izdatel'stvo, 128. (in Russian)
31. Тихомиров В.Н. и др. 2005. Красная книга Липецкой области. – Т. 1: Растения, грибы, лишайники. М., Товарищество научных изданий КМК Scientific Press, 509.

Tikhomirov V.N., Aleksandrova K.I. i dr. Novikov V.S. (nauch. ruk.). 2005. Krasnaya kniga Lipetskoy oblasti. T. 1: Rasteniya, griby, lishayniki [Red List of the Lipetsk region. T. 1: Plants, mushrooms, lichens]. M., Tovari-shchestvo nauchnykh izdaniy KMK Scientific Press, 509. (in Russian)

32. Туганаева В.В. (ред.). 2001. Красная книга Удмуртской Республики. Сосудистые растения, лишайники и грибы. Ижевск, Удмуртский университет, 290.

Tuganaeva V.V. (red.). 2001. Krasnaya kniga Udmurtskoy Respubliki. Sosudistye rasteniya, lishayniki i griby [Red List of the Udmurt Republic. Vascular plants, lichens and mushrooms]. Izhevsk: Udmurtskiy universitet, 290. (in Russian)

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

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

34. Щеповских А.И., Бойко В.А., Горшков М.А. и др. 2006. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). – Изд. 2-е. Казань: Издательство «Идел-Пресс», 831.

Shcherovskikh A.I., Boyko V.A., Gorshkov M.A. i dr. 2006. Krasnaya kniga Respubliki Tatarstan (zhivotnye, rasteniya, griby) [Red List of the Republic of Tatarstan (animals, plants, mushrooms)]. Izdanie 2-e. Kazan': Izdatel'stvo «Idel-Press», 831. (in Russian)

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

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

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



УДК 574.2

МАТЕРИАЛЫ К НОВОМУ ИЗДАНИЮ КРАСНОЙ КНИГИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ. РАСТЕНИЯ. РЕГИОНАЛЬНЫЙ СПИСОК. ЧАСТЬ 8
MATERIALS FOR A NEW EDITION OF THE RED BOOK OF THE BELGOROD REGION. PLANTS. REGIONAL LIST. PART 8.

Е.И. Ермакова, А.В. Гусев
E.I. Ermakova, A.V. Gusev

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

E-mail: sun@edunoskol.ru

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, устойчивость экосистем, охраняемые виды, сложноцветные.
Key words: anthropogenic load, the stability of ecosystems, protected species, Asteraceae.

Аннотация. Белгородская область имеет длительную историю хозяйственного освоения. В процессе перевода земель под сельскохозяйственные угодья естественные природные экосистемы, ранее занимавшие эти площади, уничтожались. Это стало причиной утраты большей части естественной растительности, снижения биоразнообразия биоценозов.

В работе изложены данные об общем ареале, распространении в средней полосе европейской части России, особенностях экологии, встречаемости, численности и состоянии локальных популяций семнадцати видов сосудистых растений, относящихся к семейству сложноцветных (*Compositae*), Пятнадцать видов рекомендованы нами для внесения в новое издание Красной книги Белгородской области с категорией статуса редкости – III (редкий вид), два вида – с категорией статуса редкости – V (уязвимый вид).

Материал статьи основан на анализе литературных источников и данных полученных авторами в ходе флористических исследований Белгородской области. Ревизия флоры административных районов региона, оценка частоты встречаемости, численности, экологической приуроченности видов осуществлялись в ходе многолетних маршрутных экспедиций (с 1998 по 2015 г.г.).

Представленный материал расширяет сведения о распространении, особенностях экологии, встречаемости, численности и состоянии локальных популяций сосудистых растений вошедших в первое издание Красной книги Белгородской области. Содержит предложения о включении в список новых видов нуждающихся в специальных мерах охраны.

Resume. The Belgorod region has long history of economic development. In translation process of lands under agricultural grounds the natural natural ecosystems which were earlier occupying these spaces were destroyed. It became the reason of loss of the most part of natural vegetation, decrease in a biodiversity of biocenoses.

High anthropogenous load of natural communities causes continuous deterioration of the ecological situation. Steppe communities and reservoirs in the region suffer especially strongly from activity of the foresters. A number of works showed the harm done to steppe communities by unreasoned irrational environmental management.

In recent years the tendency of increase in number of the types included in regional Red Lists is planned. Increase in number of "protected species" – result not only study of a biota of regions, but more result of destruction of natural habitats of types, transfer of nominees of the category "demanding the increased protection measures-candidates for inclusion in the Red List" in category: vulnerable, rare, disappearing.

The increase in number of pages of Red Lists sets thinking and is a powerful argument to taking effective measures directed on environmental protection.

Material of the article is based on the analysis of the references and data obtained by authors during floristic research of the Belgorod region.

The species of vascular plants relating to the angiospermous, to the class of dicotyledonous, to the Compositae family served as object of research. Their general area, distribution in the midland of the European part of Russia, feature of ecology, occurrence, number and the condition of local populations was studied.

We used traditional methods of botanical research. Drawing up lists of local floras of the central, east and southeast administrative regions of the Belgorod region, an assessment of frequency of occurrence, number of separate types were carried out during route expeditions within more than fifteen years (from 1998 to 2015) during different seasons of the vegetative period (from March to October) with an interval of two-four weeks. It is in total surveyed 14 (from 21) the administrative districts of Belgorod region. More than 400 specimens of plants are collected and identified.

In the work data on seventeen species of vascular plants are stated. Fifteen types: Aster saline – *Aster tripolium* L., Wormwood Armenian – *Artemisia armeniaca* Lam., Wormwood medical (A God's tree) – *Artemisia abrotanum* L., Wormwood Pontic – *Artemisia pontica* L., Wormwood silky – *Artemisia sericea* Weber ex Stechm., Wormwood broad-leaved – *Artemisia latifolia* Ledeb., German inula – *Inula germanica* L., Sword-leaved inula – *Inula ensifolia* L., Crimean scorzonera – *Scorzonera taurica* M.B., Scorzonera small-flowered – *Scorzonera parviflora* Jacq., Ragwort low-leaved (T. Kyrgyz) – *Senecio paucifolius* S.G. Gmel., Dandelion Bessarabia – *Taraxacum bessarabicum* (Hornem.) Hand. - Mazz., Aster narrow-leaved – *Galatella angustissima* (Tausch) Novopokr., Wood cudweed – *Gnaphalium sylvaticum* L., Marsh cudweed – *Gnaphalium uliginosum* L. s. I. – are recommended by us for entering into the new edition of the Red List of the Belgorod region with category of the status of a rarity – III (rare species).

Two look: Cornflower Russian – *Centaurea ruthenica* Lam., Scorzonera purple – *Scorzonera purpurea* L. – are recommended by us for entering into the new edition of the Red List of the Belgorod region with category of the status of a rarity – V (a vulnerable species).

In recent years negative dynamics of their prevalence and number in connection with violation and destruction of habitats as a result of implementation of the regional project "Green Capital" is observed.

The presented material, expands data on distribution, features of ecology, occurrence, number and the condition of local populations of the vascular plants which entered the first edition of the Red List of the Belgorod region. It contains suggestions on inclusion in the list of the new types needing special measures of protection.

Введение

Разнообразие биологических видов является основой и условием устойчивости круговорота веществ в Биосфере Земли, а следовательно, устойчивости экосистем разного уровня и качества среды обитания всего живого, включая человека. Именно по этой причине сохранение биоразнообразия – это не только одна из глобальных проблем человечества, но, учитывая масштабы воздействия человечества на биоту, и одна из первостепенных задач [Присный, 2005].

Высокая антропогенная нагрузка на природные сообщества вызывает непрерывное ухудшение экологической обстановки. Особенно сильно в регионе страдают от деятельности человека леса, степные сообщества и водоёмы [Присный, 2005]. Рядом работ [Гусев, 2013а; Гусев, Ермакова, 2013] показан вред, наносимый степным сообществам непродуманным нерациональным природопользованием.

В последние годы намечается тенденция увеличения числа видов, вносимых в региональные Красные книги. Увеличение числа «охраняемых видов» – результат не только изучения биоты регионов, но в большей степени результат уничтожения естественных мест обитания видов, переноса номинантов категории «требующие повышенных мер охраны – кандидаты на включение в Красную книгу» в категории: уязвимые, редкие, исчезающие. Увеличение числа страниц Красных книг заставляет задуматься и является весомым аргументом к принятию действенных мер направленных на охрану окружающей среды.

Объектом исследования послужили виды сосудистых растений, относящиеся к отряду покрытосемянных, классу двудольных, семейству сложноцветных (*Compositae*). Изучался их общий ареал, распространение в средней полосе европейской части России, особенности экологии, встречаемость, численность и состояние локальных популяций в Белг.

Нами использовались традиционные методы ботанических исследований. Составление списков локальных флор центральных, восточных и юго-восточных административных районов Белг., оценка частоты встречаемости, численности отдельных видов осуществлялись в ходе маршрутных экспедиций в течение более пятнадцати лет (с 1998 по 2015 г.г.) в разные сезоны вегетационного периода (с марта по октябрь) с интервалом две-четыре недели. В общей сложности обследовано 14 (из 21) административных районов Белг. Собрано и идентифицировано более 400 экземпляров растений.

В семействе сложноцветных (*Compositae*) нами выделено семнадцать видов требующих мер охраны на региональном уровне. Для пятнадцати видов рекомендована категория статуса редкости – III (редкий вид). Для двух – категория статуса редкости – V (уязвимый вид).

В последние годы наблюдается отрицательная динамика их распространённости и численности в связи с нарушением и уничтожением местообитаний в результате реализации областного проекта «Зелёная столица» [Гусев, 2013а].

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

Результаты исследований

Отдел Покрытосемянные – *Angiospermae*

Класс Двудольные – *Dicotyledones*

Сем. Сложноцветные – *Compositae* Giseke

1. Астра солончаковая – *Aster tripolium* L. (*Tripolium vulgare* Nees).

Не внесена в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III [здесь и далее рекомендуемые категории статуса редкости по: Присный, 2005].

Внесена в Красную книгу Лип., Пенз. [Иванов, 2002; Тихомиров В.Н. и др., 2005].

Растение с широким ареалом, располагающимся в Европе и в Северной Америке. Произрастает в Европейской части России на Кавказе, в Западной и Восточной Сибири, на Дальнем



Востоке, в Украине [Иванов, 2002; Губанов и др., 2004; Тихомиров В.Н. и др., 2005]. В средней полосе европейской части России встречается в Ворон., Лип., Тамб. [Губанов и др., 2004]; Белг., Ворон., Саратов., Ульянов., заносное в Тверь. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Ров.; очень редко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в Вейд., Ров; редко.

В Белг. растёт на солончаках. Произрастание данного вида отмечается в двух административных районах. Встречается редко.

2. *Василёк русский – *Centaurea ruthenica* Lam.

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

Внесён в Красные книги Ворон., Курск., Лип., Морд., Орл., Пенз., Ряз., Саратов., Татар., Чув. [Золотухин, 2001; Иванов, 2001; Иванов, 2002; Силаева, 2003; Тихомиров В.Н. и др., 2005; Шляхтин, 2006; Щеповских и др., 2006; Пригоряну, 2007; Агафонов, 2011; Иванчев и др., 2011].

Преимущественно европейско-среднеазиатский вид. В России распространён в южной половине европейской части, Предкавказье и на юге Западной Сибири. [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижегород., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Татар., Тул., Ульянов., Чув. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Валуй., Грайв., Губ., Короч., Прох., Шеб. [Еленевский и др., 2004]; Валуй., Волок., Губ., Короч., НО., Ров. Шеб., [Присный, 2005]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Вейд., Короч., Красн., Кргов., НО., Прох., Ров., Черн., Шеб.; изредка.

В Белг. растёт по степям, меловым обнажениям. Произрастание вида отмечается в четырнадцати административных районах, везде изредка и немногочисленно.

3. Полынь армянская – *Artemisia armeniaca* Lam.

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белгородской области [здесь и далее региональный статус по: Присный, 2005]. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Внесена в Красные книги Ворон., Курск., Лип., Морд., Нижегород., Пенз., Ряз., Тул., Ульянов., Чув. [Золотухин, 2001; Иванов, 2001; Иванов, 2002; Силаева, 2003; Охупкин и др., 2005; Ракова, 2005; Тихомиров В.Н. и др., 2005; Щербакова, 2010; Агафонов, 2011; Иванчев и др., 2011].

Преимущественно европейско-кавказский вид. [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается Белг., Брян., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижегород., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Тул., Ульянов., Чув. [Маевский, 2006]. В Белг. на северо-западной границе ареала. Указывается для: Губ. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в Вейд., Ров., Красн., Прох., редко.

В Белг. растёт в степях, предпочитает карбонатные почвы. Произрастание вида отмечается в пяти административных районах, везде редко.

4. Полынь лечебная (Божье дерево) – *Artemisia abrotanum* L.

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

В списках охраняемых видов отсутствует.

Преимущественно европейско-кавказско-малоазиатский вид. В России встречается в европейской части, на Северном Кавказе и в Западной Сибири. [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях, но в северной части значительно реже [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Валуй., ранее указывалась для Бел., Короч. и др. районов [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в Валуй.

В Белг. в настоящее время встречается только в окрестностях п. Уразово, на алювиальных отложениях в долине р. Оскол. Встречается редко.

5. Полынь понтийская – *Artemisia pontica* L.

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

Внесена в Красные книги Лип., Морд., Пенз., Удмурт., Ульянов., Чув. [Иванов, 2001; Туганов, 2001; Иванов, 2002; Силаева, 2003; Ракова, 2005; Тихомиров В.Н. и др., 2005].

Преимущественно европейско-древнесредиземноморский вид. В России встречается в европейской части, Предкавказье, Западной Сибири [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Лип., Морд., Нижегород., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Тул., Ульянов., Чув. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Вейд. Собиралось В. Лубянским в ковыльной степи близ Вейделевки 20.08.1913. Очевидно исчезло [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в Вейд.; очень редко.

В Белг. в настоящее время известно только из Вейд. Растёт в разнотравных степях. Встречается редко.

6. Полынь шелковистая – *Artemisia sericea* Weber ex Stechm.

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

Внесена в Красные книги Курск., Ворон., Лип., Морд., Нижег., Пенз., Саратов., Тул., Ульянов., [Золотухин, 2001; Иванов, 2002; Силаева, 2003; Охупкин и др., 2005; Ракова, 2005; Тихомиров В.Н. и др., 2005; Шляхтин, 2006; Щербакова, 2010; Агафонов, 2011].

Восточноевропейско-североазиатский вид. В России распространён в европейской части (преимущественно на востоке), на юге Западной Сибири и в Восточной Сибири [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Нижег., Орл., Пенз., Самар., Саратов., Тамб., Тат., Тул., Ульянов., Чув., везде довольно редко [Маевский, 2006]. В Белг. на западной границе ареала. Указывается для: Губ. [Солнышкина, 2007]. Нами отмечена в Красн.; редко.

В Белг. растёт по степным склонам. Указывается для двух административных районов. Встречается редко.

7. Полынь широколистная – *Artemisia latifolia* Ledeb.

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

Внесена в Красные книги Курск., Ворон., Лип., Морд., Моск., Нижег., Пенз., Ряз., Саратов., Тул., Удмурт., Ульянов., Чув. [Зубакин и др., 1998; Золотухин, 2001; Иванов, 2001; Туганаев, 2001; Иванов, 2002; Силаева, 2003; Охупкин и др., 2005; Ракова, 2005; Тихомиров В.Н. и др., 2005; Шляхтин, 2006; Щербакова, 2010; Агафонов, 2011; Иванчев и др., 2011].

Преимущественно восточноевропейско-североазиатский вид. В России распространён в европейской части (южная половина), на юге Западной и Восточной Сибири, на юге Дальнего Востока [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Брян., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижег., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Тат., Тул., Ульянов., Чув., изредка [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: НО. [Григорьевская, 1993]; Губ. [Солнышкина, 2013].

В Белг. растёт в разнотравных степях, среди кустарников. Произрастание вида отмечается в двух административных районах. Встречается редко.

8. *Девясил германский – *Inula germanica* L.

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

Внесён в Красные книги Морд., Пенз., Тат., Ульянов. [Иванов, 2002; Силаева, 2003; Ракова, 2005; Щеповских и др., 2006].

Европейско-западноазиатский вид. В России распространён в южной половине европейской части и на Северном Кавказе. [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Ворон., Курск., Морд., Самар., Саратов., Пенз., Тамб., Ульянов.; указывается также для Белг., Лип., Тул. [Маевский, 2006]. В Белг. близ северной границы ареала. Нами отмечен в Алекс., Вейд., НО., Ров., редко.

В Белг. растёт в степях, зарослях степных кустарников, на лесных опушках. Произрастание вида отмечается в четырёх административных районах. Встречается изредка.

9. *Девясил мечелистный – *Inula ensifolia* L.

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

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

Европейско-западноазиатский вид. В России распространён в самых южных районах. [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается редко в Белг., Курск. Указывался для Брян., Ворон., Ряз., Саратов., Самар., Тамб., Тул., но нахождение в этих областях нуждается в подтверждении [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бел., Шеб.; очень редко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Бор., Прох.; редко.

В Белг. растёт в луговых, разнотравных, петрофитных степях. Указывается для четырёх административных районов. Встречается редко.

10. Козелец крымский (К. испанский) – *Scorzonera taurica* M.B. (*S. hispanica* L.)

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

Внесён в Красные книги Лип., Пенз., Ряз., Тул. [Иванов, 2002; Тихомиров В.Н. и др., 2005; Щербакова, 2010; Иванчев и др., 2011].

Южноевропейско-западноазиатский вид. [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Тул. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бел., Губ.; редко. [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Валуй., Вейд., Красн., Кргв., Ров., редко.

В Белг. растёт в степях по засоленным глинистым склонам. Указывается для семи административных районов. Встречается редко.

11. Козелец мелкоцветковый – *Scorzonera parviflora* Jacq.

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

Внесён в Красные книги Лип., Пенз., Тат. [Иванов, 2002; Тихомиров В.Н. и др., 2005; Щеповских и др., 2006].



Широко распространённый в Евразии вид. В России встречается в ряде среднероссийских областей, на Кавказе, юге Западной Сибири [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Лип., Пенз., Тамб. [Маевский, 2006]. В Белг. близ северной границы ареала. Указывается для: Алекс. (Мухоудеровка, засоленный луг) [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Вейд., Ров.; редко.

В Белг. растёт по солонцеватым сырým лугам. Произрастание вида отмечается в трёх административных районах. Встречается редко.

12. **Козелец пурпуровый** – *Scorzonera purpurea* L.

Категория – V. Рекоменгуемая категория статуса редкости – V.

Внесён в Красные книги Брян., Калуж., Курск., Мар., Моск., Нижег., Орл., Удмурт., Чув. [Тихомиров, 1997; Зубакин и др., 1998; Золотухин, 2001; Иванов, 2001; Туганаев, 2001; Евстигнеев и др., 2004; Охапкин и др., 2005; Алексанов и др., 2006; Пригоряну, 2007].

Европейско-западноазиатский вид, распространённый в России в южной половине европейской части и на юге Западной Сибири [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях, кроме Иван., ? Костр., Твер., Яросл. [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бел., Губ., СтО., Шиб.; нечасто [Еленевский и др., 2004]; Алекс., Бел., Волок., Губ., Короч., НО., Шиб., Яковл. [Присный, 2005]. Нами отмечен в Алекс., Валуй., Волок., Короч., Красн., Кргв., НО., Ров., Шиб.; нечасто.

В Белг. растёт в луговых степях. Произрастание вида отмечено в тринадцати административных районах, однако встречается нечасто и немногочисленно.

13. ***Крестовник малолитный** (К. киргизский) – *Senecio paucifolius* S.G. Gmel.

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белгородской области. Рекоменгуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Пенз., Тат., Ульянов. [Иванов, 2002; Ракова, 2005; Веденеев и др., 2006; Щеповских и др., 2006; Агафонов, 2011].

Восточноевропейско-западносибирский степной галофильный вид. Произрастает в Молдове, на юге Украины, в степных и лесостепных районах средней полосы Европейской России, на севере Средней Азии и в Западной Сибири. Как правило, растёт на солончаковых лугах в поймах малых рек, у подножия меловых обнажений [Веденеев и др., 2006; Агафонов, 2011]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг. (юго-восток), Ворон., Саратов., Тат., Ульянов. [Маевский, 2006]. В Белг. на северо-западной границе ареала. Нами отмечен в Вейд., Ров.; изредка.

В Белг. растёт на солонцеватых лугах, в степях. Произрастание вида отмечено в двух административных районах. Встречается изредка.

14. **Одуванчик бессарабский** – *Taraxacum bessarabicum* (Hornem.) Hand.-Mazz.

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белгородской области. Рекоменгуемая категория статуса редкости – III.

В списках охраняемых видов отсутствует.

Евразийский вид, распространённый в Европе, Молдове, Казахстане, Передней, Средней, Центральной Азии, Сибири. В Средней России встречается в южных районах чернозёмной полосы. Растёт на засоленных лугах, солонцах, обнажениях известняка и мела [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Лип., Нижег., Пенз., Самар., Саратов., Тамб., Ульянов.; как заносное в Морд. [Маевский, 2006]. В Белг. близ северо-западной границы ареала. Нами отмечен в Вейд., Короч., Ров.; редко.

В Белг. растёт на солонцеватых лугах и солончаках. Произрастание вида отмечено в трёх административных районах. Встречается редко.

15. ***Солонечник узколистный** – *Galatella angustissima* (Tausch) Novopokr.

Вид, требующий повышенных мер охраны – кандидат на включение в Красную книгу Белгородской области. Рекоменгуемая категория статуса редкости – III.

Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Лип., Пенз., Ряз., Самар., Тул. [Золотухин, 2001; Иванов, 2002; Тихомиров В.Н. и др., 2005; Веденеев и др., 2006; Розенберг, 2007; Щербакова, 2010; Агафонов, 2011; Иванчев и др., 2011].

Восточноевропейско-южносибирский вид. Отмечен на каменистых обнажениях в восточной части Русской равнины, Казахстане, степях Южной и Восточной Сибири, на северо-западе Монголии. В России распространён в немногих районах европейской части, в южных районах Западной и Восточной Сибири, на северо-западе Монголии [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в Ворон., Лип., Морд., Пенз., Самар., Саратов., Тул., Ульянов.; указывается для Белг., Курск., Ряз., Орл. Довольно редкое растение [Маевский, 2006; Губанов и др., 2004]. В Белг. близ северо-западной границы ареала. Указывается для: Волок., СтО.; редко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечен в Валуй., Вейд., Короч., Красн., Кргв., НО., Ров., Черн.; редко.

В Белг. растёт в каменистых степях, зарослях степных кустарников, на меловых склонах. Произрастание вида отмечено в десяти административных районах, но везде редко.

16. Сушеница лесная – *Gnaphalium sylvaticum* L

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

В списках охраняемых видов отсутствует.

Преимущественно европейско-североазиатский вид, распространённый и в Северной Америке. В России произрастает в европейской части, на Северном Кавказе и в Сибири; занесён на Дальний Восток [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается во всех областях как обычное растение, но севернее значительно чаще [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бор. (собиралась до 1930-х г.г., позже не отмечалась) [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в НО.; редко.

В Белг. растёт в лесах (поляны, опушки), выходит на лесные дороги. В настоящее время отмечено в одном административном районе. Встречается редко.

17. Сушеница топяная – *Gnaphalium uliginosum* L. s. I.

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

В списках охраняемых видов отсутствует.

Европейский вид. Распространена в холодных и умеренных регионах Евразии от Исландии, Великобритании и Португалии на западе до Кореи и Японии на востоке, включая европейскую часть России, Кавказ, Сибирь, и Дальний Восток [Губанов и др., 2004]. В средней полосе европейской части России встречается в большинстве областей [Маевский, 2006]. В Белг. указывается для: Бор. (1937 г.), Губ. (в последние десятилетия не отмечалась), НО.; редко [Еленевский и др., 2004]. Нами отмечена в НО.; редко.

В Белг. растёт по берегам стариц, на заболоченных берегах озёр и рек, по канавам и озерцам в пойменных и нагорных лесах. Произрастание вида отмечено в трёх административных районах, и везде редко.

Заключение

Таким образом, на основе анализа литературных источников и результатов ботанических исследований, выполненных авторами, к внесению в новое издание Красной книги Белгородской области рекомендовано семнадцать видов сосудистых растений относящихся к семейству сложноцветных (*Compositae*). Для пятнадцати видов рекомендована категория статуса редкости – III (редкий вид), для двух – категория статуса редкости – V (уязвимый вид).

Список литературы

References

1. Агафонов В.А. (науч. ред.). 2011. Красная книга Воронежской области. Т. 1: Растения. Лишайники. Грибы. Воронеж, МОДЭК, 472.
Agafonov V.A. (nauch. red.). 2011. Krasnaja kniga Voronezhskoj oblasti. T. 1: Rastenija. Lishajniki. Griby [The Red Book of the Voronezh region. Vol. 1: Plants. Lichens. Mushrooms]. Voronezh, MODJeK, 472. (in Russian)
2. Алексанов В.В., Алексеев С.К., Воронкина Н.В. и др. 2006. Красная книга Калужской области. Росприроднадзор по Калужской области. Калужский государственный педагогический университет. Калужский областной краеведческий музей. Главный ботанический сад РАН. Московский государственный университет. Издательство: Калуга: «Золотая аллея», 608.
Aleksanov V.V., Alekseev S.K., Voronkina N.V. i dr. 2006. Krasnaja kniga Kaluzhskoj oblasti. [Red List of the Kaluga region]. Rosprirodnazor po Kaluzhskoj oblasti. Kaluzhskij gosudarstvennyj pedagogičeskij universitet. Kaluzhskij oblastnoj kraevedčeskij muzej. Glavnyj botaničeskij sad RAN. Moskovskij gosudarstvennyj universitet. Izdatel'stvo: Kaluga: "Zolotaja alleja", 608. (in Russian)
3. Веденев А.М., Землянская И.В., Игнатов М.С. и др. 2006. Красная книга Волгоградской области. Т. 2: Растения и грибы. Волгоград, 236.
Vedeneev A.M., Zemljanskaja I.V., Ignatov M.S. i dr. 2006. Krasnaja kniga Volgograd-skoj oblasti. T. 2: Rastenija i griby [Red List of the Volgograd region. T. 2: Plants and mushrooms]. Volgograd, 236. (in Russian)
4. Губанов И.А., Киселёва В.К., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. 2004. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 3. Покрытосемянные (двудольные: раздельнолепестные). М, Товарищество научных изданий КМК, 520.
Gubanov I.A., Kiseljova V.K., Novikov V.S., Tihomirov V.N. 2004. Illjustrirovannyj opredelitel' rastenij srednej Rossii. T. 3. Pokrytosemennye (dvudol'nye: razdel'nolepestnye) [Illustrated Keys of Plants of Middle Russia. T. 3. Angiosperms (bipartite: polypetalae)]. М., Tovarishhestvo nauchnyh izdanij KMK, 520. (in Russian)
5. Гусев А.В. 2013а. Роль красных книг в вопросах охраны природы. Научные ведомости БелГУ. Естественные науки. 24 (7) 96-101.
Gusev A.V. 2013a. A role of Red Lists in questions of conservation. Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 24 (7) 96-101. (in Russian)



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

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

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

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

8. Гусев А.В., Ермакова Е.И. 2013. Рекомендации по исчислению размера вреда, наносимого растительным сообществам нерациональным природопользованием. В кн.: Особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы и перспективы развития: материалы XII международной научно-практической конференции школьников. Белгородская область, пос. Борисовка, 25 апреля 2013 года, ГПЗ «Белогорье». Белгород, «Везелица», 99–107.

Gusev A.V., Ermakova E.I. 2013. Recommendations about calculation of the extent of the harm caused to vegetable communities with irrational environmental management. In: Osobo ohranyaemye prirodnye territorii: sostoyaniye, problemy i perspektivy razvitiya: Materialy XII mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii shkol'nikov. Belgorodskaya oblast', pos. Borisovka, 25 aprelya 2013 g. [Specially protected natural territories: state, problems and prospects of development: Materials of the XII international scientific and practical conference of school students. Belgorod region, settlement Borisovka, april 25, 2013] GPZ «Belogor'e». Belgorod, «Vezelitsa», 99–107. (in Russian)

9. Григорьевская А.А. 1993. Современное состояние растительного покрова мелового бора Стенки-Изгорья (юг Среднерусской возвышенности) и его охрана. Самарская Лука: бюллетень № 4. 136–162.

Grigor'evskaya A.A. 1993. Sovremennoye sostoyaniye rastitel'nogo pokrova melovogo bora Stenki-Izgor'ya (yug Srednerusskoy vozvyshennosti) i ego okhrana [Current state of a vegetable cover of cretaceous Stenki-Izgor'ya pine forest (south of Central Russian upland) and its protection]. Samarskaya Luka: byulleten' № 4. 136–162. (in Russian)

10. Евстигнеев О.И., Федотов Ю.П., Панасенко Н.Н. и др. 2004. Красная книга Брянской области. Растения, грибы. Брянск, Издательство Читай город, 272.

Evstigneev O.I., Fedotov Yu.P., Panasenko N.N. i dr. 2004. Krasnaya kniga Bryanskoy oblasti. Rasteniya, griby [Red List of the Bryansk region. Plants, mushrooms]. Bryansk, Izdatel'stvo Chitay gorod, 272. (in Russian)

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

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

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

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

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

Zubakin V.A., Tikhomirov V.P. (otv. red.). 1998. Krasnaya kniga Moskovskoy oblasti [Red List of the Moscow region]. M.: Argus: Russkiy universitet, 560. (in Russian)

14. Иванов А.И. (науч. ред.). 2002. Красная книга Пензенской области. Т. 1: Растения и грибы. Пенза, Пензенская правда, 160.

Ivanov A.I. (nauch. red.). 2002. Krasnaya kniga Penzenskoy oblasti. T. 1: Rasteniya i griby [Red List of the Penza region. T. 1: Plants and mushrooms]. Penza, Penzenskaya pravda, 160. (in Russian)

15. Иванов Л.Н. (гл. ред.) 2001. Красная книга Чувашской Республики. Том 1: Редкие и исчезающие растения и грибы. Чебоксары, Чувашия, 276.

Ivanov L.N. (gl. red.) 2001. Krasnaya kniga Chuvashskoy Respubliki. Tom 1: Redkie i ischezayushchie rasteniya i griby [Red List of the Chuvash Republic. Volume 1: Rare and disappearing plants and mushrooms]. Cheboksary, Chuvashiya, 276. (in Russian)

16. Иванчев В.П., Казакова М.В. 2011. Красная книга Рязанской области. Издание 2-е. Рязань: НП «Голос губернии», 626.

Ivanchev V.P., Kazakova M.V. 2011. Krasnaya kniga Ryazanskoy oblasti [Red List of the Ryazan region]. Izdanie 2-e. Ryazan': NP «Golos gubernii», 626. (in Russian)

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

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

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

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

19. Охупкин А.Г. (отв. ред.); Воротников В.П., Широков А.И. (науч. ред.). 2005. Красная книга Нижегородской области. Т. 2: Сосудистые растения, водоросли, лишайники, грибы. Нижний Новгород. Издательство Комитета охраны природы и управления природопользования Нижегородской области, 315.

Okhapkin A.G. (otv. red.); Vorotnikov V.P., Shirokov A.I. (nauch. red.). 2005. Krasnaya kniga Nizhegorodskoj oblasti. T. 2: Sosudistye rasteniya, vodorosli, lishayniki, griby [Red List of the Nizhny Novgorod Region. T. 2: Vascular plants, seaweed, lichens, mushrooms]. Nizhniy Novgorod. Izdatel'stvo Komiteta okhrany prirody i upravleniya prirodoopol'zova-niya Nizhegorodskoj oblasti, 315. (in Russian)

20. Пригоряну О.М. (отв. ред.). 2007. Красная книга Орловской области: Грибы. Растения. Животные. Орел: Центр Ковыль: Издательство А. В. Воробьев, 264.

Prigoryanu O.M. (otv. red.). 2007. Krasnaya kniga Orlovskoy oblasti: Griby. Rasteniya. Zhivotnye [Red List of the Oryol region: Mushrooms. Plants. Animals]. Orel: Tsentr Kovyl': Izdatel'stvo A. V. Vorob'ev, 264. (in Russian)

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

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

22. Ракова Н.С. 2005. Красная книга Ульяновской области. Т. 2: Растения. Ульяновск, Издательство УлГУ, 220.

Rakova N.S. 2005. Krasnaya kniga Ul'yanovskoy oblasti. T. 2: Rasteniya [Red List of the Ulyanovsk region. T. 2: Plants]. Ul'yanovsk, Izdatel'stvo UlGU, 220. (in Russian)

23. Розенберг Г.С. (ред.). 2007. Красная книга Самарской области. Т.1: Редкие виды растений, лишайников и грибов. Тольятти, ИЭВБ РАН, 372.

Rozenberg G.S. (red.). 2007. Krasnaya kniga Samarskoy oblasti. T.1: Redkie vidy rasteniy, lishaynikov i gribov [Red List of the Samara region. T.1: Rare species of plants, lichens and mushrooms]. Tol'yatti, IEVB RAN, 372. (in Russian)

24. Силаева Т.Б. (сост.) 2003. Красная книга Республики Мордовия. Т. 1: Редкие виды растений, лишайников и грибов. Саранск: Мордовское книжное издательство, 288.

Silaeva T.B. (sost.) 2003. Krasnaya kniga Respubliki Mordoviya. T. 1: Redkie vidy rasteniy, lishaynikov i gribov [Red List of the Republic of Mordovia. T. 1: Rare species of plants, lichens and mushrooms]. Saransk: Mordovskoe knizhnoe izdatel'stvo, 288. (in Russian)

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

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

26. Солнышкина Е.Н. 2013. Характеристика растительного сообщества с Ephedra distachya L., расположенного в охранной зоне участка Лысье горы заповедника «Белогорье». В кн.: Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013: Материалы межрегиональной научной конференции (г. Курск, 6 апреля 2013 г.). Курск, 147-150.

Solnyshkina E.N. 2013. The characteristic of vegetable community with Ephedra distachya L., the site located in a security zone Bald mountains of the reserve "Belogorie". In: Flora i rastitel'nost' Tsentral'nogo Chernozem'ya – 2013: Materialy mezhregional'noy nauchnoy konferentsii (g. Kursk, 6 aprelya 2013 g.) [Flora and vegetation of the Central Chernozem region – 2013: Materials of interregional scientific conference (Kursk, on April 6, 2013)]. Kursk, 147-150. (in Russian)

27. Тихомиров В.Н. 1997. Красная книга Республики Марий Эл. Редкие и нуждающиеся в охране растения марийской флоры. Йошкар-Ола, Марийское книжное издательство, 128.

Tikhomirov V.N. 1997. Krasnaya kniga Respubliki Mariy El. Redkie i nuzhdayushchiesya v okhrane rasteniya mariyskoy flory [Red List of the Republic of Mari El. The rare and needing protection plants of the Mari flora]. Yoshkar-Ola, Mariyskoe knizhnoe izdatel'stvo, 128. (in Russian)

28. Тихомиров В.Н., Александрова К.И. и др. Новиков В.С. (науч. рук.). 2005. Красная книга Липецкой области. Т. 1: Растения, грибы, лишайники. М., Товарищество научных изданий КМК Scientific Press, 509.

Tikhomirov V.N., Aleksandrova K.I. i dr. Novikov V.S. (nauch. ruk.). 2005. Krasnaya kniga Lipetskoy oblasti. T. 1: Rasteniya, griby, lishayniki [Red List of the Lipetsk region. T. 1: Plants, mushrooms, lichens]. M., Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK Scientific Press, 509. (in Russian)

29. Туганав В.В. (ред.). 2001. Красная книга Удмуртской Республики. Сосудистые растения, лишайники и грибы. Ижевск: Удмуртский университет, 290.

Tuganaev V.V. (red.). 2001. Krasnaya kniga Udmurtskoy Respubliki. Sosudistye rasteniya, lishayniki i griby [Red List of the Udmurt Republic. Vascular plants, lichens and mushrooms]. Izhevsk: Udmurtskiy universitet, 290. (in Russian)



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

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

31. Щеповских А.И., Бойко В.А., Горшков М.А. и др. 2006. Красная книга Республики Татарстан (животные, растения, грибы). Издание 2-е. Казань: Издательство «Идел-Пресс», 831.

Shchepovskikh A.I., Boyko V.A., Gorshkov M.A. i dr. 2006. Krasnaya kniga Respubliki Tatarstan (zhivotnye, rasteniya, griby) [Red List of the Republic of Tatarstan (animals, plants, mushrooms)]. Izdanie 2-e. Kazan': Izdatel'stvo «Idel-Press», 831. (in Russian)

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

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

УДК 581.48 : 581.145.21 : 582.594.2

**РЕПРОДУКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ *EPIPACTIS HELLEBORINE* (L.) CRANTZ
(ORCHIDACEAE) В РАЗНЫХ УСЛОВИЯХ ВЕГЕТАЦИИ**

**REPRODUCTIVE POTENTIAL OF *EPIPACTIS HELLEBORINE* (L.) CRANTZ
(ORCHIDACEAE) IN DIFFERENT VEGETATION CONDITIONS**

А.В. Сидоров, Е.Н. Сечин, О.А. Маракаев

A.V. Sidorov, E.N. Sechin, O.A. Marakaev

*Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, Россия, 150000, Ярославль, ул. Советская, 14
P.G. Demidov Yaroslavl State University, 14 Sovetskaya St, Yaroslavl, 150000, Russia*

E-mail: marakaev@uniyar.ac.ru

Ключевые слова: *Epipactis helleborine*, сезонное развитие, плодообразование, семенная продуктивность, морфометрия семян.

Key words: *Epipactis helleborine*, seasonal development, fruit formation, seed production, morphometry seeds.

Аннотация. Наибольший репродуктивный потенциал *Epipactis helleborine* (Orchidaceae) выявлен при вегетации на фоне повышенных температур воздуха и пониженного количества осадков во второй половине сезонного развития. Это проявляется в формировании наибольшего числа плодов, их крупных размерах и повышенной реальной семенной продуктивности при одновременно высоком качестве семян. Предполагается, что условия вегетации, определяя фенологическое развитие генеративных особей и возможность опыления, влияют на репродуктивные параметры. Полученные данные свидетельствуют о хорошем потенциале ценопопуляции *E. helleborine* к самоподдержанию благодаря семенному размножению, перспективах сохранения ее численности и дальнейшем устойчивом развитии.

Resume. Orchids (Orchidaceae) are considered as a token of the global plant conservation. The study of their reproductive characteristics is relevant in connection with a publication of Red data books, a development of measures and methods for their conservation in the wild and an introduction of *in vitro* culture. The aim of the research was to determine the real seed production and characteristics of seeds of *Epipactis helleborine* (L.) Crantz due to the weather conditions. The first season is characterized by a higher temperature and reduced rainfall as compared with the second season. The study was identified with the phenological phases, the number of flowers and fruits. The number of seeds and their morphometric parameters were determined on the photographs obtained using a digital camera. Statistical processing of data was performed by standard methods.

In the first season, the number of fruits is increased by 30%, their sizes are 13% larger, and the amount of seeds in fruits 15% higher compared with the second season. It is assumed that the growing conditions, determining the phenological development of generative individuals and the possibility of pollination, affect reproductive parameters. The overwhelming number of seeds (97–99%) of *E. helleborine* has germs, and their linear dimensions not significantly differ in different seasons. The lower, larger fruits contain 3–5 times more seeds irrespective of the conditions of the seasons.

It is evident that *E. helleborine* in the study of cenopopulation adequately fulfills its reproductive potential, regardless of weather conditions seasons. This is manifested in the formation of the greatest number of fruits, their large size and high real seed productivity with high quality seeds. The data obtained indicate good potential of cenopopulation *E. helleborine* for self-maintenance via seed propagation, prospects for the conservation of the population and further sustainable development.

Введение

Представителей семейства Orchidaceae рассматривают как символ глобальной охраны растений на международном, государственном и региональном уровнях [Vakhrameeva et al., 2008; Варлыгина, 2011]. На территории России произрастают 136 видов орхидных, все они являются уязвимыми компонентами растительных сообществ, что обусловлено особенностями их онтогенеза и высокой чувствительностью к факторам среды [Vakhrameeva et al., 2008]. Стабильное существование орхидных в естественной среде обитания во многом зависит от реализации ими репродуктивного потенциала, основным показателем которого является количество производимых полноценных жизнеспособных семян. Их число в расчете на цветок или соцветие называют реальной семенной продуктивностью [Злобин, 2009; Шибанова, Долгих, 2013]. Качество формирующихся семян, проявляющееся в их способности прорасти и формировать жизнеспособные всходы, является важнейшим показателем репродуктивной способности цветковых растений. Количественные и качественные параметры семенной продуктивности определяют успешность семенного размножения редких видов, что отражается на характеристиках их популяций – численности особей, возрастной структуре, способности к самовоспро-



изведению и др. [Хомутовский, 2012; Кривошеев и др., 2014]. Снижение репродуктивного потенциала орхидных в природных экосистемах может привести к обеднению их генофонда.

Одним из корневищных видов орхидных, который размножается преимущественно семенным путем, является дремлик широколистный – *Epipactis helleborine* (L.) Crantz. Этот вид относится к числу наиболее антропоустойчивых, часто произрастающих на урбанизированных территориях [Вахрамеева и др., 1997]. По размеру, цвету и морфологическим особенностям оболочка семени *E. helleborine* принадлежит к *Limodorum*-типу с изодиаметрическими или слегка продолговатыми клетками на всем протяжении [Коломейцева и др., 2012]. Семенная продуктивность и параметры семян этого вида значительно варьируют в разных регионах произрастания и экологических условиях [Широков и др., 2007; Шибанова, Долгих, 2010; Кривошеев и др., 2014]. Данные о семенной продуктивности и качестве семян *E. helleborine* необходимы для оценки репродуктивного потенциала и прогнозирования перспектив существования ценопопуляций вида. Исследование репродуктивных особенностей орхидных актуально в связи с работами по ведению Красных книг, разрабаткой мероприятий и методов по их сохранению в природе и введению в культуру *in vitro* [Широков и др., 2005; Сидоров и др., 2014].

Цель настоящей работы – оценить реальную семенную продуктивность и параметры семян *Epipactis helleborine* (L.) Crantz с учетом погодных условий сезонов вегетации.

Объект и методы исследования

Объектом исследования являлись генеративные особи дремлика широколистного *Epipactis helleborine* (L.) Crantz – представителя орхидных с короткокорневищной жизненной формой. На территории России этот вид регулярно встречается на территории европейской части (кроме юго-востока) и Сибири в виде малочисленных популяций [Вахрамеева и др., 1997; Vakhrameeva et al., 2008]. Он включен в Европейский список краснокнижных сосудистых растений (LC категория), Приложение II к конвенции CITES, а также охраняется на региональном уровне – занесен в Красные книги Архангельской (3-я категория), Белгородской (3-я категория), Тюменской (3-я категория), Ярославской (3-я категория) и других областей [Горохова, Маракаев, 2004; Bilz et al., 2011; Convention ..., 2013].

Исследуемые растения произрастали в зеленой зоне города Ярославля (Фрунзенский район), в сообществе березняка разнотравного. Древостой сформирован насаждениями высотой 25–30 м, диаметр стволов – 15–25 см, сомкнутость крон – 0.7. В подлеске отмечены *Sorbus aucuparia* и *Alnus incana*, единично – *Prunus padus*. Травяной ярус развит неравномерно, явно выраженные доминанты отсутствуют. В нем отмечены *Stellaria holostea*, *S. media*, *Geranium sylvaticum*, *Lysimachia vulgaris*, *Geum rivale*, *Anthriscus sylvestris*, *Urtica dioica*, *Taraxacum officinale* и др. Моховой покров развит слабо. Почва дерново-подзолистая с признаками оглеения, содержание гумуса в корнеобитаемом слое составляет 3.7%, pH – 5.0.

Исследования проводили в течение двух вегетационных сезонов: первого – 2007 г., и второго – 2008 г. Характеристика их погодных условий приведена в таблице 1. Первый сезон характеризуется более высокой температурой воздуха в мае, июне и августе и пониженным количеством осадков в июле-августе по сравнению со вторым. В течение сезонов ежедекадно с июня по август у 60-и генеративных особей *E. helleborine* отмечали фенологические фазы вегетации – бутонизацию, цветение и плодоношение [Шульц, 1966]. Количество цветков в соцветиях определяли в июле, плодов – в августе. По этим данным рассчитывали процент плодообразования. Размеры плодов и количество семян в них определяли с учетом положения в соцветии, выделяя три одинаковые по длине части – верхнюю, среднюю и нижнюю.

Таблица 1
Table 1

Погодные условия вегетации *Epipactis helleborine* (L.) Crantz
Weather conditions of vegetation *Epipactis helleborine* (L.) Crantz

Показатели	Сезоны вегетации	Май	Июнь	Июль	Август
Температура воздуха, °С	первый	14.0	16.0	18.0	20.0
	второй	10.8	14.9	18.7	16.3
Количество осадков, мм	первый	43	36	82	50
	второй	31	36	102	65

Примечание. Данные Ярославского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Сезоны вегетации: первый – 2007 г., второй – 2008 г.

Note. These Yaroslavl Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring. Growing season: the first – in 2007, the second – 2008.



Для определения количества семян в каждый сезон у 20 особей отбирали по три плода из верхней, средней и нижней частей соцветия. В работе использовали размеченные на равные квадраты стекла с водой. Над стеклом аккуратно раскрывали плод, препаровальной иглой добивались извлечения всех семян и их однослойного распределения на поверхности воды. После ее испарения стекла с семенами помещали под стереомикроскоп и фотографировали цифровой камерой Altami, количество семян учитывали методом сплошного пересчета на полученных изображениях. Для выявления беззародышевых семян, определения размеров семенных оболочек и зародышей семена помещали под световой микроскоп и при увеличении $\times 90$ фотографировали цифровой камерой. Морфометрические параметры семян измеряли на полученных изображениях с использованием программы Altami Studio 2.0. В каждый сезон из плодов верхней, средней и нижней частей соцветий было исследовано по 300 семян. Общее их количество за два года составило 1800. Процент беззародышевых семян рассчитывали как отношение количества семян без зародыша к числу семян с зародышем, относительный размер зародыша – как отношение длины семени к длине зародыша [Коломейцева и др., 2012].

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по стандартным методикам [Зайцев, 1973] с использованием пакета анализа данных программы Excel 2007. В таблицах представлены средние величины, их стандартные ошибки и коэффициенты вариации. Достоверность различий между вариантами устанавливали с помощью критерия Стьюдента (при уровне значимости $p \leq 0.05$).

Результаты и их обсуждение

Epipactis helleborine (L.) Crantz – один из наиболее поздноцветущих видов орхидных во флоре центрально-европейской части России, отличающийся высокой декоративностью цветков [Вахрамеева и др., 1997; Vakhrameeva et al., 2008]. На территории Ярославской области у генеративных растений *E. helleborine* формирование листьев и цветоносного стебля начинается в июне. Фаза бутонизации происходит в течение июля и к концу этого месяца растения зацветают. Нами установлено, что в первый сезон количество цветущих особей в третью декаду июля было больше на 75%, чем во второй. Цветение продолжалось в первый сезон в течение двух недель (с третьей декады июля до первой декады августа), во второй сезон – в течение трех недель (с третьей декады июля до второй декады августа). Количество цветков в соцветиях *E. helleborine* в разные сезоны составляет около 20 и достоверно не различается.

Начало образования плодов у *E. helleborine* в сезоны проведения исследований нами зафиксировано в первую декаду августа. В первый сезон в этот период их было в два раза больше, чем во второй. Плодоношение у всех особей в первый сезон отмечено во второй декаде августа, во второй сезон – в третьей декаде августа. Процент плодообразования существенно различается в разные сезоны и является относительно высоким, составляя в первый сезон 92%, во второй – 74%, что сопоставимо с данными литературы [Vakhrameeva et al., 2008; Суяндуков, Кривошеев, 2014]. Плоды, формируемые в первый сезон, достоверно крупнее, чем во второй (табл. 2). Эта особенность проявляется как при сравнении их средних размеров – $12.6 \pm 0.75 \times 4.8 \pm 0.25$ мм и $10.9 \pm 0.36 \times 3.9 \pm 0.11$ мм соответственно, так и размеров плодов в разных частях соцветия. При этом нижние плоды крупнее верхних в среднем на 25% независимо от сезона. Изменчивость показателей длины и ширины плодов является незначительной ($C_v - 9-15\%$) [Зайцев, 1973].

Таблица 2
Table 2

Параметры плодов *Epipactis helleborine* (L.) Crantz в разные сезоны вегетации
The parameters of the fruits of *Epipactis helleborine* (L.) Crantz in different seasons of vegetation

Сезоны вегетации	Плоды	Длина		Ширина		Количество семян
		мм	$C_v, \%$	мм	$C_v, \%$	
Первый	верхние	10.5 ± 0.42	13	4.1 ± 0.11	14	1340 ± 43
	средние	12.0 ± 0.49	14	4.9 ± 0.16	11	2987 ± 119
	нижние	15.4 ± 0.58	12	5.3 ± 0.22	15	5654 ± 153
Второй	верхние	8.6 ± 0.28	11	3.4 ± 0.10	12	1205 ± 37
	средние	10.5 ± 0.33	11	4.0 ± 0.11	10	2354 ± 94
	нижние	13.6 ± 0.47	9	4.4 ± 0.13	12	4874 ± 132

Реальная семенная продуктивность *E. helleborine* при расчете на один плод была в среднем в первом сезоне 3327 ± 105.0 , во втором – 2811 ± 87.7 семян, при расчете на одну особь – 57557 ± 1217 и 48630 ± 985 семян соответственно. Известно, что количество семян в одном плоде *E. helleborine* в Пермском крае составляет 3108 [Шибанова, Долгих, 2010], в Тверской области –

3840 [Хомутовский, 2012], в Архангельской области – 3024 [Баталов, 1998], в Нижегородской области – 3284 [Широков и др., 2007], а семенная продуктивность одной особи может варьировать от 26604 до 122022 семян [Назаров, 1995; Хомутовский, 2012]. Выявленная нами реальная семенная продуктивность *E. helleborine* в Ярославской области при расчете на один плод сопоставима с указанной для других регионов. Различия в количестве семян при расчете на одну особь могут быть обусловлены неодинаковым числом формирующихся плодов.

Количество семян в верхних, средних и нижних плодах на соцветии *E. helleborine* достоверно различается (см. табл. 2). В нижних, наиболее крупных, число семян в 3–5 раз превышает таковое в средних и верхних. При этом в первый сезон количество семян в плодах на 10–20% выше, чем во второй, что может быть обусловлено их более крупными размерами в данный сезон. В работах других авторов также отмечалось, что количество семян в плодах *E. helleborine* в пределах соцветия различается [Назаров, 1995].

Репродуктивный потенциал *E. helleborine* во многом связан с качественными характеристиками формирующихся семян (рис.). Они содержат зародыш и покрыты семенной оболочкой. Известно, что у некоторых семян зародыш может отсутствовать [Шибанова, Долгих, 2010; Коломейцева и др., 2012]. В первый сезон доля беззародышевых семян у *E. helleborine* составляет 1%, во второй – 3%. Количество таких семян в верхних плодах в 4 раза больше, чем в нижних. По данным литературы, исследуемый вид характеризуется пониженным числом семян без зародыша – 0–2.7% [Шибанова, Долгих, 2010], в то же время у орхидных, размножающихся преимущественно вегетативным путем, их доля может быть очень высокой – до 60–100% [Суюндуков, Кривошеев, 2014].

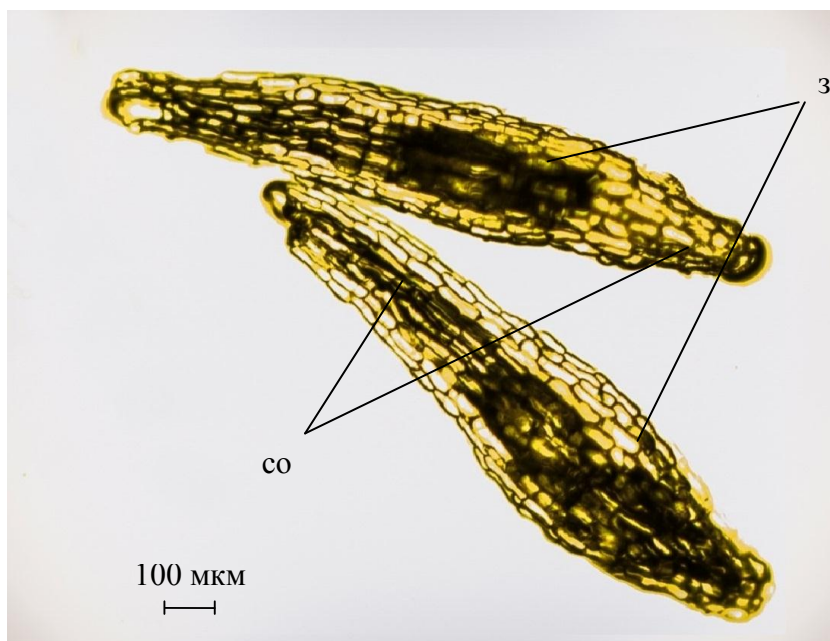


Рис. Семена *Epipactis helleborine* (L.) Crantz: семенная оболочка (co) и зародыш (z)
Fig. Seeds of *Epipactis helleborine* (L.) Crantz: seed coat (co) and the germ (z)

Линейные размеры семян *E. helleborine* в сравниваемые вегетационные сезоны достоверно не различались: в первый сезон они были $1233 \pm 44.0 \times 208 \pm 6.3$ мкм, во второй – $1256 \pm 42.3 \times 206 \pm 6.3$ мкм, такая же картина характерна и для зародышей – $218 \pm 8.7 \times 132 \pm 5.3$ мкм и $203 \pm 7.0 \times 115 \pm 4.7$ мкм соответственно. Однако относительный размер зародыша в первый сезон оказался меньше (5.7) по сравнению со вторым (6.2), что свидетельствует об определенных различиях в соотношениях длины семян и зародыша в разные сезоны. Размеры семенных оболочек и зародышей у семян, которые формируются в плодах, занимающих разное положение в соцветии, в большинстве случаев достоверно не различаются (табл. 3). Значения выявленных морфометрических параметров варьируют от низкого (C_v – 5%) до среднего (C_v – 19%) уровня [Зайцев, 1973]. При этом длина является наиболее изменчивым показателем по сравнению с шириной.

Таблица 3
Table 3

Параметры семян *Epipactis helleborine* (L.) Crantz в разные сезоны вегетации
The parameters of seeds of *Epipactis helleborine* (L.) Crantz in different seasons of vegetation

Сезоны вегетации	Плоды	Семенные оболочки				Зародыши			
		Длина		Ширина		Длина		Ширина	
		мкм	C _v , %	мкм	C _v , %	мкм	C _v , %	мкм	C _v , %
Первый	верхние	1351±51	15	225±7	9	207±8	10	114±5	6
	средние	1125±42	17	202±5	9	219±9	16	138±6	7
	нижние	1223±39	16	198±7	7	229±9	17	145±5	8
Второй	верхние	1275±48	14	193±8	10	192±7	19	101±4	10
	средние	1195±36	15	215±5	6	198±8	19	109±4	7
	нижние	1298±43	19	211±6	9	220±6	16	134±6	5

Заключение

Реальная семенная продуктивность *Epipactis helleborine* (L.) Crantz достоверно различается при вегетации в разных погодных условиях. В первый сезон, характеризующийся более высокими температурами воздуха и пониженным количеством осадков во второй половине сезонного развития, число плодов на растениях больше на 30%, их размеры на 13% крупнее, а содержание семян в плодах на 15% выше по сравнению со вторым сезоном. Преобладающее число семян (97–99%) имеет зародыши, а их линейные размеры при сравнении средних значений достоверно не различаются в разные сезоны. Нижние, более крупные, плоды содержат в 3–5 раз больше семян независимо от условий сезонов.

По-видимому, условия первого сезона способствовали более быстрому наступлению у *E. helleborine* фаз бутонизации, цветения и плодоношения и повышенным темпам их прохождения, что обусловило увеличение реальной семенной продуктивности исследуемого вида как при расчете на один плод, так и на одну особь. Пониженная семенная продуктивность во второй сезон может быть связана с менее оптимальными погодными условиями, что, вероятно, привело к недоопылению отдельных цветков из-за недостаточной активности опылителей, нарушению процессов оплодотворения, эмбриогенеза и др.

Очевидно, что *E. helleborine* в исследуемой ценопопуляции в достаточной мере реализует свой репродуктивный потенциал независимо от погодных условий сезонов. Это проявляется в высокой реальной семенной продуктивности и качестве формирующихся семян. Полученные данные свидетельствуют о хорошем потенциале ценопопуляции *E. helleborine* к самоподдержанию благодаря семенному размножению, перспективах сохранения ее численности и дальнейшем устойчивом развитии.

Список литературы
References

1. Баталов А.Е. 1998. Биоморфология, экология популяций и вопросы охраны орхидей Архангельской области. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 15.
Batalov A.E. 1998. Biomorfologiya, ekologiya populyatsiy i voprosy okhrany orkhidей Arkhangel'skoy oblasti [Biomorphology, population ecology and protection of orchids in Arkhangelsk Region]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Moscow, 15. (in Russian)
2. Варлыгина Т.И. 2011. Охрана орхидных России на государственном и региональном уровнях. В кн.: Охрана и культивирование орхидей. Материалы IX Международной научной конференции (Санкт-Петербург, 26–30 сентября 2011 г.). М., Товарищество научных изданий КМК, 76–80.
Varlygina T.I. 2011. Preservation of the orchidaceae in Russia. In: Okhrana i kul'tivirovanie orkhidей. Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii [Protection and cultivation of orchids. Materials of international scientific conference (Saint-Petersbourg, 26–30 september 2011)]. Moscow, KMK Scientific Press Ltd.: 76–80. (in Russian)
3. Вахрамеева М.Г., Варлыгина Т.И., Баталов А.Е., Тимченко И.А., Богомолова Т.И. 1997. Род Дремлик. В кн.: Биологическая флора Московской области. М., Полиэкс: 62–73.
Vakhrameeva M.G., Varlygina T.I., Batalov A.E., Timchenko I.A., Bogomolova T.I. 1997. Genus *Epipactis*. In: Biologicheskaya flora Moskovskoy oblasti [Biological flora of the Moscow Region]. Moscow, Polieks: 62–73. (in Russian)
4. Горохова В.В., Маракеев О.А. 2004. Семейство Orchidaceae. В кн.: Красная книга Ярославской области. Ярославль: 85–108.
Gorokhova V.V., Marakaev O.A. Family Orchidaceae. In: Krasnaya kniga Yaroslavskoy oblasti [Red book Yaroslavl region]. Yaroslavl: 85–108. (in Russian)
5. Зайцев Г.Н. 1973. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М., Наука, 256.



Zaytsev G.N. 1973. Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike [Mathematical Statistics in Experimental Botany]. Moscow, Nauka, 256. (in Russian)

6. Злобин Ю.А. 2009. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста. Сумы, Университетская книга, 236.

Zlobin Yu.A. 2009. Populyatsionnaya ekologiya rasteniy: sovremennoe sostoyanie, tochki rosta [Population ecology of plants: current status and growth points]. Sumy, Universitetskaya kniga, 236. (in Russian)

7. Коломейцева Г.Л., Антипина В.А., Широков А.И., Хомутовский М.И., Бабоса А.В., Рябченко А.С. 2012. Семена орхидей: развитие, структура, прорастание. М., Геос, 352.

Kolomeytseva G.L., Antipina V.A., Shirokov A.I., Khomutovskiy M.I., Babosha A.V., Ryabchenko A.S. 2012. Semena orkhidey: razvitie, struktura, prorastanie [Orchid seeds: development, structure, germination]. Moscow, Geos, 352. (in Russian)

8. Кривошеев М.М., Ишмуратова М.М., Суюндуков И.В. 2014. Показатели семенной продуктивности некоторых видов орхидей (Orchidaceae Juss.) Южного Урала, рассчитанные с применением программы ImageG. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 3 (3): 49–57.

Krivosheev M.M., Ishmuratova M.M., Suyundukov I.V. 2014. Seed productivity indicators of certain orchid species (Orchidaceae Juss.) in South Urals calculated by using the ImageG program. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo [Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod], 3 (3): 49–57. (in Russian)

9. Назаров В.В. 1995. Репродуктивная биология орхидных Крыма. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 26.

Nazarov V.V. 1995. Reproductivnaya biologiya orkhidnykh Kryma [Reproductive biology of the orchid in Crimea]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Saint-Petersburg, 26. (in Russian)

10. Сидоров А.В., Сечин Е.Н., Маракеев О.А. 2014. Влияние света на рост и развитие сеянцев *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó (Orchidaceae) в культуре *in vitro*. Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 3 (3): 108–113.

Sidorov A.V., Sechin E.N., Marakaev O.A. 2014. The influence of light on *Dactylorhiza incarnata* (L.) soó (Orchidaceae) seedlings growth and development *in vitro*. Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo [Vestnik of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod], 3 (3): 108–113. (in Russian)

11. Суюндуков И.В., Кривошеев М.М. 2014. Репродуктивные стратегии орхидных (Orchidaceae Juss.) на Южном Урале. Фундаментальные исследования, 5 (1): 79–83.

Suyundukov I.V., Krivosheev M.M. 2014. Reproductive strategies orchids (Orchidaceae Juss.) in the Southern Ural. Fundamental'nye issledovaniya [Fundamental research], 5 (1): 79–83. (in Russian)

12. Хомутовский М.И. 2012. Антэкология, семенная продуктивность и оценка состояния ценопопуляций некоторых видов орхидных (Orchidaceae Juss.) Валдайской возвышенности. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 23.

Khomutovskiy M.I. 2012. Antekologiya, semennaya produktivnost' i otsenka sostoyaniya tsenopopulyatsiy nekotorykh vidov orkhidnykh (Orchidaceae Juss.) Valdayskoy vozvyshennosti [Anthecology, seed production and the estimation of population performance of some orchid species (Orchidaceae Juss.) in the Valdai Hills]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. M., 23. (in Russian)

13. Шибанова Н.Л., Долгих Я.В. 2010. Морфометрическая характеристика семян и реальная семенная продуктивность редких видов орхидных Предуралья. Вестник Пермского университета. Серия: Биология, 2: 4–6.

Shibanova N.L., Dolgikh Ya.V. 2010. The morfometric characteristic of seeds and real seed production of rare species Orchidaceae of Preduralie. Vestnik Permskogo universiteta. Seriya biologiya [Bulletin of Perm University. Biology], 2: 4–6. (in Russian)

14. Широков А.И., Коломейцева Г.Л., Буров А.В., Каменева Е.В. 2005. Культивирование орхидей Европейской России. Нижний Новгород, 64.

Shirokov A.I., Kolomeytseva G.L., Burov A.V., Kameneva E.V. 2005. Kul'tivirovanie orkhidey Evropeyskoy Rossii [Cultivation of orchids of European Russia]. Nizhny Novgorod, 64. (in Russian)

15. Широков А.И., Крюков Л.А., Коломейцева Г.Л. 2007. Морфометрический анализ семян некоторых видов орхидных Нижегородской области. Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология, 4 (8): 205–208.

Shirokov A.I., Kryukov L.A., Kolomeytseva G.L. 2007. Morphometric analysis of the variability of seeds of some species of orchids of Nizhny Novgorod Region. Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya biologiya i ekologiya, 4 (8): 205–208. (in Russian)

16. Шульц Г.Э. 1966. Методы фенологических наблюдений при ботанических исследованиях. М., Наука, 101.

Shul'ts G.E. 1966. Metody fenologicheskikh nablyudeniya pri botanicheskikh issledovaniyakh [Methods of phenological observations in botanical studies]. Moscow, Nauka, 101. (in Russian)

17. Bilz M., Kell S.P., Maxted N., Lansdown R.V. 2011. European Red List of Vascular Plants. Luxembourg, Publications Office of the European Union, 130.

18. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Appendices I, II and III valid from 12 June 2013. International Environment House. Switzerland, Geneva, 45.

19. Vakhrameeva M.G., Tatarenko I.V., Varlygina T.I., Torosyan G.K., Zagulskii M.N. 2008. Orchids of Russia and Adjacent Countries (within the Borders of the Former USSR). Konigstein, A.R.G. Gantner Verlag K.G., 690.

УДК 58.056; 581.821

**АДАПТАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛИСТОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ
RIBES NIGRUM L. В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЙ
ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ****ADAPTATIONS OF THE LEAF SURFACE OF BLACK CURRANTS DEPENDING
ON THE CONDITIONS OF WATER SUPPLY****Т.А. Кузнецова****T.A. Kuznetsova**

Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет, Россия, 194021,
г. Санкт-Петербург, ул. Новороссийская, д. 50
St.-Petersburg State University of Trade and Economics, 50, Novorossiyskaya St, St.-Petersburg, 194021, Russia

E-mail: tano_lovely@mail.ru

Ключевые слова: *Ribes nigrum* L., адаптация, эпидермис, устьица, трихомы, газообмен.
Key words: *Ribes nigrum* L., adaptation, the epidermis, stomata, trichomes, gas exchange.

Аннотация. Проведено сравнительное изучение поверхности листовых пластинок растений, произрастающих в садовых условиях г. Белгорода и Санкт-Петербурга. Для исследования использовались полностью сформированные листья, выросшие при хорошем освещении, в фазу полной спелости с учетом морфологического адреса. Определены особенности реакций основных эпидермальных клеток и устьиц на абиотические факторы окружающей среды, характеризующие особенности и потенциал газообмена и транспирации. Сделана классификация трихом, изучено распределение, плотность опушения, интенсивность синтеза эфирных масел железистыми трихомами, определен характер распределения кутикулярного слоя в разных климатических условиях.

Resume. We studied the leaf surface of plants growing in the gardens of Belgorod and St.-Petersburg. The research problem: adaptation of mathematical methods to the analysis of the anatomical structure of leaves of the plant. This will allow you to select more productive plants that are more resistant to environmental factors.

For the study, we used the adult leaves; they grew up in a good light. Leaves were collected during the period of full ripeness of berries. For selecting and fixing the leaves we used known methods. We separated epidermis by boiling the leaves of plants in alkaline solution. We determined the size and shape of epidermal cells and trichomes described. We calculated the coefficient of tortuosity of the side walls of the basic cells of the epidermis, the degree of openness of the stomata, the ratio of the intensity of gas exchange, intensity factor synthesis peltate trichomes. According to the study, we can say that in Belgorod main epidermal cells are larger, with more sinuous sidewalls. The size of these cells affects the growth of adjacent columnar cells of the mesophyll. In terms of gas exchange Belgorod intensity factor is greater than in St.-Petersburg. Stomata are less open in the case of Belgorod, it is a response to drought. On the sheet we found simple nonglandular and peltate trichomes. In Belgorod leaf has a greater number of trichomes, glandular trichomes synthesis intensity is higher than in St. Petersburg. In Belgorod leaf has a greater number of trichomes, glandular trichomes synthesis rate is higher compared to St.-Petersburg. Cuticle layer in Belgorod is uniform and thickens near the trichomes. In the context of St. Petersburg cuticle is not expressed. In terms of Belgorod *Ribes nigrum* leaf showing signs of xeromorphy.

Введение

В настоящее время существуют разные математические подходы для анализа морфо-анатомических параметров, характеризующих взаимодействие генотипа и среды [Кильчевский, Хотылева, 1989]. Задача состоит в том, чтобы адаптировать их к разным этапам селекционного процесса для получения оперативной информации об морфо-анатомических ответных реакциях на факторы окружающей среды, о потенциале ассимилирующей способности, о реакциях, отражающих угнетающее влияние лимитирующих факторов.

Решение этой задачи ведет к повышению эффективности отбора сортов с заданными экологическими параметрами (с общей или специфической адаптивной способностью) для конкретных регионов.

Объекты и методы исследований

Объектом исследования стала смородина черная (*Ribes nigrum* L.) сорта Память Мичурин, который районирован во всех областях Центрально-Черноземной зоны и широко распространен в европейских регионах России, 2007-го года посадки.



В природе ареал *R. nigrum* охватывает практически всю территорию Европы, лесную зону европейской части России, Сибири (от Урала до Енисея и озера Байкал), Казахстан, Китай и север Монголии. Смородина черная интродуцирована в Северную Америку. Широко культивируется. Произрастает по береговым зарослям, во влажных лиственных, смешанных и хвойных лесах и по их окраинам, в ольшаниках, по берегам рек, озер, по окраинам болот и на влажных пойменных лугах, одиночно и небольшими зарослями. Растение предпочитает хорошо освещенные места, хотя мирится и с полутенью, но при этом реже цветет. Предпочитает легкие рыхлые, хорошо увлажненные плодородные суглинки, на почвах с повышенной кислотностью растет плохо.

Растения выращивались в г. Белгороде на территории Ботанического сада НИУ «БелГУ», в г. Санкт-Петербурге (СПб) – на территории частного участка (в районе Пулковской обсерватории).

Материал отбирался с растений 4–5-тилетнего возраста. В Белгороде исследование проводили в 2009 году, в Санкт-Петербурге – в 2014 году.

Отбирались полностью сформированные листья с годовых приростов (7-й от основания прироста) с учетом их морфологического адреса, освещенности в утренние часы.

Консервация листьев проводилась общепринятым способом в смеси: спирт, вода, глицерин (1:1:1). Приготовление препаратов эпидермиса проводилось по модифицированной методике [Резанова, 2010].

Изучение эпидермиса и его структур проводилось с помощью СМ Levenhuk 320, видеокамеры Levenhuk С310 NG, окуляр-микрометр МОВ-1-15×У4.2, для изучения особенностей отложения кутикулярного слоя использовали РЭМ Quanta 200 3D. Для измерения толщины листа, толщины адаксиального и абаксиального эпидермиса делали срезы. В анатомическом исследовании учитывались признаки зрелых, полностью сформированных структур при 70–75-кратной повторности измерений. В средней части листа между жилками подсчитывали концентрацию устьиц на 1 мм² абаксиального эпидермиса. Измеряли площадь устьица устьичной щели, вычисляли степень открытости устьиц (СОУ, %) [Кузнецов, Голышкин, 2006; Резанова, Бакшуттов, 2011]. Измеряли площадь и периметр основных клеток адаксиального и абаксиального эпидермиса, вычисляли коэффициент извилистости антиклинальных стенок по формуле:

$$K_u = \frac{P_{осн.кл.}}{S_{осн.кл.}} \times 100;$$

где P – периметр основных клеток эпидермиса; S – площадь основных клеток эпидермиса.

Расчет объема клетки палисадной мезофиллы, имеющей удлиненную форму, производился по формуле:

$$V = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 \times \left((h - d) + 2 \frac{d}{3} \right);$$

где d – диаметр палисадной клетки, h – высота палисадной клетки [Меньшакова, 2006].

Для расчета коэффициента интенсивности газообмена (K_g) перемножалось количество устьиц на 1 мм² поверхности листа на площадь устьичной щели.

Для определения интенсивности синтеза эфирных масел на поверхности листа определялась концентрация пельтатных железок на единицу абаксиальной поверхности листовой пластинки, их площади и площади субкутикулярных полостей. Коэффициент интенсивности синтеза пельтатных железок определяли по формуле [Резанова и др., 2012]:

$$K_{жс} = S_{с.п.} \times N;$$

где $S_{с.п.}$ – площадь субкутикулярной полости пельтатной железки; N – число трихом на 1 мм² площади листовой пластинки.

Экспериментальные данные обрабатывались методом дисперсионного анализа [Доспехов, 1985; Зайцев, 1991] с использованием программного обеспечения EXCEL (Microsoft Office 2003). По результатам находили: средние статистические значения, ошибку среднего. Сравнение достоверности двух выборок производили с помощью критерия Стьюдента.

Экспериментальная часть

В 2009 году в г. Белгороде наблюдались резкие колебания температуры, засуха; сумма положительных среднесуточных температур за вегетационный период – 3460°C, сумма осадков – 249 мм. В г. Санкт-Петербурге в 2014 году сумма положительных среднесуточных температур за вегетационный период – 2440°C, сумма осадков – 388 мм.

Принято считать, что листья, развившиеся в условиях внешней и внутренней сухости, обладают более мелкоклеточными анатомическими элементами [Васильев, 1988]. Однако возникновение мелкоклеточности строения не есть еще проявление ксероморфии.

Согласно плану описания строения листа, основные клетки абаксиального и адаксиального эпидермиса, сформированного в условиях Белгорода, можно назвать крупными. В условиях Санкт-Петербурга основные клетки адаксиального эпидермиса средних размеров, основные клетки абаксиального эпидермиса мелкоклеточные.

В нашем исследовании размеры основных клеток адаксиального эпидермиса, сформированного в условиях Санкт-Петербурга, имеют тенденцию к снижению, различия достоверны, что не подтверждает литературные данные. Для абаксиального эпидермиса характерна такая же тенденция (табл. 1).

Таблица 1

Table 1

Характеристика основных клеток адаксиального и абаксиального эпидермиса листа *R. nigrum* в разных климатических условиях
Characteristics of the main cell adaxial and abaxial leaf epidermis *R. nigrum* in different climates

Эпидермис	S основных клеток, мкм ²		K _n ¹ , мкм ⁻¹	
	Белгород	СПб	Белгород	СПб
Адаксиальный	2100.50±30.50	665.02±26.90**	11.44±0.64	3.17±0.47
Абаксиальный	1141.80±27.16	334.79±14.41**	12.95±0.33	4.66±0.70

Примечание: * – достоверные отличия при уровне вероятности 0.95; ** – при уровне вероятности 0.99 (контроль – растения, сформированные в условиях г. Белгорода); ¹K_n – коэффициент извилистости антиклинальных стенок.

На размер и форму основных клеток адаксиального эпидермиса влияют прилегающие к нему клетки столбчатого мезофилла. При растяжении их в диаметре увеличиваются в размерах и основные клетки эпидермиса, корреляция достоверная прямая средней силы (r=0.836).

В климатических условиях Белгорода полностью сформированные листья имеют более крупные клетки столбчатого мезофилла, имеющие больший диаметр, соответственно, и основные клетки адаксиального эпидермиса более крупные (табл. 2).

Таблица 2

Table 2

Морфо-анатомическая характеристика тканей листа *R. Nigrum* в разных климатических условиях
Morphological and anatomical characteristics of leaf tissue *R. nigrum* in different climates

Условия выращивания	d ¹ столбчатых кл. мезофилла, мкм	V ² кл. столбчатого мезофилла, мкм ³	T ³ адаксиального эпидермиса, мкм	T ³ абаксиального эпидермиса, мкм
Белгород	19.52±1.33	18041.7±1968.88	26.03±0.682	30.05±5.90
СПб	12.25±0.24**	3188.85±166.33**	14.61±0.55**	11.53±0.22**

Примечание: * – достоверные отличия при уровне вероятности 0.95; ** – при уровне вероятности 0.99 (контроль – растения, сформированные в условиях Белгорода); ¹d – диаметр клеток; ²V – объем клеток; ³T – толщина клеток.

Достоверным является снижение коэффициента извилистости антиклинальных стенок основных клеток адаксиального эпидермиса у листьев растений сформированных в условиях Санкт-Петербурга. Такая же закономерность характерна для основных клеток абаксиального эпидермиса (см. табл. 1).

Степень извилистости стенок эпидермальных клеток зависит от условий произрастания растений. У особей, выросших при интенсивном освещении, волнистость выражена слабее по сравнению с затененными растениями [Эсау, 1969]. Согласно одной из точек зрения, появление волнистости стенок обусловлено напряжением, возникающим между эпидермальными и подстилающими клетками в процессе роста. Другие представляют себе образование волнистости следующим образом. На ранних стадиях развития стенки эпидермальных клеток прямые, но если затвердевание кутикулы происходит медленно, оболочки также долгое время продолжают разрастаться, вследствие чего образуются складки [Сытник, 1978].

У большинства растений толщина основных клеток адаксиального и абаксиального эпидермиса в условиях Санкт-Петербурга имеют тенденцию к уменьшению по сравнению с условиями Белгорода, причем для верхнего эпидермиса эти различия более существенные, различия достоверны (см. табл. 2).

Предполагаем, что интенсивный рост клеток столбчатого мезофилла вызывает растяжение основных клеток адаксиального эпидермиса в одной плоскости, что ведет к снижению их размеров в другой плоскости, таким образом, уменьшается толщина основных клеток эпидермиса.

Возможности электронного микроскопа позволяют оценить мощность кутикулярного слоя. На адаксиальной поверхности листовых пластинок смородины черной, сформированных в условиях Белгорода кутикулярный слой однородный, основные клетки имеют выпуклые проекции (рис. 1).

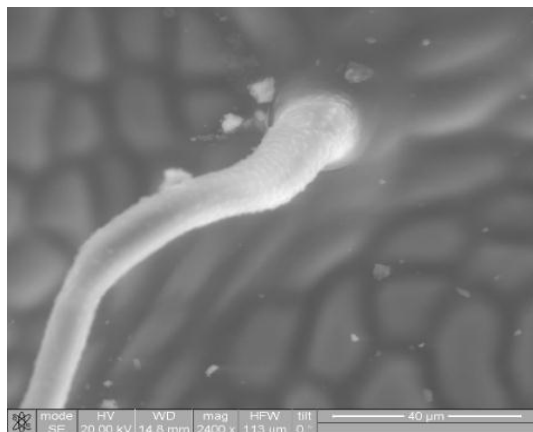


Рис. 1. Адаксиальная поверхность листовой пластинки *R. nigrum*, сформированная в условиях г. Белгорода (ЭМ, $\times 2000$)

Fig. 1. Adaxial leaf surface *R. nigrum*, Belgorod (EM, $\times 2000$)

Абаксиальная поверхность листа смородины черной в условиях Белгорода не имеет мощного кутикулярного слоя, основные клетки эпидермиса имеют выпуклую поверхность (рис. 2). В условиях Санкт-Петербурга основные клетки эпидермиса также имеют выпуклую поверхность, кутикулярный слой не выражен.

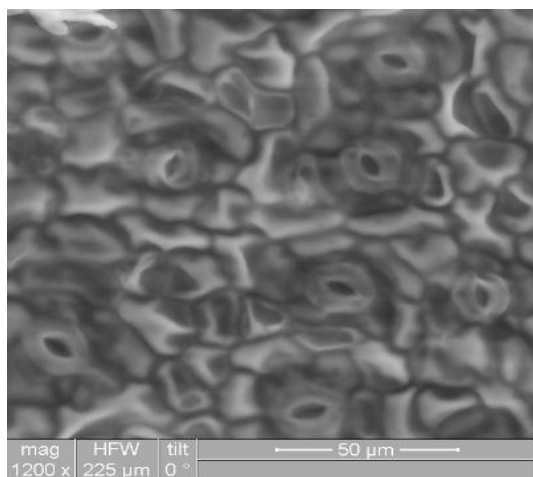


Рис. 2. Абаксиальная поверхность листовой пластинки *R. nigrum*, сформированного в условиях Белгорода (ЭМ, $\times 1200$)

Fig. 2. Abaxial leaf surface *R. nigrum*, Belgorod (EM, $\times 1200$)

Устьичный аппарат. Состояние устьичного аппарата зависит от многих факторов, связанных с поступлением веществ в растение через корневую систему. Все вещества изменяют тургор замыкающих клеток устьиц и окружающих клеток эпидермиса.

Можно предположить, что в открывании и закрывании устьиц участвуют несколько механизмов. Это внутренние факторы, связанные с потреблением растениями различных веществ, меняющих тургор и взаимоотношение замыкающих клеток устьиц и окружающих их клеток эпидермиса. Другой механизм или группа механизмов связана с воздействием разных факторов среды на надземную часть растений. Она же будет изменяться в ходе приспособлений растений к определенным условиям окружающей среды.

Лист гипосамотический: устьица находятся только на абаксальной стороне листа, они располагаются без определенного порядка, тип устьичного аппарата аномоцитный. У смородины черной и в условиях Белгорода, и в условиях Санкт-Петербурга устьица несколько выступают над соседними клетками (см. рис. 2).

Число устьиц на 1 мм^2 поверхности листа изучаемых видов в условиях Белгорода по стандартным обозначениям среднее, а в условиях Санкт-Петербурга – малое [Васильев, 1988]. На абаксальной поверхности в условиях Белгорода формируется значительно меньше устьиц,

чем в условиях Санкт-Петербурга. Площадь устьиц в условиях Белгорода достоверно больше, чем в условиях Санкт-Петербурга (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Характеристика устьиц листьев *R. nigrum*, сформированных в разных климатических условиях
Characteristics of leaf stomata *R. nigrum*, formed in different climatic conditions

Условия формирования	S устьица, мкм ²	S устьичной щели, мкм ²	Число устьиц на 1 мм ²	¹ СОУ, %	² К _г , мкм ² /мм ²
Белгород	851.49±55.60	75.70±10.03	97.59±6.10	7.22±1.17	7387.56±60.10
СПб	322.05±9.27**	24.54±1.53**	203.20±4.78**	7.75±0.44	4986.53±7.31

Примечание: * – достоверные отличия при уровне вероятности 0.95; ** – при уровне вероятности 0.99 (контроль – растения, сформированные в условиях Белгорода), ¹СОУ – степень открытости устьиц, ²К_г – коэффициент интенсивности газообмена устьиц.

Увеличение площади устьиц на поверхности листа в условиях Белгорода свидетельствует о больших возможностях газообмена одного устьица, который необходим для фотосинтеза, дыхания, транспирации. Увеличение числа устьиц на единицу поверхности листьев, сформированных в условиях Санкт-Петербурга может рассматриваться как приспособление к увеличению интенсивности транспирации в условиях большей влажности.

СОУ характеризует интенсивность газообмена одного устьица [Шведова, 1992]. При воздействии неблагоприятных факторов (засуха), СОУ снижается. Этот защитный механизм, который предотвращает высыхание листа, однако и снижает интенсивность фотосинтеза. В условиях Белгорода СОУ имеет тенденцию к снижению, что мы расцениваем, как реакцию на жаркие и сухие периоды, характерные для белгородского лета.

Если учесть общее число устьиц, пересчитать пропускную поверхность устьиц на единицу поверхности листа, окажется, что интенсивность газообмена выше у листьев, сформированных в условиях Белгорода (см. табл. 3).

Рассчитанный коэффициент интенсивности газообмена более объективно характеризует этот процесс, так как включает в себя несколько параметров. Таким образом, по косвенным признакам можно предположить о большей интенсивности фотосинтеза у растений в условиях Белгорода, с большей солнечной радиацией.

Трихомы. Смородина черная имеет два вида трихом: нежелезистые простые, железистые многоклеточные (пелътатные).

Трихомы находятся только на абаксиальной поверхности. Простые трихомы концентрируются на жилках, пелътатные железки есть на жилках и вне их (рис. 3А). У смородины, сформированной в условиях Санкт-Петербурга, отмечены единичные короткие одноклеточные кроющие трихомы на жилках, а также единичные пелътатные трихомы (рис. 3Б). В условиях Белгорода кроющие трихомы более длинные.

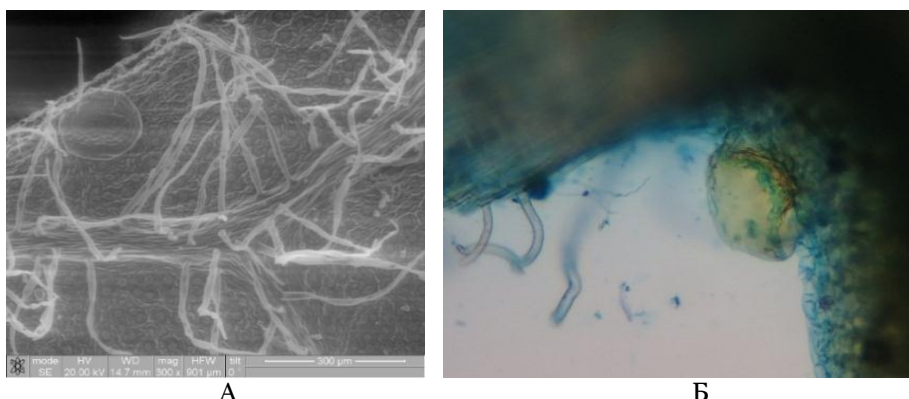


Рис. 3. Абаксиальная поверхность листа смородины черной: А – в условиях Белгорода (ЭМ, ×300); Б – в условиях Санкт-Петербурга (световой микроскоп (СМ), ×250)
Fig. 3. Abaxial surface of the sheet of *R. nigrum*: А – Belgorod (EM, ×300); В – St. Petersburg (light Microscope, × 250)

Простые кроющие трихомы в условиях Белгорода имеют чешуйчатую поверхность основные клетки у основания трихомы имеют кутикулярный налет в виде валика (рис. 4А). На поверхности пелътатных железок кутикула формирует однородный слой (рис. 4Б).

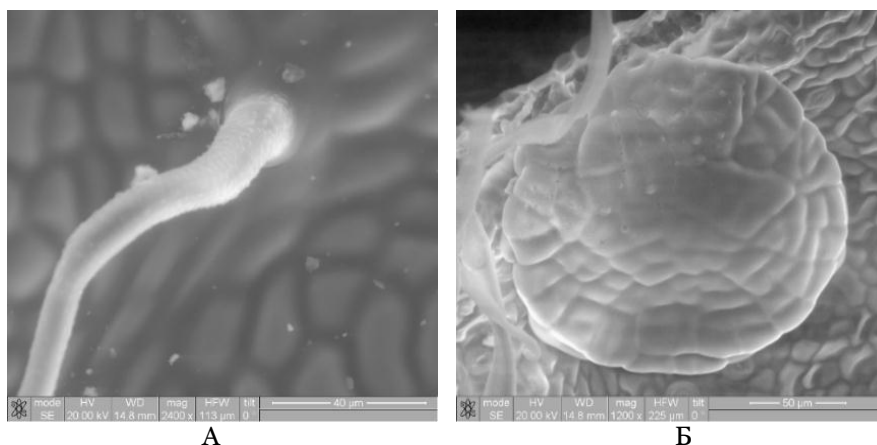


Рис. 4. Классификация трихом смородины черной: А – кроющие трихомы (ЭМ, ×2000),
Б – пельчатые трихомы (ЭМ, ×1000)

Fig. 4. Classification of trichomes of *R. nigrum*: A – the simple nonglandular trichome (EM, ×2000),
B – peltate trichomes (EM, ×1000)

Площадь железок и их субкутикулярных полостей значительно больше в условиях Санкт-Петербурга (в условиях Белгорода с низкой влажностью они высыхают), однако число их на единицу поверхности достоверно меньше (табл. 4).

Таблица 4
Table 4

Характеристика пельчатых трихом *R. nigrum* в разных климатических условиях
Characteristics of peltate trichomes *R. nigrum* in different climates

Условия формирования	S пельчатн. желез, мкм ²	S субкутикуляр-ной полости, мкм ²	¹ N, шт/мм ²	² K _ж , мкм ³ /мм
СПб	1411.94±47.88**	227.28±19.31**	0.353±0.038**	80.23±4.01**
Белгород	76.62±3.81	14.29±1.78	13.63±2.25	194.77±9.74

Примечание: * – достоверные отличия при уровне вероятности 0.95; ** – при уровне вероятности 0.99 (контроль – растения, сформированные в условиях Белгорода); ¹N – число пельчатых трихом на 1 мм² поверхности листа; ²K_ж – коэффициент интенсивности синтеза эфирных масел пельчатными трихомами на 1 мм² поверхности листа.

На полностью сформированных листьях, испытавших все особенности климатических условий Белгорода, встречаются пельчатные трихомы сморщенные, с поврежденной кутикулой, утолщенные (рис. 5).

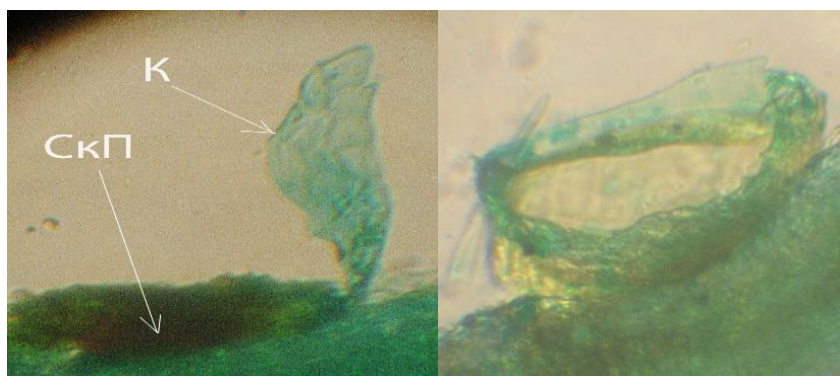
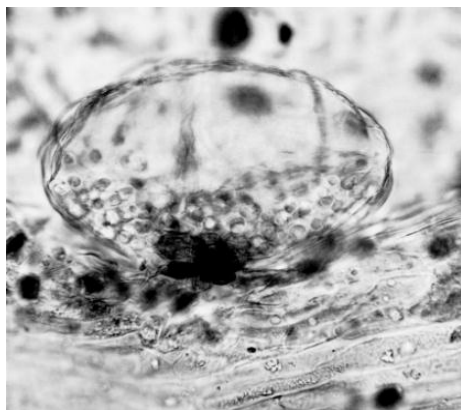


Рис. 5. Пельчатные трихомы смородины черной в условиях Белгорода (СМ, ×1500):
К – кутикула; СкП – субкутикулярная полость

Fig. 5. Peltate trichomes of *R. nigrum* in Belgorod (light Microscope, ×1500):
K – cuticle; СкП – subcuticular cavity



В условиях Санкт-Петербурга пельтатные трихомы более выпуклые, округлые (рис. 6).

Рис. 6. Пельтатные трихомы смородины черной в условиях Санкт-Петербурга (СМ, $\times 1200$)
 Fig. 6. Peltate trichomes of *R. nigrum*, St.-Petersburg (light Microscope, $\times 1200$)

Коэффициент интенсивности синтеза эфирных масел пельтатными трихомами на единицу поверхности листа, сформированного в условиях Белгорода, имеет достоверно большие значения, по сравнению с листьями, сформированными в условиях Санкт-Петербурга.

Заключение

Лист обладает высокой изменчивостью, он чувствителен к изменению абиотических факторов среды. Изменчивость тканей отражает приспособительные механизмы к лимитирующим факторам среды. Наиболее чувствительной к факторам среды является поверхность листовой пластинки.

В условиях г. Белгорода основные клетки абаксиального и адаксиального эпидермиса имеют большую площадь и меньшую толщину, чем в условиях г. Санкт-Петербурга. На размер основных клеток адаксиального эпидермиса влияют прилегающие к нему основные клетки столбчатого мезофилла. В условиях Белгорода они также крупнее (корреляция сильная, $r=0.836$). В условиях Белгорода основные клетки имеют более извилистые антиклинальные стенки, этот признак можно охарактеризовать, как ксероморфный.

В условиях Белгорода СОУ имеет тенденцию к снижению, их число достоверно ниже на 1 мм^2 поверхности листа, что расценивается, как защитные механизмы в ответ на жаркие и сухие периоды белгородского лета.

Коэффициент интенсивности газообмена учитывает число устьиц и СОУ более объективно характеризует газообмен листовой пластинки. Он значительно больше в условиях Белгорода, что характеризует больший потенциал газообмена, связанный с большей интенсивностью фотосинтеза, транспирацией и дыханием.

На абаксиальной поверхности листа смородины черной имеются простые кроющие трихомы и железистые пельтатные. В условиях Белгорода опушенность достоверно выше, чем в условиях Санкт-Петербурга, что мы расцениваем, как проявление ксероморфного строения.

В условиях Санкт-Петербурга формируются листья, имеющие одиночные трихомы, концентрирующиеся на жилках. Пельтатные трихомы достоверно более крупные, выпуклые.

В условиях Белгорода большой процент трихом высохших с поврежденной кутикулой, сморщенных, что отражает влияние засухи на лист. Коэффициент интенсивности синтеза пельтатных трихом отражает интенсивность синтеза эфирных масел на 1 мм^2 листа, он значительно выше в условиях Белгорода, что характеризует защитные функции пельтатных трихом на действие засухи.

Кутикулярный слой на поверхности абаксиальной и адаксиальной поверхности в условиях Белгорода однородный, утолщается только у основания трихом и на поверхности пельтатных трихом, в условиях Санкт-Петербурга он не выражен.

Список литературы

References

1. Васильев Б.Р. 1988. Строение листа древесных растений различных климатических зон. Л., Изд-во Ленинградского университета, 208.
 Vasil'ev B.R. 1988. Stroenie lista drevesnyh rastenij razlichnyh klimaticheskikh zon [Sheet structure of woody plants of different climatic zones]. Leningrad, Izd-vo Leningradskogo universiteta, 208. (in Russian)
2. Доспехов Б.А. 1985. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки). М., Агропромиздат, 351.
 Dosp'ehov B.A. 1985. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki) [The technique of field experience (with the basics of statistical processing)]. Moscow, Agropromizdat, 351. (in Russian)
3. Зайцев Г.Н. 1991. Математический анализ биологических данных. М., Наука, 184.



- Zajcev G.N. 1991. Matematicheskij analiz biologicheskikh dannyh [Mathematical analysis of biological data]. Moscow, Nauka, 184. (in Russian)
4. Кильчевский А.В., Хотылева Л.В. 1989. Генотип и среда в селекции растений. Минск, Наука и техника, 191.
- Kil'chevskij A.V., Hotyleva L.V. 1989. Genotip i sreda v selekcii rastenij [Genotype and Environment in plant breeding]. Minsk., Nauka i tehnika, 191. (in Russian)
5. Кузнецов, М.Н., Голышкин Л.В. 2006. Адаптивный ответ устьичного аппарата листа черной смородины на загрязнение тяжелыми металлами. В кн.: Состояние и перспективы развития ягодоводства в России. Материалы Всероссийской научно-методической конференции (г. Орел, 19–22 июня 2006 г.). Орел, Изд-во ВНИИСПК: 344.
- Kuznecov, M.N., Golyshkin L.V. 2006. Adaptive response of stomatal apparatus blackberry leaf on heavy metal pollution. In: Sostojanie i perspektivy razvitija jagodovodstva v Rossii. Materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoi konferencii (g. Orel, 19–22 ijunja 2006 g.) [Status and prospects of berry-culture in Russia. Materialy Vserossijskoj nauchno-metodicheskoi konferencii (Orel, 19–22 June 2006)]. Orel, Izd-vo VNIISPК: 344. (in Russian)
6. Меньшакова М.Ю. 2006. Онтогенез и изменчивость анатомической структуры листьев видов семейства Ericaceae Juss. в разных экосистемах бореальной зоны и субарктики. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 21.
- Men'shakova M.Ju. 2006. Ontogenez i izmenchivost' anatomicheskoi struktury list'ev vidov semejstva Ericaceae Juss. v raznyh jekosistemah boreal'noj zony i subarktkiki [Ontogenesis and variability of the anatomical structure of leaves species of Ericaceae Juss. in different ecosystems of boreal and subarctic]. Abstract. diss. ... cand. boil. sciences. Petrozavodsk, 21. (in Russian)
7. Резанова Т.А. 2010. Морфо-анатомические и экологические особенности *Ribes americanum* Mill. при интродукции на юге Среднерусской возвышенности. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Саратов, 20 с.
- Rezanova T.A. 2010. Morfo-anatomicheskie i jekologicheskie osobennosti *Ribes americanum* Mill. pri introdukcii na juge Srednerusskoj vozvys'hennosti [Morpho-anatomical and ecological features of *Ribes americanum* Mill. when introduced in the south of Upland]. Abstract. diss. ... cand. boil. sciences. Saratov, 20. (in Russian)
8. Резанова Т.А., Бакшуттов С.А. 2011. Адаптивные особенности поверхности листа у видов рода *Crataegus* L. (Rosaceae Juss.). Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки, 15 (9-2): 21–28.
- Rezanova T.A., Bakshutov S.A. 2011. Adaptive features of the leaf surface in species of the genus *Crataegus* L. (Rosaceae Juss.). Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 15 (9-2): 21–28. (in Russian)
9. Резанова Т.А., Сорокопудов В.Н., Чеканов Н.А., Бурменко Ю.Н. 2012. Способ оценки функциональной активности пельтатных железок. Патент РФ №2455818. Бюл. 20.
- Rezanova T.A., Sorokopudov V.N., Chekanov N.A., Burmenko Ju.N. 2012. A method for evaluating the functional activity peltatnyh glands. Patent RF №2455818. Bull. 20. (in Russian)
10. Сытник, К.М., Мусатенко, Л.И., Богданова Т.Л. 1978. Физиология листа. Киев, Наукова думка, 392.
- Sytnik, K.M., Musatenko, L.I., Bogdanova T.L. 1978. Fiziologija lista [Physiology of plant leaves]. Kiev, Naukova dumka, 392. (in Russian)
11. Шведова О.Е., Шмат'ко И.Г. 1992. Структурно-функциональное состояние устьиц при водном и температурном стрессах. Физиология и биохимия культурных растений, 24 (2): 107–116.
- Shvedova O.E., Shmat'ko I.G. 1992. Structural and functional state of stomata under water and temperature stress. Fiziologija i biohimija kul'turnyh rastenij [Physiology and biochemistry of cultivated plants], 24 (2): 107–116. (in Russian)
12. Эсау К. 1969. Анатомия растений. Пер. с англ. М., «Мир», 572. (Esay K. 1969. Plant anatomy. Wiley; 2nd edition, 567).
- Esay K. 1969. Anatomija rastenij [Plant anatomy]. Moscow, Mir, 572. (Esay K. 1969. Plant anatomy. Wiley; 2nd edition, 567).

УДК 631.4

**УВЕЛИЧЕНИЕ ВСХОЖЕСТИ РЕДИСА С ПОМОЩЬЮ ГИДРОГЕЛЯ
НА РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ ПОЧВ**
**INCREASE OF RADISH GERMINATION USING HYDROGEL IN VARIOUS
TYPES OF SOILS**

Т.Г. Воскобойникова, А.А. Околелова, Р.О. Манов
T.G. Voskoboynikova, A.A. Okolelova, R.O. Manov

Волгоградский государственный технический университет, Россия, 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28
Volgograd State Technical University, 28 Lenin Av., Volgograd, 400005, Russia

E-mail: ruslan-manov@mail.ru

Ключевые слова: гидрогель, акриламид, светло-каштановые почвы, солончак, солонец, редис розовый, фитопродуктивность.

Key words: hydrogel, acrylamide, light chestnut soils, saline, sodic soil, pink radish, phytoproductivity.

Аннотация. Проведен эксперимент по определению всхожести семян редиса розового с использованием полиакриламидного гидрогеля «Акрилекс П-150» на различных типах почв (светло-каштановая, солонец, солончак). Эксперимент длился 21 день. Опыт проводили в вариантах с гидрогелем и без него (контроль). Все варианты почв, в которые был внесен гидрогель, имеют лучшие показатели по сравнению с контролем. Наибольшая эффективность применения гидрогеля отмечена на солонце. Для оценки положительного влияния гидрогеля на свойства почв предложен показатель «фитопродуктивность» и формула его определения. Фитопродуктивность светло-каштановой почвы и солончака при использовании гидрогеля составила 17 и 16% соответственно, солонца – 100%.

Resume. Germination of seeds is directly dependent on the wetness of the soil, from which they receive the nutrients. To ensure soil moisture in arid zones with constant shortage of rainfall we propose to use polyacrylamide hydrogel. The aim of our research was to give a scientific substantiation of the usage of the polymer hydrogel to improve conditions for seed germination and plant nutrition in different types of soil. In this paper, features and application prospects of the moisture-swelling polymer "Acrilex P-150" are discussed. Model experiments were conducted in order to study the effect of the hydrogel on the soil properties. We have selected three types of soil to solve this problem: light chestnut soils, saline and sodic soil. The experiment lasted 21 days. The experiment was conducted in two variants: with hydrogel and without it (control). 10 seeds of pink radish were planted in all variants of the experiment.

All variants of the soil with hydrogel have better indicators compared to the control samples.

In the light chestnut soils with hydrogel the germination of radish reached 95%, without hydrogel – 10%, in the saline 90% and 5% respectively. In the sodic soil in experiments with hydrogel the germination of seeds reached 50% and without hydrogel not a single germ came up. Seedlings in all variants with hydrogel are higher than those without it. The beginning of germination of seeds in the experiments with hydrogel increases in the series of light chestnut soils (on the sixth day), saline (on the ninth day) and sodic soil (on the fourteenth day).

The highest efficiency of the hydrogel is marked on sodic soil.

To evaluate the positive impact of the hydrogel on the soil properties we suggested the indicator "phytoproductivity", its defining formula and grading of its values. Phytoproductivity of the light chestnut soil and saline using the hydrogel was 17 and 16% respectively and of sodic soil – 100%.

Введение

Гидрофильные акриловые полимеры находят широкое применение в различных областях народного хозяйства как суперабсорбенты. Перспективной сферой их использования является производство влагоудерживающих препаратов для нужд сельского хозяйства, декоративного и приусадебного растениеводства [Максимова, 2010].

Полиакриламидный гидрогель (ПААГ) – это гетерогенная система, дисперсной фазой которой служит пространственная сетка, образованная макромолекулами полимера. Он представляет собой сшитый сополимер акриламида и акриловой кислоты, нерастворимый в воде [Юскаева, 2010]. Его особенность состоит в том, что под действием воды гранулы быстро набухают, удерживая при этом в сотни раз большее, по отношению к своему весу, количество воды и содержащиеся в ней питательные элементы. Результаты экспериментальных исследований показали возможность использования гидрогелей для улучшения влагоудерживающей способности почв [Куренков, 1997; Тибириков, Филин, 2013; Наумов и др., 2014; Воскобойникова и др., 2012].

Всхожесть семян напрямую зависит от содержания в почве влаги, из которой они получают и питательные элементы. При постоянном дефиците атмосферных осадков в аридных



зонах необходимы меры по обеспечению почв влагой. Для этого используют классические методы – лесопосадки, снегозадержание, кулисы высокостебельчатых трав. Мы предлагаем для этих целей апробировать бисерные полиакриламидные гидрогели.

Цель наших исследований заключалась в научном обосновании использования полимерного гидрогеля для улучшения условий прорастания семян и питания растений на различных типах почв.

Объекты и методы исследования

В данной работе рассмотрены особенности и перспективы применения влагонабухающего полимера «Акрилекс П-150». Проведены модельные опыты по изучению влияния гидрогеля на свойства почв. Для решения поставленной задачи нами были отобраны три типа почв: светло-каштановая легкосуглинистая, солончак гидроморфный (в черте Волгограда) и солонец среднесуглинистый, (Городищенский район Волгоградской области). Морфологическая характеристика, содержание водорастворимых ионов, структура почв, места отбора проб описаны нами ранее. [Околелова и др., 2012, 2013]. Почвы карбонатны, по типу засоления – хлоридные (светло-каштановые легкосуглинистые) и хлоридно-сульфатные (засоленные, тяжелосуглинистые).

Эксперимент длился 21 день. Опыт проводили в вариантах с гидрогелем и без него (контроль) в двукратной повторности. Все опыты, включая контроль, поливали равным количеством воды. Влагоудерживающая способность гидрогеля была исследована нами ранее [Воскобойникова и др., 2012]. В горшочки с 50 граммами почвы вносили по 1 г гидрогеля, в первый же день добавили 20 мл воды. По мере впитывания добавляли в каждый вариант по 10–20 мл воды. Всего было прилито 185 мл воды. Во все варианты высадили по 10 семян редиса розового [ГОСТ Р ИСО 22030-2009].

Нами была определена водопоглощающая способность гидрогеля. В сухой форме бисерный полимер представляет собой гранулированный кристаллический препарат белого цвета, с размером частиц 40–120 мк, предельной молекулярной массой 150000 г/моль, один грамм которого аккумулирует 75% воды. После высушивания он вновь способен сорбировать более 50% воды от своего веса [Воскобойникова и др., 2014].

Лабораторная часть исследований включала определение в 0–20 см слое почв: плотности – буром Н.А. Качинского, структурно-агрегатного состава по методу Н.И. Саввинова, сокращенный анализ гранулометрического состава почвы – по методу Н.А. Качинского, рН водный – потенциометрически [ГОСТ 26423-85], органического углерода – по И.В. Тюрину в модификации Д.С. Орлова и Л.А. Гришиной со спектрофотометрическим окончанием, поглощенные катионы по ГОСТу [ГОСТ 26487-85].

Результаты и их обсуждение

Свойства почв. В хорошо агрегированных почвах основные запасы питательных элементов, микроагрегатов, влаги находятся внутри агрегатов. «Именно почвенные агрегаты обуславливают почвенное плодородие. Так как в их поровом пространстве хранятся питательные вещества, влага, которые потребляют растения» [Шеин, 2005, с. 14]. По содержанию агрономически ценных агрегатов (мезоагрегаты, размером 0.25–10 мм) структурное состояние почв хорошее, по величине АФИ в диапазоне 50–100 – водостойчивость оценивают как удовлетворительную [Шеин, 2005]. Плотность обуславливает формирование объемов порового пространства, мест обитания почвенной биоты и микроорганизмов. Уплотнение почв замедляет рост растений. Нормальный газообмен нарушается при плотности выше 1.45 г/см³ [Вальков и др., 2006]. В исследуемых почвах величина плотности близка к таковой в солонце, и превышает это значение в солончаке (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Характеристика структурного состояния верхнего горизонта почв
Characteristics of the structural state of the surface soil layer

Тип почвы	Содержание мезоагрегатов, %	K _c	АФИ	P _{общ} , %	d, г/см ³
Светло-каштановая	73.74	2.80	66.91	74.64	1.35
Солонец	69.32	2.76	69.21	87.13	1.44
Солончак	65.91	2.67	74.39	89.76	1.50

Порозность почв возрастает в ряду от светло-каштановых почв к солонцу и солончаку соответствует почвам тяжелого гранулометрического состава. При значении коэффициента структурности (K_c) больше 1.5 структурное состояние почвы оценивают как отличное. Но только структурные показатели не могут быть основными для оценки продуктивности почв, особенно засоленных. Нами изучены химические свойства почв.

Известная закономерность: чем больше в почвах органического углерода, тем ниже плотность (d), проявляется и в исследуемых почвах. Провинциальными особенностями почв Волгоградской области является их малогумусность, что отчетливо видно при оценке органического углерода в почвах опыта. Содержание $C_{орг}$ в светло-каштановой почве и солонце типично для этих типов почв области, в солончаке очень низкое.

Большая концентрация катионов кальция в светло-каштановых почвах влияет на более высокое значение pH. Анализ содержания поглощенных катионов в исследуемых почвах позволил выявить следующие закономерности. Максимальная доля поглощенных катионов определена в солончаке, минимальная – в светло-каштановой почве.

Наибольшее обогащение почвы поглощенным кальцием отмечено в солончаке и солонце, минимальное – в светло-каштановой почве. Содержание поглощенного магния значительно ниже, чем кальция. Доля магния в солончаке – высокая, в солонце – низкая. Сумма водорастворимых солей в галоморфных почвах в 12.25 (солончак) и 9.15 раз (солонец) выше, чем в светло-каштановой почве. Максимальное содержание натрия выявлено в солонце и солончаке. Минимальная доля поглощенного натрия отмечена в гумусовом горизонте светло-каштановой почвы (табл. 2). Внедрение натрия в ППК снижает влагопроводность почвы.

Таблица 2
Table 2

Химические свойства верхнего горизонта почв
Chemical properties of the surface soil layer

Тип почвы	Kat, мг-экв./100 г	Поглощенные основания, мг-экв./100 г				Σ водоразрешимых солей, %	$C_{орг}$, %	pH
		Ca	Mg	Na	Na/ЕКО			
Светло-каштановая	22.50	17.65	4.45	0.40	1.78	3.34	1.26	8.21
Солонец	30.30	24.50	4.10	1.70	5.61	30.56	0.90	7.88
Солончак	34.02	25.52	6.35	2.15	6.32	40.92	0.31	7.93

При проведении опыта со светло-каштановой почвой были определены следующие особенности. В опытах без гидрогеля на шестой день появилось два проростка (вариант №2). К концу эксперимента они вытянулись до высоты 4.7 и 6.5 см соответственно. В варианте №1 на тринадцатый день появился один росток, на двадцатый он засох (табл. 3).

Таблица 3
Table 3

Влияние гидрогеля на всхожесть семян
Effect of hydrogel on seed germination

Тип почвы	Светло-каштановая				Солончак				Солонец			
	без геля		с гелем		без геля		с гелем		без геля		с гелем	
Наличие геля	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Число ростков на 6 день эксперимента, шт (ГОСТ 12038-84)	0	2	10	9	1	1	8	10	0	0	5	5
Число ростков на конец эксперимента, шт	0	2	10	10	0	0	9	10	0	0	7	7
Процент всхожести, % (ГОСТ 12038-84)	10		95		5		90		0		50	
Начало прорастания, дни	6		3		6		5		-		6	
Средняя высота ростков, см	5.6		6.75		4		4.75		0		1.75	

В вариантах с гидрогелем на третий день появилось 7 и 5 ростков соответственно (варианты №3 и №4). На шестой день их уже было 10 и 9. Десятый росток в четвертом варианте пророс на восьмой день исследований. К концу эксперимента их высота составила 3.0–8.7 см (№3) и 5.8–9.5 см (№ 4). Применение гидрогеля увеличило всхожесть семян на светло-каштановой почве с 10 до 95%, высоту проростков – с 5.6 до 6.75 см (см. табл. 3).

В контрольных вариантах (без гидрогеля) №5 и №6 в солончаке на шестой день появилось по одному ростку. К концу эксперимента они засохли, один на 13-й день, второй - на 15-й.



В опытах с гидрогелем на солончаке на пятый день проросло соответственно 7 (вариант №7) и 10 (вариант №8) семян. На шестой и девятый дни в седьмом варианте появилось еще по одному ростку. Их высота составляла 2.5–6.2 см (вариант №7) и 2.7–7.6 см (вариант №8). В солончаке применение гидрогеля привело к возрастанию всхожести редиса с 5 до 90%, высоты проростков – с 4 до 4.8 см (см. табл. 3).

В контрольных вариантах без гидрогеля (варианты №9 и №10) в солонце за время эксперимента редис не пророс. В обоих вариантах с гидрогелем в солонце на шестой день появилось по пять ростков. На восьмой день еще два в варианте №11 (всего 7), на одиннадцатый день – еще два (вариант №12). Их высота составила 1–3 см и 1–2 см, соответственно варианты №11 и №12. Использование влагоадсорбера позволило получить всхожесть семян, равную 50% (против ее отсутствия в опыте без гидрогеля).

Анализируя данные, представленные в таблице 3, можно сделать выводы, что с применением гидрогеля: всхожесть и скорость прорастания семян редиса возрастают. Низкую всхожесть редиса в галоморфных почвах можно объяснить наличием в них токсичных для растений солей. При прочих равных условиях очевидно положительное влияние гидрогеля даже в таких условиях. Более эффективно его применение в солонце. Начало прорастания семян в опытах с гидрогелем возрастает в ряду от светло-каштановой почвы (на шестые сутки), к солончаку (на девятые сутки) и солонцу (на четырнадцатые сутки). Высота проростков во всех вариантах выше в опытах с гидрогелем.

На сегодняшний день мы не нашли показателей, характеризующих положительное влияние какого-либо вещества на свойства почв. Для определения негативного влияния поллютантов на состояние почв существует показатель фитотоксичность.

Фитотоксичность почвы – это свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений. Необходимость определения этого показателя возникает при мониторинге химически загрязненных почв или при оценке возможности использования в качестве удобрений или мелиорантов различных отходов: осадков сточных вод, компостов, гидролизного лигнина [Волкова, Кондакова, 2002].

Фитотоксичность (Φ) рассчитывают по формуле [Грицай и др., 2014]:

$$\Phi = \frac{d_k - d_3}{d_k} * 100\%$$

где d_k , d_3 – соответственно высота ростка на контроле и на экспериментальном участке.

Эта формула заведомо полагает, что результаты на контрольном участке выше, чем на экспериментальном. Фитотоксичность позволяет выявить только деградационное или ингибирующее воздействие тех или иных веществ, но не их стимулирующее влияние.

В нашем эксперименте воспользоваться данной формулой мы не можем, так как применение гидрогеля привело к позитивным изменениям свойств почв по сравнению с контролем.

Для получения адекватной оценки результатов опыта мы предлагаем новый показатель оценки качества почв – фитопродуктивность (Φ_{Π}) и формулу ее определения:

$$\Phi_{\Pi} = \frac{|d_k - d_3|}{d_k} * 100\%$$

где d_k , d_3 – соответственно высота проростка в почвах без гидрогеля (контроль) и с гидрогелем.

Мы определяли фитопродуктивность методом проростков [Волкова, Кондакова, 2002]. Полученные данные позволили составить селективный ряд фитопродуктивности исследуемых почв: солончак (15.79%) ≤ светло-каштановая почва (17.04%) ≤ солонец (100%).

Выводы

1. Почвы малогусны, уплотнены. Карбонатны, по типу засоления – хлоридные (светло-каштановые легкосуглинистые) и хлоридно-сульфатные (засоленные, тяжелосуглинистые).

2. Увеличение всхожести семян редиса с помощью гидрогеля на различных типах почв позволило выявить, что в светло-каштановой почве с гидрогелем достигнута 95% всхожесть семян редиса, без гидрогеля – 10%, в солончаке соответственно 90% и 5%. В солонце в опытах с гидрогелем, отмечено прорастание 50% семян, без гидрогеля не вырос ни один росток.

3. В светло-каштановой почве средняя высота редиса в опытах с гидрогелем составила 6.75 см, без – 5.6 см, в солончаке гидроморфном с гидрогелем – 4.75 см, без него – 4 см, в солонце с гидрогелем – 1.75 см.

4. Начало прорастания семян в опытах с гидрогелем возрастает в ряду от светло-каштановой почвы (на шестые сутки), к солончаку (на девятые сутки) и солонцу (на четырнадцатые сутки).

5. Во всех вариантах высота проростков выше в опытах с гидрогелем.

6. Фитопродуктивность светло-каштановой почвы и солончака при использовании гидрогеля составила 17 и 16% соответственно, солонца – 100%.

Предложение – для оценки положительного влияния гидрогеля на свойства почв предложен показатель «фитопродуктивность» и формула его определения.

Список литературы

References

1. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. 2006. Почвоведение. М., МарТ, 496.
Val'kov V.F., Kazeev K.Sh., Kolesnikov S.I. 2006. Pochvovedenie [Soil science]. Moscow, MarT, 496. (in Russian)
2. Волкова И.Н., Кондакова Г.В. 2002. Экологическое почвоведение. Лабораторные занятия для студентов-экологов (бакалавров): методические указания. Ярославль, Изд-во Ярославского государственного университета, 35.
Volkova I.N., Kondakova G.V. 2002. Jekologicheskoe pochvovedenie. Laboratornye zanjatija dlja studentov-jekologov (bakalavrov): metodicheskie ukazanija [Environmental Soil Science. Laboratory classes for students of environmental (bachelors) guidelines]. Yaroslavl, Izd-vo Jaroslavskogo gosudarstvennogo universiteta, 35 (in Russian)
3. Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А. 2014. Повышение плодородия почв в сухостепной зоне с помощью гидрогелей. В кн.: Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути их решения. Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов (г. Юрга, 27–28 ноября 2014 г.). Томск, Изд-во Томского политехнического университета: 19–21.
Voskoboynikova T.G., Okolelova A.A. 2014. Boosting soil fertility in dry steppe zone using hydrogels. In: Jekologija i bezopasnost' v tehnosfere: sovremennye problemy i puti ih reshenija. Sbornik trudov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i studentov (g. Jurga, 27–28 nojabrja 2014 g.) [Ecology and safety in the technosphere: current problems and ways to solve them. Collection of works of Russian scientific and practical conference of young scientists and students (Yurga, 27-28 November 2014)]. Tomsk, Izd-vo Tomskogo Politehnicheskogo Universiteta: 19–21. (in Russian)
4. Воскобойникова Т.Г., Околелова А.А., Терехова Д.В., Сукуркина А.С. 2012. Набухающая способность гидрогеля марки Акрилекс П–150. В кн.: Естественнаучное знание в 21 веке. Материалы I международной заочной научно-практической конференции (г. Краснодар). Краснодар: 286–290.
Voskoboynikova T.G., Okolelova A.A., Terehova D.V., Sukurkina A.S. 2012. Swelling capacity of the hydrogel Acrilex P-150. In: Estestvennonauchnoe znanie v 21 veke. Materialy I mezhdunarodnoj zaochnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (g. Krasnodar) [Natural sciences in the 21st century. Proceedings of the I International correspondence scientific-practical conference (Krasnodar)]. Krasnodar: 286–290. (in Russian)
5. ГОСТ 26423–85. Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки. Дата введения 01.01.1986.
GOST 26423–85. Soils. Methods for determination of specific electric conductivity, pH and solid residue of water extract. Date of introduction 01.01.1986. (in Russian)
6. ГОСТ 26487–85. Почвы. Определение обменного кальция и обменного (подвижного) магния методами ЦИНАО. Дата введения 01.08.1986.
GOST 26487–85. Soils. Determination of exchangeable calcium and exchangeable (mobile) magnesium by CINAO methods. Date of introduction 01.08.1986. (in Russian)
7. ГОСТ Р ИСО 22030–2009. Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. Дата введения 15.12.2009.
GOST R ISO 22030–2009. Soil quality. Biological methods. Chronic toxicity for higher plants. Date of introduction 15.12.2009. (in Russian)
8. Грицай И.С., Максимова Н.Б., Вороничев А.А. 2014. Биологическая диагностика загрязнения городских почв на примере г. Рубцовска Алтайского края. В кн.: Экология и биология почв. Материалы международной научной конференции к 100-летию Южного федерального университета, 80-летию Академии биологии и биотехнологии (Ростов-на-Дону, 17–19 ноября 2014 г.). Ростов-на-Дону, Изд-во Южного Федерального Университета: 511–512.
Gricaj I.S., Maksimova N.B., Voronichev A.A. 2014. Biological diagnostics of contamination of urban soils as an example of Rubtsovsk, Altai Territory. In: Jekologija i biologija pochv. Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii k 100-letiju Juzhnogo federal'nogo universiteta, 80-letiju Akademii biologii i biotehnologii (Rostov-na-Donu, 17–19 nojabrja 2014 g.) [Ecology and biology of soils. Proceedings of the international conference on the 100th anniversary of the Southern Federal University, the 80th anniversary of the Academy of Biology and Biotechnology (Rostov-on-Don, 17–19 November 2014)]. Rostov-on-Don, Izd-vo Juzhnogo Federal'nogo Universiteta: 511–512. (in Russian)
9. Куренков В.Ф. 1997. Водорастворимые полимеры акриламида. Соросовский образовательный журнал, (5): 48–53.
Kurenkov V.F. 1997. Water-soluble acrylamide polymers. Vodorastvorimye polimery akrilamida. Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal [Soros Educational Journal], (5): 48–53. (in Russian)
10. Максимова Ю.Г., Максимов А.Ю., Демаков В.А., Будников В.И. 2010. Влияние гидрогелей полиакриламида на микрофлору почвы. Вестник Пермского университета. Серия: Биология, (1): 45–49.



Maksimova Ju.G., Maksimov A.Ju., Demakov V.A., Budnikov V.I. 2010. Effect of polyacrylamide hydrogels on the soil microbial flora. *Vestnik Permskogo universiteta. Serija: Biologija* [Bulletin of Perm University. Biology], (1): 45-49. (in Russian)

11. Наумов П.В., Щербакoва Л.Ф., Околелова А.А. 2011. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерного гидрогеля. *Известия нижевольтского агроуниверситетского комплекса*, (44): 77–81.

Naumov P.V., Shherbakova L.F., Okolelova A.A. 2011 Optimization of soil moisture using the polymer hydrogel. *Izvestija nizhnevoльтского agrouniversitetskogo kompleksa* [Proceedings of Nizhnevoльтskiy agrouniversity complex], (44): 77–81. (in Russian)

12. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф., Егорова Г.С., Касьянова А.С. 2013. Провинциальные особенности структурной организации почв Волгоградской области. *Фундаментальные исследования*, (4): 379-383.

Okolelova A.A., Zheltobryukhov V.F., Egorova G.S., Kas'yanova A.S. 2013. Local peculiarities of the soils' structural organization in the Volgograd region. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], (4): 379-383. (in Russian)

13. Околелова А.А., Стяжин В.Н., Касьянова А.С. 2012. Оценка продуктивности почв с помощью регрессионного анализа. *Фундаментальные исследования*, (3): 328–332.

Okolelova A.A., Stjazhin V.N., Kas'yanova A.S. 2012. Estimation of soil efficiency by means of regression analysis. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research], (3): 328–332. (in Russian)

14. Тибирьков А.П., Филин В.И. 2013. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья. *Известия нижевольтского агроуниверситетского комплекса*. (4): 84–89.

Tibir'kov A.P., Filin V.I. 2013. Effect of polyacrylamide hydrogel on structure-aggregate composition of the arable layer of light chestnut soils of Volga-Don interfluvium. *Izvestija nizhnevoльтского agrouniversitetskogo kompleksa* [Proceedings of Nizhnevoльтskiy agrouniversity complex], (4): 84–89. (in Russian)

15. Шейн Е.В. 2005. Курс физики почвы. М., МГУ, 430.

Shein E.V. 2005. Kurs fiziki pochvy [Course soil physics]. Moscow, MGU, 430. (in Russian)

16. Юскаева Г.И. 2010. Использование полиакриламидного полимера В-415 в искусственном лесовосстановлении в условиях Пензенской области. *В кн.: Экологические аспекты устойчивого развития человечества. Материалы международной научно-практической конференции (Москва–Пенза, 13–14 апреля 2010 г.)*. Москва: 149–152.

Juskaeva G.I. 2010. The use of polyacrylamide polymer В-415 in the artificial reforestation in the Penza region. *In: Jekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitija chelovechestva. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (Moskva–Penza, 13–14 aprelja 2010 g.)*. [Materials of international research and practical conference (Moscow–Penza, 13–14 April 2010)], Moscow: 149–152. (in Russian)

УДК 595.44

**ПАУКИ (ARANEI) ЗАПОВЕДНИКА «ПРИВОЛЖСКАЯ ЛЕСОСТЕПЬ»
(ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ, РОССИЯ). 2. УЧАСТОК «БОРОК»
SPIDERS (ARANEI) OF THE «PRIVOLZHSKAYA LESOSTEP'» NATURE
RESERVE (PENZA REGION, RUSSIA). 2. SECTOR «BOROK»**

**Н.Ю. Полчанинова
N.Yu. Polchaninova**

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

E-mail: polchaninova@mail.ru

Ключевые слова: пауки (Aranei), инвентаризация фауны, заповедник «Приволжская лесостепь», Пензенская область.

Key words: spiders (Aranei), fauna inventory, "Privolzhskaya Lesostep'" Nature Reserve, Penza Region.

Аннотация. Приведен аннотированный список 140 видов пауков из 19 семейств, найденных на участке «Борок» заповедника «Приволжская лесостепь». В видовом отношении преобладают семейства Linyphiidae (36 видов, 25% локальной фауны), Lycosidae (20 видов, 15%) и Gnaphosidae (16 видов, 11.4%). Linyphiidae предпочитает сосно-дубняк и осинник, Lycosidae и Gnaphosidae – луга. Наибольшее видовое богатство пауков зафиксировано в сосно-дубняке (64 вида), на светлой просеке (40 видов), на сенокосном (55 видов) и песчаном лугах (39 видов). Самыми многочисленными видами-герпетобионтами являются *Pardosa fulvipes* и *Xerolycosa miniata*. Первый доминирует на сенокосных, второй – на песчаных лугах. В травостое лугов доминировали *Mangora acalypha* и *Dictyna arundinacea*, на опушке и просеках – *M. acalypha* и *Tmarus piger*, под пологом леса – *Linyphia triangularis* и *Metellina segmentata*. Найдены два редких на Русской равнине вида – *Improphantes geniculatus* и *Pardosa maisa*.

Resume. Our research is aimed at spider fauna inventory of the "Privolzhskaya Lesostep'" Nature Reserve (Penza Region, Russia). The material was collected in the "Borok" segment, which encompasses the floodplain and the terrace above the floodplain of the Kadada River, the Sura tributary. Nine meadow and forest habitats were chosen for the study. Spider collecting was conducted with pitfall traps, sweep netting, and by hands. As a result, a total of 140 spider species from 19 families were registered. The number of specimens, habitats and collecting date are given in the annotated list. The families Linyphiidae (36 species, 25% of the local fauna), Lycosidae (20 species, 15%) and Gnaphosidae (16 species, 11.4%) were the most species-rich. The Linyphiidae dominated in the pine-oak and aspen forests while the Lycosidae and Gnaphosidae preferred meadows. Maximal species number was registered in the pine-oak forest (64), light clearing (40), hay meadow (55) and sandy meadows (39). Only one species, *Pardosa alacris*, occurred in all the habitats being the most numerous in the pine-oak forest. Specialist species inhabited sandy meadows (*Arctosa cinerea*, *A. stigmosa*, *Alopecosa accentuata*, *A. cursor*, *Thanatus arenarius*) or the hay meadow (*Pardosa maisa*). *P. fulvipes* and *Xerolycosa miniata* were the most locally abundant ground-dwelling species and reached 45.5–57.8% of individuals in the habitats. Among the herb-dwelling spiders, *Mangora acalypha* and *Dictyna arundinacea* dominated in the hay meadow, *M. acalypha* and *Tmarus piger* prevailed on the forest edges and clear cuttings, while *Linyphia triangularis* and *Metellina segmentata* were numerous in the forest. There were two species rare for the Russian Plain found, *Improphantes geniculatus* and *Pardosa maisa*.

Введение

Данная статья является продолжением предполагаемой серии работ по инвентаризации аранеофауны заповедника «Приволжская лесостепь». Ранее нами были опубликованы сведения о фауне и населении пауков Островцовского участка, где обнаружено 128 видов [Полчанинова, 2008]. Данные о видовом составе пауков включены в кадастр фауны заповедника и могут служить отправной точкой для мониторинга изменений животного населения под воздействием естественных и антропогенных факторов.

Объекты и методы исследований

Участок Борок расположен на северо-востоке Камешкирского р-на в 3-х км от села Шаткино в пределах $52^{\circ}55' - 52^{\circ}56'$ с.ш. и $46^{\circ}16' - 46^{\circ}19'$ в.д. Его территория охватывает часть поймы с надпойменными террасами р. Кадады, правого притока Суры. Здесь произрастают сосновые боры, преимущественно сосняк орляково-разнотравный, смешанные сосново-дубовые леса, небольшую площадь занимают березняки, осинники, вдоль поймы тянутся луга, ольшаники и ивняки [Государственный природный заповедник..., 2002].



Сбор пауков проводился автором 26–29 мая, 21–22 июня и 8 сентября 2005 г. согласно общепринятым методикам: кошение энтомологическим сачком, просеивание подстилки через сито, земляные ловушки. В качестве ловушек служили 200 г одноразовые стаканчики с 4%-ным раствором формалина. Общая экспозиция составила 1508 ловушко-суток, сбор проводился с 27 мая по 22 июня. Кроме того, мы обработали материал, собранный заместителем директора заповедника по НИР И.П. Лебяжинской в июле–сентябре 2004 и в мае–сентябре 2005 гг. В этом случае использовались только ловушки – наполовину обрезанные полутора- и двухлитровые пластиковые бутылки, также вкопанные в землю и на треть наполненные раствором формалина. Всего было собрано 2430 экземпляров половозрелых пауков.

В аннотированном списке видов обследованные биотопы приводятся под номерами. [1] – [3] пойменные луга: [1] – песчаный полынно-разнотравный, [2] – песчаный с зарослями дурнишника (*Xanthinum* sp.) на берегу реки, [3] – сенокосный разнотравный; [4] – опушка листового леса, выходящего на луг; [5] – светлая просека между сосновым и смешанным лесом; [6] – светлый сосняк на песчаной террасе; [7] – осиново-дубовый колос там же; [8] – сосно-дубняк на надпойменной террасе [9] – осинник в пойме. Буквами ИПЛ обозначены сборы И.П. Лебяжинской, собственные сборы мы не отмечаем; m – самцы, f – самки. Большая часть материала хранится на кафедре зоологии и экологии животных Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина, часть коллекции передана в Зоологический музей Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (в нашем списке помечена ЗММУ).

Результаты и обсуждение

На участке обнаружено 140 видов пауков из 19 семейств. Преобладали пауки сем. Linyphiidae (36 видов, 25% локальной фауны), Lycosidae (20 видов, 15%) и Gnaphosidae (16 видов, 11.4%). Следующую группу составляли Araneidae (12 видов, 8.6%), Theridiidae, Thomisidae (по 9 видов, 6.4%), Salticidae (8 видов, 5.7%), и Tetragnathidae (7 видов, 5%); остальные семейства насчитывали от 1 до 5 видов.

Наиболее полно обследованы сосно-дубняк (64 вида пауков), сосняк (34 вида), просека между ними (40 видов) и сенокосный луг (55 видов). В остальных биотопах учитывались только подвижные герпетобионты. На песчаном разнотравном лугу найдено 32 вида пауков, на песчаном лугу с дурнишником – 27 видов, на опушке – 15 видов, в колке и осиннике – по 18 видов. В сосно-дубняке в видовом отношении доминировали Linyphiidae (26 видов, 40% видового состава пауков в биотопе) и Theridiidae (7 видов, 10.9%). Остальные 5 наиболее богатых семейств насчитывали по 4–5 видов, а видов сем. Salticidae найдено не было. В осиннике из 18 отмеченных видов 8 приходилось на Linyphiidae. Представители семейства Lycosidae предпочитали луга разных типов (12–16 видов), а Gnaphosidae – сенокосный луг (12 видов). В сосняке и на просеке видовая представленность ведущих семейств была более равномерной – по 4–6 видов, и только семейство Lycosidae насчитывало 7 видов.

К политопным видам участка Борок относятся *Pardosa alacris*, отмеченный во всех биотопах, *Pirata hygrophilus*, отсутствовавший в сосняке и на просеке, и *Trochosa terricola*, не найденный на песчаных лугах. Первый вид доминировал в сосно-дубняке (29.8% особей в герпетобии), второй в осиннике (43% особей), третий нигде не был многочисленным. *Gnaphosa bicolor* встречался в 5 биотопах из 9, при этом он преобладал на просеке и в колке (по 48% особей в биотопе). Остальные виды проявляли большую избирательность, предпочитая различные хорошо освещенные (*Steatoda phalerata*, *Hypsosinga sanguinea*, *Mangora acalypha*, *Alopecosa cuneata*, *A. pulverulenta*, *Pardosa paludicola*, *P. palustris*, *P. prativaga*, *Trochosa ruricola*, *Xerolycosa miniata*, *Dictyna arundinacea*, *Agroeca lusatica* и большая часть видов семейства Gnaphosidae) или лесные биотопы (*Abacoproeces saltuum*, *Helophora insignis*, *Pachygnatha listeri*, *Metellina segmentata*, *Agroeca brunnea*, *Haplodrassus soerenseni*, *Zelotes subterraneus*).

К стенотопным видам в Борке относятся некоторые обитатели песчаных лугов. Одни встречаются у воды (*Arctosa cinerea*, *A. stigmata*), другие в сухой части (*Alopecosa cursor*, *Thanatus arenarius*), третьи в обоих биотопах (*Alopecosa accentuata*). *Pardosa maisa* является стенотопом сенокосного луга. На лугах и опушке отмечен *Pardosa fulvipes*. Этот самый массовый вид заповедника составлял на сенокосном лугу 48% пауков-герпетобионтов и по относительной численности уступал лишь доминирующему на песчаных лугах *Xerolycosa miniata* (45.5–57.8%).

Список видов пауков участка «Борок»

Семейство Mimetidae

Ero furcata (Villers, 1789): [8] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.

Семейство Theridiidae

Asagena phalerata (Panzer, 1801): [1] 4m1f (ЗММУ), 1m1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [4] 1m, 27.05–22.06.2005.

- Crustulina guttata* (Wider, 1834): [8] 3f, 8.09.2005.
Dipoena torva (Thorell, 1875): [8] 1m (ЗММУ), 28.05.2005.
Enoplognatha ovata (Clerck, 1757): [1] 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [5] 3f, 22.06.2005; 1f, 8.09.2005; [6] 2f, 22.06.2005; [8] 1m2f, 22.06.2005.
Neottiura bimaculata (Linnaeus, 1767): [5] 3f, 28.05.2005; [8] 1m1f, 22.06.2005.
Phylloneta sisypchia (Clerck, 1757): [5] 1m, 22.05.2005.
Robertus lividus (Blackvall, 1836): [1] 1m, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 2f (ЗММУ), 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [8] 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [9] 1m1f (ЗММУ), 16.08–20.09.2004, ИПЛ.
Theridion mystaceum L. Koch, 1870: [8] 1m (ЗММУ), 28.05.2005.
Theridion varians Hahn, 1833: [5] 1m, 22.05.2005; [8] 1f, 22.06.2005.
 Семейство Linyphiidae
Abacoproeces saltuum (L. Koch, 1872): [7] 3m3f, 27.05–22.06.2005; [8] 1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 1f, 28.05.2005, 13m1f, 27.05–22.06.2005.
Agyneta conigera (O. Pickard-Cambridge, 1863): [8] 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.
Allomengea vidua (L. Koch, 1879): [3] 2m, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.
Anguliphantes angulipalpis (Westring, 1851): [8] 1f, 8.09.2005; [9] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.
Bathyphantes approximatus (O. Pickard-Cambridge, 1871): [2] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; [8] 1f, 28.05.2005.
Bathyphantes nigrinus (Westring, 1851): [9] 2f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.
Bolyphantes alticeps (Sundevall, 1833): [8] 1f, 16.08–20.09.2004, [9] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.
Centromerus sylvaticus (Blackwall, 1841): [3] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; [6] 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [9] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.
Diplocephalus connatus Bertkau, 1889: [1] 1m2f (ЗММУ), 3f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [8] 1f, 27.05–22.06.2005.
Diplocephalus cristatus (Blackwall, 1833): [8] 1m, 27.05–22.06.2005.
Diplocephalus picinus (Blackwall, 1841): [7] 1m, 27.05–22.06.2005; [8] 2f, 28.05.2005.
Diplostyla concolor (Wider, 1834): [8] 1m, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; [9] 1m5f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.
Entelecara acuminata (Wider, 1834): [3] 1f, 28.05.2005; [8] 4m1f, 28.05.2005.
Erigone dentipalpis (Wider, 1834): [2] 1f, 16.08–22.09.2004, ИПЛ; [3] 1f, 28.05.2005; [8] 1f, 28.05.2005.
Gongylidium rufipes (Linnaeus, 1758): [8] 1m2f, 28.05.2005.
Helophora insignis (Blackwall, 1841): [8] 1m, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; 2m8f, 8.09.2005; [9] 2m, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.
Improphantes geniculatus (Kulczyński, 1898): [3] 1m3f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; [9] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ. А. В. Танасевич det.
Kaestneria pullata (O. Pickard-Cambridge, 1863): [3] 1f, 27.05–22.06.2005; [4] 1f, 27.05–22.06.2005.
Linyphia hortensis Sundevall, 1830: [5] 5f, 28.05.2005. [8] 1m7f, 28.05.2005.
Linyphia triangularis (Clerck, 1757): [6] 15f, 8.09.2005, [8] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 1m21f, 8.09.2005.
Macrargus rufus (Wider, 1834): [6] 1f, 27.05–22.06.2005; [7] 1f, 27.05–22.06.2005; [8] 1f, 27.05–22.06.2005; 1f, 8.09.2005.
Microlinyphia pusilla (Sundevall, 1830): [3] 2f (ЗММУ), 16.08–20.09.2004, ИПЛ.
Microneta viaria (Blackwall, 1841): [8] 3f, 22.06.2005; 1m1f, 8.09.2005.
Neriere clathrata (Sundevall, 1830): [4] 1f, 27.05–22.06.2005; [6] 1m, 27.05–22.06.2005; [8] 1f, 28.05.2005.
Neriere radiata (Walckenaer, 1842): [5] 1m4f (ЗММУ), 28.05.2005, 1m1f, 22.06.2005; [8] 1f, 28.05.2005.
Oedothorax retusus (Westring, 1851): [1] 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1f, 16.08–22.09.2014, ИПЛ; 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.
Panamotops mengei Simon, 1926: [7] 1m, 27.05–22.06.2005; [8] 1m (ЗММУ), 27.05–22.06.2005.
Tapinocyboides pygmaeus (Menge, 1869): [5] 1m (ЗММУ), 27.05–22.06.2005.
Tapinopa longidens (Wider, 1834): [8] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.
Tenuiphantes flavipes (Blackwall, 1854): [3] 1f, 22.06.2005, А. В. Танасевич det; [4] 1f, 27.05–22.06.2005; [7] 1f, 27.05–22.06.2005; [8] 1m2f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; [9] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.



Tenuiphantes tenebricola (Wider, 1834): [8] 2m, 16.08–20.09.2004, ИПЛ, А. В. Танасевич det; 1m, 27.05–22.06.2005; 2m1f, 8.09.2005.

Trematocephalus cristatus (Wider, 1834): [5] 1m, 28.05.2005; 1m, 22.06.2005; [8] 1m1f (ЗММУ), 28.05.2005.

Walckenaeria antica (Wider, 1834): [3] 1f, 27.05–22.06.2005; [8] 1m (ЗММУ), 27.05–22.06.2005.

Walckenaeria atrotibialis (O. Pickard-Cambridge, 1878): [4] 1f, 27.05–22.06.2005; [7] 1m, 27.05–22.06.2005; [9] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.

Walckenaeria furcillata (Menge, 1869): [6] 1f, 27.05–22.06.2005; [8] 1f, 22.06.2005.

Семейство Tetragnathidae

Metellina mengei (Blackwall, 1870): [5] 1m1f, 28.05.2005; [6] 1f, 22.06.2005; [8] 4f, 28.05.2005.

Metellina segmentata (Clerck, 1757): [5] 3m7f, 8.09.2005; [6] 4m4f, 8.09.2005; [8] 5f, 8.09.2005.

Pachygnatha clercki Sundevall, 1823: [2] 5m1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Pachygnatha degeeri Sundevall, 1830: [3] 1m, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 5m1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.

Pachygnatha listeri Sundevall, 1830: [5] 2f, 28.05.2005; [6] 5m3f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [8] 3m6f, 28.05.2005; 1f, 22.06.2005; 2m (ЗММУ), 8.09.2005; 12m10f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [9] 11m2f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Tetragnatha montana Simon, 1874: [5] 1m, 22.06.2005;

Tetragnatha pinicola L. Koch, 1870: [5] 3m1f, 28.05.2005, 4m2f (ЗММУ), 22.06.2005; [8] 3m, 28.05.2005; 1m1f, 22.06.2005.

Семейство Araneidae

Agalenatea redii (Scopoli, 1763): [3] 2f, 28.05.2005.

Araneus angulatus Clerck, 1757: [6] 1f, 8.09.2005.

Araneus diadematus Clerck, 1757: [5] 3f, 8.09.2005; [6] 2m10f, 8.09.2005; [8] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 6f, 8.09.2005.

Araneus quadratus Clerck, 1757: [3] 1f, 8.09.2005.

Araniella displicata (Hentz, 1847): [8] 1m (ЗММУ), 22.06.2005.

Cercidia prominens (Westring, 1851): [3] 1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 6m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [8] 1f, 8.09.2005.

Cyclosa conica (Pallas, 1772): [6] 1f, 28.05.2005; [8] 2m4f, 28.05.2005.

Cyclosa oculata (Walckenaer, 1802): [5] 1f juv., 28.05.2005.

Gibbaranea bituberculata (Walckenaer, 1802): [5] 6f, 28.05.2005.

Hypsosinga sanguinea (C. L. Koch, 1844): [1] 1m1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [4] 1f, 28.05.2005; [5] 1m2f, 28.05.2005, 1m4f, 22.06.2005.

Mangora acalypha (Walckenaer, 1802): [3] 2m9f, 28.05.2005; [5] 12m27f, 28.05.2005; 5f, 22.06.2005; [6] 2f, 28.05.2005.

Singa hamata (Clerck, 1757): [3] 1m1f, 28.05.2005; [4] 1f, 27.05–22.06.2005.

Семейство Lycosidae

Alopecosa accentuata (Latreille, 1817): [1] 4m1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 2m, 4.05–22.06.2005, ИПЛ.

Alopecosa aculeata (Clerck, 1757): [5] 1m, 27.05–22.06.2005; [6] 3m1f (ЗММУ), 1m, 27.05–22.06.2005; [7] 2m, 27.05–22.06.2005.

Alopecosa cuneata (Clerck, 1757): [1] 24m1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [2] 9m1f, 4.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 2f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 3f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 77m18, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 5m2f, 27.05–22.06.2005; 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Alopecosa cursor (Hahn, 1831): [1] 6m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.

Alopecosa pulverulenta (Clerck, 1757): [1] 18m2f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 9m, 4.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 11m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1m2f, 27.05–22.06.2005; 2f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [4] 1m, 27.05–22.06.2005; [5] 12m1f, 27.05–22.06.2005; [7] 1m, 27.05–22.06.2005.

Alopecosa sulzeri (Pavesi, 1873): [3] 1m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [5] 1m, 27.05–22.06.2005; [6] 3m1f, 27.05–22.06.2005; [8] 1f, 28.05.2005.

Arctosa cinerea (Fabricius, 1777): [2] 3f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Arctosa leopardus (Sundevall, 1833): [3] 2f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Arctosa stigmosa (Thorell, 1875): [2] 3m3f (ЗММУ), 15.05–28.06.2004, ИПЛ; 1m7f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Pardosa agrestis (Westring, 1861): [1] 19m2f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 7m, 4.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 3m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 9m1f, 27.05–22.06.2005; 5f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [5] 1m, 27.05–22.06.2005; [6] 1m, 27.05–22.06.2005.

Pardosa alacris (C.L. Koch, 1833) [1] 4f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 6m1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 5m, 4.05–22.06.2005, ИПЛ; 8f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [3] 2f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 1f, 28.05.2005; 1f, 27.05–22.06.2005; 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [4] 21m1f, 27.05–22.06.2005; [5] 10m, 27.05–22.06.2005; [6] 14m1f, 27.05–22.06.2005; [7] 37m8f, 27.05–22.06.2005; [8] 1m3f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 13m5f, 27.05–22.06.2005; 1f, 22.06.2005; [9] 1m2f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 3f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Pardosa bifasciata (C.L. Koch, 1834): [3] 1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 2f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [4] 1m, 27.05–22.06.2005.

Pardosa fulvipes (Collet, 1876): [1] 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1f, 13-22.06.2005, ИПЛ; [3] 24m41f, 10.07–10.07–16.08.2004, ИПЛ; 152f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 44m15f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 29m8f, 27.05–22.06.2005; 135m15f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 29f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [4] 93m7f, 27.05–22.06.2005.

Pardosa maisa Hippa & Mannila, 1982: [3] 4f, 14.05–22.06.2005.

Pardosa paludicola (Clerck, 1757): [1] 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 20m13f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1f, 28.05.2005; 1f, 27.05–22.06.2005; 5f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Pardosa palustris (Linnaeus, 1758): [1] 2m2f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 2f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 4f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 17m15f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 4f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Pardosa prativaga (L. Koch, 1870): [2] 3m (ЗММУ), 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 3f (ЗММУ), 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 11m10f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.

Piratula hygrophilus Thorell, 1872: [1] 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 5f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [3] 1m, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 2f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 5f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [4] 1m1f, 27.05–22.06.2005; [7] 2m, 27.05–22.06.2005; [8] 3m1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 2f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [9] 9m6f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 4f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Trochosa ruricola (De Geer, 1778): [1] 2m3f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [3] 1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 4m1f (ЗММУ), 6m1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 14m2f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1f, 27.05–22.06.2005; 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Trochosa terricola Thorell, 1856: [3] 4m1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; [4] 1m, 27.05–22.06.2005; [5] 1m, 27.05–22.06.2005; [6] 4m1f, 27.05–22.06.2005; [7] 4m4f, 27.05–22.06.2005; [8] 2f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 8m, 27.05–22.06.2005; [9] 1m, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Xerolycosa miniata (C.L. Koch, 1834): [1] 3m8f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 152m27f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 6m5f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [2] 85m7f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [3] 11m6f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 6m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 10m1f, 27.05–22.06.2005; 3f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [4] 1m1f, 27.05–22.06.2005; [6] 2m, 27.05–22.06.2005.

Семейство Pisauridae

Dolomedes fimbriatus (Clerck, 1757): [3] 4f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.

Pisaura novicia (L. Koch, 1878): [5] 1f, 27.05–22.06.2005; [6] 1f, 28.05.2005.

Семейство Miturgidae

Zora spinimana (Sundevall, 1833): [8] 1f, 28.05.2005; 1m, 8.09.2005.

Семейство Dictynidae

Dictyna arundinacea (Linnaeus, 1758): [3] 2m5f, 28.05.2005; [5] 1m7f, 28.05.2005.

Dictyna uncinata Thorell, 1856: [5] 2f, 28.05.2005.

Dictyna vicina Simon, 1873: [8] 1m, 28.05.2005.

Lathys humilis (Blackwall, 1855): [8] 1f (ЗММУ), 28.05.2005.

Семейство Titanocidae

Titanoeca psammophila Wunderlich, 1993: [5] 7m, 27.05–22.06.2005; [7] 2m (ЗММУ, как *T. quadriguttata*), 27.05–22.06.2005.

Семейство Eutichuridae

Cheiracanthium erraticum (Walckenaer, 1802): [3] 1m, 28.05.2005.

Семейство Anyphaenidae

Anyphaena accentuata (Walckenaer, 1802): [8] 3m1f (ЗММУ), 28.05.2005.

Семейство Liocranidae

Agroeca brunnea (Blackwall, 1833): [5] 1f, 28.05.2005; [5] 1m, 27.05–22.06.2005; [6] 1f, 27.05–22.06.2005; [7] 1m, 27.05–22.06.2005; [8] 1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 1f, 16.08–



20.09.2004, ИПЛ; 1m1f, 27.05–22.06.2005; 1f, 8.09.2005; [9] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.
Agroeca cuprea Menge, 1873: [6] 1m (ЗММУ), 27.05–22.06.2005.
Agroeca lusatica (L. Koch, 1875): [2] 2f, 4.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1f, 27.05–22.06.2005.
Agroeca maculata L. Koch, 1879: [1] 2m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.
Agroeca proxima (O. Pickard-Cambridge, 1871): [3] 1m (ЗММУ), 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Семейство Clubionidae

Clubiona caerulescens L. Koch, 1867: [8] 1m2f, 28.05.2005.
Clubiona lutescens Westring, 1851: [5] 1f, 22.05.2005; [8] 2m (ЗММУ), 28.05.2005; [9] 1m, 10.07–16.08.2004, ИПЛ.

Семейство Phrurolithidae

Phrurolithus festivus (C.L. Koch, 1835): [3] 1m56f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; [8] 1f, 28.05.2005.

Семейство Gnaphosidae

Drassodes pubescens (Thorell, 1856): [1] 2f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 1m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 5m1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1m, 27.05–22.06.2005.

Drassyllus lutetianus (L. Koch, 1866): [3] 1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 4m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Drassyllus praeficus (L. Koch, 1866): [1] 2m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 2f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 3m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.

Drassyllus pusillus (C.L. Koch, 1833): [1] 3m2f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [2] 1m, 4.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 11m2f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1m, 27.05–22.06.2005; 3f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [4] 1m, 27.05–22.06.2005; [7] 1m, 27.05–22.06.2005.

Gnaphosa bicolor (Hahn, 1833): [3] 1m, 27.05–22.06.2005; [5] 1f, 28.05.2005; [5] 27m9f, 27.05–22.06.2005; [6] 6m, 27.05–22.06.2005; [7] 15m3f, 27.05–22.06.2005; [8] 1m, 27.05–22.06.2005.

Haplodrassus signifer (C.L. Koch, 1839): [1] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 3m7f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1f, 13–22.06.2005, ИПЛ; [3] 1m, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 3m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1m, 27.05–22.06.2005; [4] 2m, 27.05–22.06.2005.

Haplodrassus silvestris (Blackwall, 1833): [8] 2f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.

Haplodrassus soerenseni (Strand, 1900): [5] 1m, 27.05–22.06.2005; [6] 6f, 27.05–22.06.2005; [8] 2f, (ЗММУ), 5m, 27.05–22.06.2005.

Haplodrassus umbratilis (L. Koch, 1866): [3] 1m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [6] 1m, 27.05–22.06.2005; [7] 5m, 27.05–22.06.2005.

Micaria formicaria (Sundevall, 1831): [3] 2f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ.

Micaria pulicaria (Sundevall, 1831): [1] 6m2f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 6m2f, 4.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Micaria silesiaca L. Koch, 1875: [1] 3m4f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1f, 4.05–22.06.2005, ИПЛ; [3] 9m1f, 27.05–22.06.2005.

Zelotes latreillei (Simon, 1878): [3] 2f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 3m1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 1m, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [9] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.

Zelotes longipes (L. Koch, 1866): [1] 2m1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 2f (ЗММУ), 14.05–22.06.2005, ИПЛ; 7f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [3] 2m1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.

Zelotes petrensis (C.L. Koch, 1839): [5] 1m, 27.05–22.06.2005.

Zelotes subterraneus (C.L. Koch, 1833): [5] 2m, 27.05–22.06.2005; [6] 2m1f, 27.05–22.06.2005; 1m, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [7] 3m1f, 27.05–22.06.2005; [8] 3m4f (ЗММУ), 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 1m, 27.05–22.06.2005; 1m, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [9] 3m, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.

Семейство Philodromidae

Philodromus emarginatus (Schrank, 1803): [3] 1m, 28.05.2005.

Thanatus arenarius L. Koch, 1872: [1] 2f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; 32m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.

Thanatus formicinus (Clerck, 1757): [3] 2f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ.

Tibellus oblongus (Walckenaer, 1802): [1] 1f, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; [5] 3m, 28.05.2005; 1m1f, 22.06.2005.

Семейство Thomisidae

Ebrechtella tricuspидata (Fabricius, 1775): [6] 1m, 8.09.2005.

Misumena vatia (Clerck, 1757): [3] 1f, 28.05.2005; [5] 1f, 22.06.2005.

Ozyptila praticola (C.L. Koch, 1837): [1] 1m, 16.08–20.09.2004, ИПЛ; [2] 1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [8] 1m1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ; 2m1f, 5.08–11.09.2005, ИПЛ; [9] 2m, 16.08–20.09.2004, ИПЛ.

Tmarus piger (Walckenaer, 1802): [5] 3m7f, 28.05.2005; [6] 5f, 28.05.2005; [8] 1m2f, 28.05.2005.

Xysticus audax (Schrank, 1803): [5] 1m, 28.05.2005; 1f, 8.09.2005.

Xysticus kochi Thorell, 1872: [1] 2m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.

Xysticus luctator L. Koch, 1870: [6] 7m, 27.05–22.06.2005; [7] 5m, 27.05–22.06.2005; [8] 3m, 27.05–22.06.2005.

Xysticus luctuosus (Blackwall, 1836): [8] 1f, 28.05.2005.

Xysticus ulmi (Hahn, 1831): [3] 1m1f, 28.05.2005; [5] 1m, 28.05.2005; [6] 1m2f, 28.05.2005; [8] 1m, 28.05.2005.

Семейство Salticidae

Evarcha arcuata (Clerck, 1757): [3] 2f, 28.05.2005.

Evarcha falcata (Clerck, 1757): [5] 1f, 28.05.2005; 4m, 22.06.2005; 1m, 8.09.2005; [6] 1m1f, 28.05.2005.

Heliophanus cupreus (Walckenaer, 1802): [5] 2f, 28.05.2005; [6] 1m1f, 28.05.2005.

Heliophanus flavipes (Hahn, 1832): [3] 1f, 28.05.2005.

Marpissa muscosa (Clerck, 1757): [6] 1m (ЗММУ), 8.09.2005.

Phlegra fasciata (Hahn, 1826): [1] 3m3f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.

Sitticus distinguendus (Simon, 1868): [1] 1m, 14.05–22.06.2005, ИПЛ; [2] 1f, 10.07–16.08.2004, ИПЛ.

Sitticus saltator (O. Pickard-Cambridge, 1868): [1] 1m1f, 14.05–22.06.2005, ИПЛ.

Заключение

В целом население пауков участка Борок типично для пойменных экосистем средней полосы России. Аранеокомплексы сосно-дубняка отличаются от хорошо изученных лесостепных дубрав Среднерусской возвышенности [Пономарев, Полчанинова, 2006; Полчанинова, 2009, 2011] наличием *Gnaphosa bicolor* и *Zelotes subterraneus*, относительно меньшей численностью *Helophora insignis*, *Diplostyla concolor*, *Enoplognatha ovata*, *Ozyptila praticola* и большей численностью *Haplodrassus soerenseni*. Находка двух видов пауков – *Impropophantes geniculatus* и *Pardosa maisa* – заполняет белые пятна в их ареале. Первый вид на западе был отмечен в Германии, Чехии, Австрии, Венгрии [Nentwig et al., 2015], на востоке – в Поволжье [Краснобаев, Матвеев, 1993; Танасевич, Алексеенко, 2012], Оренбургской области [Esyunin, Efimik, 1996] и Западной Сибири [Mikhailov, 2013], а в срединной части ареала пока не найден. Второй вид зарегистрирован в ряде стран Средней и Северной Европы [Nentwig et al., 2015] и в Беларуси [Mikhailov, 2013], а в России отмечен только в Курской области [Полчанинова, 2012] и на Среднем Урале [Esyunin, Efimik, 1996].

Благодарности

Автор выражает благодарность дирекции заповедника «Приволжская лесостепь» за организацию полевых выездов, И.П. Лебяжинской (Пенза, Россия) за предоставление собранного материала и А.В. Танасевичу (Москва, Россия) за определение некоторых видов пауков семейства Linyphiidae и сведения из персональной базы данных.

Список литературы References

1. Государственный природный заповедник «Приволжская лесостепь» (Физико-географическая характеристика и биологическое разнообразие природных комплексов). 2002. Справочно-информационное издание государственного заповедника «Приволжская лесостепь». Пенза, 91.
Gosudarstvennyy prirodnyy zapovednik "Privolzhskaya lesostep'" (Fiziko-geograficheskaya kharakteristika i biologicheskoe raznoobrazie prirodnykh kompleksov). 2002. [State Nature Reserve "Privolzhskaya Lesostep'" (Physical and geographical characteristic, biodiversity of natural complexes. Reference edition State Reserve "Privolzhskaya lesostep'"]. Penza, 91. (in Russian)
2. Краснобаев Ю.П., Матвеев В.А. 1993. Каталог пауков среднего Поволжья. Самара, Самарская Лука, 74.
Krasnobaev Yu.P., Matveev Yu.A. 1993. Katalog paukov srednego Povolzh'ya [Catalogue of the spiders of the Middle Povolzh'ye]. Samara, Samarskaya Luka, 74. (in Russian)
3. Полчанинова Н.Ю. 2008. Материалы к фауне пауков (Araneae) Островцовского участка заповедника «Приволжская лесостепь» (Пензенская обл.). Кавказский энтомологический бюллетень, 4 (2): 151–161.



Polchaninova N.Yu. 2008. Materials to the spider (Araneae) fauna of the Ostrovtsovsky part of the "Privolzhskaya Lesostep'" Nature Reserve (Penza Region). *Kavkazskiy entomologicheskii byulleten'* [Caucasian Entomological Bulletin], 4 (2): 151–161. (in Russian with English summary)

4. Полчанинова Н.Ю. 2009. Пауки (Araneae) Стрелецкого участка Центрально-Черноземного заповедника (Курская область) *Кавказский энтомологический бюллетень*, 5(1): 13–27.

Polchaninova N.Yu. 2009. Spiders (Araneae) of the Streletsky part of the Tsentralno-Chernozemny Nature Reserve (Kursk Region). *Kavkazskiy entomologicheskii byulleten'* [Caucasian Entomological Bulletin], 5 (1): 13–27. (in Russian with English summary)

5. Полчанинова Н.Ю. 2011. К изучению населения пауков (Araneae) нагорных дубрав Среднерусской возвышенности на примере заповедника «Лес на Ворскле». *Известия Харьковского энтомологического общества*, 19 (1): 67–76.

Polchaninova N.Yu. 2011. To the study of spider complexes of the plain oak forests of the Central Russian Upland on the example of the Nature Reserve "Les na Vorskle". *Izvestiya Khar'kovskogo entomologicheskogo obshchestva* [Kharkov Entomological Society Gazette], 19 (1): 67–76. (in Russian with English summary)

6. Полчанинова Н.Ю. 2012. Пауки (Araneae) участка «Степной», перспективного для заповедания в Курской области. *Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки*, 20 (15): 65–68.

Polchaninova N.Yu. 2012. Spiders (Araneae) of the 'Stepnoi' spot, a prospective protected area in Kursk Region. *Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennyye nauki* [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 20 (15): 65–68. (in Russian with English summary)

7. Пономарев А.В., Полчанинова Н.Ю. 2006. Материалы по фауне пауков (Aranei) Белгородской области. *Кавказский энтомологический бюллетень*, 2 (2): 143–156.

Ponomarev A.V., Polchaninova N.Yu. 2006. The materials on the fauna of spiders (Aranei) of Belgorod Area. *Kavkazskiy entomologicheskii byulleten'* [Caucasian Entomological Bulletin]. 2 (2): 143–156. (in Russian with English summary)

8. Танасевич А.В., Алексеенко Ю.Г. 2012. К фауне пауков семейства Linyphiidae (Aranei) меловых степей Русской равнины. *Кавказский энтомологический бюллетень*, 8 (2): 193–198.

Tanasevitch A.V., Alekseenko Yu.G. 2012. To the knowledge of the linyphiid spider fauna (Aranei: Linyphiidae) of limestone steppes in the Russian Plain. *Kavkazskiy entomologicheskii byulleten'* [Caucasian Entomological Bulletin]. 8(2): 193–198. (in Russian with English summary)

9. Esyunin S.L., Efimik V.E. 1996. Catalogue of the spiders (Arachnida, Aranei) of the Urals. Moscow, KMK Scientific Press Ltd, 229.

10. Mikhailov K.G. 2013. The spiders (Arachnida, Aranei) of Russia and adjacent countries: a non-annotates checklist. *Arthropoda Selecta. Supplement No. 3*. Moscow, KMK Scientific Press Ltd, 262.

11. Nentwig W., Blick T., Gloor D., Hänggi A., Kropf C. *Spinnen Europas*. Version 01.2015. Available at: www.araneae.unibe.ch

УДК 591.5

К ПОЗНАНИЮ ТРОФИЧЕСКИХ ОТНОШЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ГРУПП МИНИРУЮЩИХ НАСЕКОМЫХ СРЕДНЕГО И НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ
TO THE KNOWLEDGE OF TROPHIC RELATIONSHIPS OF SOME GROUPS OF LEAF-MINING INSECTS IN THE MIDDLE AND LOWER VOLGA

А.В. Мищенко, Е.А. Артемьева
A.V. Mishchenko, E.A. Artemyeva

Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, Россия, 432700, г. Ульяновск, пл. 100-летия со дня рождения В.И. Ленина, д. 4
I.N. Ulyanov State Pedagogical University of Ulyanovsk, 4 100-Letia So Dnya Rozhdeniya V.I. Lenina Sq., Ulyanovsk, 432700, Russia

E-mail: a.misch@mail.ru; hart5590@gmail.com

Ключевые слова: насекомые-минеры, минирующие повреждения, фитофаг, энтомофаг, Среднее и Нижнее Поволжье.

Key words: insects miners, mine damage, phytophages, entomophage, Middle and Lower Volga.

Аннотация. В статье приведены сведения по некоторым изученным группам фитофагов на территории Среднего и Нижнего Поволжья. Авторами выявлено более 170 видов насекомых, ведущих минирующий образ жизни, из отрядов Lepidoptera (семейства Nepticulidae, Tischeriidae, Gelechiidae, Gracillariidae, Lyonetiidae и Yponomeutidae (80% всех видов минёров)), Diptera (Agromyzidae (10%)), Hymenoptera (Tenthredinidae (8%)), а также Coleoptera (Curculionidae (2%)). Актуальность исследований заключается в той экологической роли, которую играют указанные группы минёров в экосистемах: развиваясь внутри тканей растений и, образуя видоспецифичные повреждения (мины), личинки насекомых перечисленных отрядов наносят существенный урон ценным лесным и сельскохозяйственным растениям на территории исследований.

На территории Среднего и Нижнего Поволжья был установлен видовой состав минирующих насекомых, трофические связи и влияние минёров на кормовые растения, а также изучены иные виды арthropод, связанные со скрытоживущими фитофагами и образуемыми ими повреждениями (энтомофаги, для которых минирующие насекомые являются кормовой базой, а также сапротрофы, питающиеся органическими остатками внутри мин и использующие их для укрытия). Наиболее проблемной группой, содержащей большое число вредящих видов, являются минирующие моли из семейств Nepticulidae, Tischeriidae и Gracillariidae.

Resume. The article provides information on some of the studied groups of phytophages in the Middle and Lower Volga. The authors have identified more than 170 species of insects, leading undermines lifestyle of the orders Lepidoptera (family Nepticulidae, Tischeriidae, Gelechiidae, Gracillariidae, Lyonetiidae and Yponomeutidae (80% of all miners)), Diptera (Agromyzidae (10%)), Hymenoptera (Tenthredinidae (8%)) and Coleoptera (Curculionidae (2%)). The relevance of the research is in the revealing of ecological role played by these groups of miners in ecosystems: developing inside plant tissues and form often species-specific damage (mines), insect larvae of the listed orders often cause significant damage to valuable forest and agricultural plants in the study area. Study of the influence on the phytophagous host plants and features of the development and life cycles of miners is a prerequisite for the development of methods of pest control of these orders. In the Middle and Lower Volga there was established species composition of leaf-mining insects, trophic relations and the impact of miners on forage plants, as well as explored other types of arthropods associated with secretly-living phytophagous and formed by them undermines injuries (entomophagous, for which the undermines insects are food supply, and also saprotrophs eating organic residues within minutes and using them for shelter). The most problematic group containing a large number of damaging species are undermines moth from the families of moths Nepticulidae, Tischeriidae and Gracillariidae.

Введение

Минирующие насекомые составляют важную экологическую группу фитофагов, оказывающих существенное влияние на состояние кормовых растений в экосистемах; их важной особенностью является скрытый образ жизни личинок, развивающихся в тканях различных частей растения и образующих часто видоспецифичные повреждения той или иной формы – мины. К данной группе в Среднем и Нижнем Поволжье относятся более 100 видов насекомых из отрядов чешуекрылых (моли-минёры), двукрылых (мухи-агримизиды), перепончатокрылых (пилильщики) и жесткокрылых (долгоносики).

Личинки минёров, питаясь в тканях вегетативных и генеративных органов, особенно при массовом развитии, нередко наносят существенный урон кормовым растениям, способствуют ранней дефолиации, общему угнетению растения, снижению темпов роста и развития. Например, развиваясь в мезофилле листа между верхней и нижней эпидермой, личинка минирующего насекомого часто полностью выедает ассимиляционную ткань в месте своей лока-



лизации; в результате чего очаг поражения выводится из фотосинтеза, что приводит, при наличии нескольких мин, к снижению первичной продукции, нарушению обмена веществ и, при массовом заселении фитофагом, гибели кормового растения.

Всё острее в последние годы встаёт проблема миграции минёров в новые области обитания, ранее не входившие в их исходный ареал, а также массовые вспышки численности. Распространяясь в новые районы, минёры не встречают давления со стороны местной исторически сложившейся фауны энтомофагов и энтомопатогенов, занимают свободные экологические ниши, переходя к питанию на произрастающих здесь видах кормовых растений (б. ч. антропохорных и инвазивных), не занятых местными видами минёров. В короткие сроки они увеличивают численность своей популяции, часто приводя к угнетению и гибели ценных лесных пород и культурных растений. Причинами относительно быстрого распространения минирующих насекомых могут быть: антропогенный перенос из одной удалённой области в другую (при перевозе авто-, авиа- и водными видами транспорта леса, сельскохозяйственного сырья и т. п.), изменение климатических условий (например, при повышении среднегодовых температур границы теплолюбивых видов расширяются в относительно более холодной широте), снижение численности энтомофагов вследствие применения инсектицидов широкого спектра действия. Примером инвазии минёра на территорию Среднего Поволжья может служить липовая моль-пестрянка (*Phyllonorycter issikii*). Этот новый для района исследований вид впервые был описан в Японии на о. Хоккайдо [Kumata, 1963], затем он был обнаружен на территории бывшего СССР на Дальнем Востоке [Ермолаев, 1977]. В 80-х и 90-х годах XX века в литературных источниках стали появляться сведения об обнаружении липовой моли на территории Европейской части СССР [Кузнецов и др., 1988; Осипова, 1990]. Гусеницы моли массово минируют листья древесных растений рода *Tilia* (липа). На территории Дальнего Востока *Phyllonorycter issikii* развивается на липе амурской (*Tilia amurensis*) и маньчжурской (*T. mandshurica*) [Ермолаев, 1977], не произрастающих в Европейской части России, где липовая моль минирует листья липы сердцевидной (*T. cordata*) [Ефремова, Мищенко, 2008]. В данном случае наиболее вероятен антропогенный перенос минёров через обширные территории Сибири, где локально встречается только липа сибирская (*Tilia sibirica*) в Томской области, Кузнецком Алатау [Власова, 1996]. В настоящее время инвазия липовой моли продолжается на запад европейского континента; вид отмечен из различных областей Центральной и Западной Европы [Ефремова, Мищенко, 2008].

Приспосабливаясь к минирующему образу жизни, фитофаги приобрели ряд морфологических изменений – прежде всего, развитие в замкнутом пространстве способствовало уменьшению размеров насекомых; например, самые мелкие чешуекрылые-минёры на территории Среднего и Нижнего Поволжья – моли-малютки из семейства Nepticulidae – имеют размеры не более 5 мм в размахе крыльев имаго, а развивающиеся преимущественно в мезофилле листа гусеницы данной группы молей – всего 2–3 мм. Развитие в ограниченном объёме ставит проблему утилизации продуктов обмена и не переваренных остатков, поэтому многие виды минёров располагают свои экскременты локально в определённой части мины. Например, для молей семейства Nepticulidae из рода *Stigmella* характерно расположение экскрементов в виде тонкой полосы в центральной части змеевидного хода, гусеницы рода *Ectoedemia* того же семейства располагают экскременты скученно в одном месте внутри мины. Это может иметь диагностическое значение при идентификации групп скрытоживущих фитофагов по повреждениям (например, для личинок минирующих мух из семейства Agromyzidae характерно неупорядоченное расположение экскрементов, в отличие от чешуекрылых).

Минирование является важной эволюционной адаптацией растительноядных насекомых, сформировавшейся независимо в различных отрядах; она способствовала активному видообразованию в процессе приспособления к различным группам кормовых растений, занятию новых экологических ниш и широкому распространению минёров. Переход к минирующему образу также жизни привёл к упрощению морфологической организации питающихся в растительных тканях личинок фитофагов, а также к сокращению стадий жизненного цикла и полицикличности [Пушлякис, 1992].

Преимагинальное развитие минирующих насекомых района исследований может полностью проходить внутри мины, либо в тканях растения развивается только личинка фитофага, которая после периода питания и нескольких линек покидает очаг повреждения и окукливается в верхнем слое почвы или, реже, на самом кормовом растении. Большинство минирующих насекомых Среднего и Нижнего Поволжья являются узкоспециализированными видами, приспособленными к развитию на определённых видах одного рода растений более чем из 20 семейств.

Целью данной работы являлось изучение особенностей минирующего образа жизни фитофагов различных групп, а также связей минёров в триатрофных системах.

Объекты и методы исследования

Исследования проводились на территории Среднего Поволжья в районе, ограниченном координатами с 54° по 52° с. ш., с 49° по 46° в. д. (Google maps). Выезды осуществлялись во время вегетационного периода (май–сентябрь) в различные районы лесостепной зоны в пределах Пензенской, Самарской и Ульяновской областей. На территории Нижнего Поволжья исследование проводилось в «Ильменно-бугровом заказнике» Астраханской области. В местах произрастания кормовых растений производился визуальный осмотр вегетативных и генеративных частей растений с целью обнаружения мин. Ткани растений, содержащие мины (преимущественно листья, а также плоды, кора и зелёные молодые побеги) отделялись и помещались в индивидуальные для каждого экземпляра пластиковые контейнеры для последующего изучения и выведения минёров в лабораторных условиях. Личинки насекомых отдельных групп (например, моли-малютки, пилильщики, минирующие мухи и пр.) продолжают своё развитие вне мины и окукливаются в почве, для чего на дно ёмкостей мы помещали слой увлажнённой земли. Чтобы избежать увядания листьев, стеблей и гибели личинок минёров, черешки обёртывали влажной ватой. Отрождающихся в контейнерах имаго фиксировали и монтировали на энтомологические булавки для дальнейшей идентификации и составления коллекции. Некоторые виды минёров выводятся после длительной зимней диапаузы. Для выведения этих насекомых и их паразитов мы использовали методику сбора минированных листьев в осенний период в листовом опадении. Метод удобен тем, что при осенней перемене в окраске листа та часть его, которая содержит мину, остаётся длительное время зелёной. Мины также срезали и помещали в ёмкости, закрытые многослойной марлей, которые помещали в холодильник (при температуре +5°C) на зимовку продолжительностью 5 месяцев. После этого контейнеры переносили в помещение с температурой 20°C.

Идентификация имаго минирующих насекомых и их паразитов проводилась с использованием специальных определителей [Graham, 1959; Арнольди, 1965; Родендорф, 1970; Тряпицын, 1978; Гершензон, 1981; Загуляев, 1981; Кузнецов, 1981; Пискунов, 1981; Сексяева, 1981; Желоховцев, 1988].

Результаты и их обсуждение

В ходе исследований на территории Среднего и Нижнего Поволжья был установлен видовой состав минирующих насекомых, трофические связи и влияние минёров на кормовые растения, а также изучены иные виды артропод, связанные со скрытоживущими фитофагами и образуемыми ими минами (энтомофаги, для которых минирующие насекомые являются кормовой базой, а также сапротрофы, питающиеся органическими остатками внутри мин и использующие их для укрытия).

По результатам исследований в указанном регионе, можно сделать вывод, что образуемые фитофагами ходы, полости и прочие минирующие повреждения внутри тканей растений представляют собой своеобразные экологические микрониши, с которыми связаны комплексы членистоногих, прежде всего насекомые из различных таксономических групп. При изучении отношений минёров с кормовыми растениями и другими видами насекомых следует подчеркнуть формирование так называемых тритрофических экологических связей в цепи: растение-хозяин (в тканях которого личинки образуют мины) – минёр-фитофаг (личинки которого ведут скрытый образ жизни внутри мин) – энтомофаг (насекомоядное членистоногое, для которого личинки минёра служат кормовой базой).

В Среднем и Нижнем Поволжье к минёрам относятся более 170 видов фитофагов из семейств Nepticulidae, Tischeriidae, Gelechiidae, Gracillariidae, Lyonetiidae и Yponomeutidae (Lepidoptera) (около 80% всех видов минёров), Agromyzidae (Diptera) (около 10%), Tenthredinidae (Hymenoptera) (8%), а также Curculionidae (Coleoptera) (2%). Насекомые указанных групп являются преимущественно листовыми минёрами в районе исследований, развивающимися на личиночной стадии в мезофилле листовой пластинки покрытосеменных растений (более 95% от всех видов минёров Среднего и Нижнего Поволжья). Другие виды фитофагов, относящихся к минирующим молям (около 5%), минируют плоды и кору древесных, либо молодые зелёные стебли кустарниковых растений (некоторые виды родов *Ectoedemia* и *Trifurcula* семейства нептикулид).

Виды насекомых-минёров, отмеченные на территории Нижнего Поволжья:

Nepticulidae: моль крошка вязовая – *Stigmella ulmiphaga* (Priessecker), 2 генерации.

Gracillariidae: подсемейство Lithocolletinae: моль пестрянка тополевая – *Phyllonorycter populifoliella* (Tr.), тополь; *P. blancardella* (Fabr.), яблоня.

Lyonetiidae: подсемейство Lyonetiinae: моль яблонево-минирующая – *Lyonetia clerkella* (L.), яблоня; моль тополево-минирующая – *Phyllocnistis sorhageniella* Linders., тополь.



Gelechiidae: подсемейство Anacampsinae: моль лоховая – *Ananarsia eleagnella* (Kuzn.), лох; *Ananarsia lineatella* (Zell.), лох.

Agromyzidae: *Phytomyza orobanchia* Kaltb., *Ph. atricornis* Mg., *Ph. horticola* Gour., *Ph. carvi* Her., *Ph. chaerophylli* Kaltb., *Ph. spinacia* Hd., *Ph. spondylli* R.-D., *Ph. umbelliferarum* Her., *Ph. gymnostoma* Lw., *Ph. rufipes* Mg., *Ph. marginella* Fll., *Liriomyza strigata* Mg., бобовые; *L. brassicae* Ril., *Liriomyza bryoniae* (Kaltb), *L. endiviae* Her., *L. serriolae* Her., *Napomyza lateralis* Fll., *Melanagromyza angelicifaga* Sp., *Ophiomyia pinguis* Fll., *O. cunctata* Hend., *Aumaromyza flavifrons* Mg.

Минирующие насекомые в Среднем и Нижнем Поволжье используют в качестве кормовых более 80 видов цветковых растений из 35 семейств, причём среди минёров указанного региона большинство развивается на древесных растениях из класса двудольных (более 80% всех видов фитофагов, преимущественно из отрядов чешуекрылых, перепончатокрылых и жесткокрылых); развитие на травянистых растениях характерно для минирующих мух-агромизид (менее 20%). Среди изученных групп минёров большинство (свыше 95%) является олигофагами, использующими в качестве кормовых растения одного рода (не более 3-х видов в районе исследований), причём более 60% из них развиваются только на одном конкретном виде растения (в основном, это узкоспециализированные минирующие чешуекрылые из семейств Nepticulidae и Gracillariidae). Полифагами являются лишь некоторые виды минирующих двукрылых семейства Agromyzidae, повреждающие листья травянистых растений (например, многоядная минирующая мушка *Chromatomyia horticola* была отмечена на 12 видах кормовых растений в районе проведения исследований [Страхова и др., 2013]).

Развитие преимагинальных стадий минёров может полностью проходить внутри мины под защитой тканей растения; либо только личинка фитофага развивается на кормовом растении, а окукливание осуществляется за пределами очага повреждения.

Из изученных групп минирующих насекомых все стадии преимагинального развития внутри мин проходят моли-пестрянки семейства Gracillariidae, относящиеся к роду *Phyllonorycter* (28 видов на территории Среднего Поволжья [Мищенко, Золотухин, 2003]). Чешуекрылые указанной группы в районе исследований минируют преимущественно листья древесных растений, давая за вегетационный период 2 генерации (в июне и августе). Самки производят кладки на нижнюю сторону листовой пластинки кормового растения, после чего выходящая гусеница внедряется в мезофилл листа и развивается в течение 5–7 дней между верхней и нижней эпидермой, образуя характерные пятновидные деформирующие лист мины. Обычно самки избегают производить повторные кладки на уже заселённые листья, поэтому большинство видов образует по одной мине на листьях кормового растения. После периода питания гусеницы окукливаются непосредственно в минах, выход имаго осуществляется через 7–10 дней путём прокола куколкой эпидермы листа. Массовое минирование характерно для относительно недавно (с конца 80-х годов XX века) проникшего на территорию Среднего Поволжья из Японии и Дальнего Востока инвазивного вида – липовой моли-пестрянки (*Phyllonorycter issikii*), дающего 3 генерации за лето и наносящего существенный урон липе сердцевидной (*Tilia cordata*). Гусеницы молей данного вида могут образовывать на крупных листьях кормовых растений до 20 мин, занимающих более 90% фотосинтезирующей поверхности [Ефремова, Мищенко, 2008]. Следует отметить также периодически возникающие вспышки численности молей рода *Phyllonorycter*, входящих в фауну чешуекрылых Среднего Поволжья; например, в 2008 и 2009 гг. наблюдалось массовое заселение осины (*Populus tremula*) великолепной молю-пестрянкой (*Phyllonorycter apparella*); максимальное количество мин, зафиксированное на листьях кормового растения в те годы, доходило до 21, а площадь поражённой поверхности – до 98% [Ефремова и др., 2011]. Тенденцией к массовому развитию в районе исследованийобладают такие виды рода *Phyllonorycter*, как люцерновая моль-пестрянка (*Phyllonorycter medicaginella*), развивающаяся на доннике [Мищенко, Ефремова, 2012], а также ивовая минирующая моль-пестрянка (*Phyllonorycter pastorella*) (гусеницы заселяют листья ивы).

Все преимагинальные стадии развития внутри мин проходят некоторые виды молей-малюток семейства Nepticulidae Среднего и Нижнего Поволжья (например, моль *Ectoedemia septembrella*, гусеницы которой повреждают листья зверобоя и окукливаются в плотном коконе непосредственно в мине [Мищенко, 2013]), а также отдельные виды минирующих жуков-долгоносиков (например, *Orchestes betuleti* на вязе [Страхова, Зотов, 2010]) и мух-агромизид (упомянутый выше полифаг *Chromatomyia horticola* [Страхова и др., 2013]).

Большинство видов минирующих насекомых в районе проведения исследований (свыше 70% от общего числа) развиваются на кормовом растении только на личиночной стадии, а для дальнейшего развития проникают в верхние слои почвы, где окукливаются; реже куколка формируется на стеблях и листьях. К данной группе относится большинство видов (всего 57) минирующих чешуекрылых семейства Nepticulidae [Мищенко, 2013], пилильчиков из семей-

ства Tenthredinidae (более 10 видов) [Ленгесова, 2008], а также некоторые виды минирующих мух семейства Agromyzidae (около 15 видов) [Страхова и др., 2013].

Моли-малютки из группы Nepticulidae в Среднем и Нижнем Поволжье представлены в основном дендрофагами и образуют характерные змеевидные (род *Stigmella* и *Trifurcula*), либо относительно небольшие пятновидные мины (род *Ectoedemia* и *Bohemannia*) в тканях листа. Некоторые виды минируют также кору (например, *Ectoedemia liebwerdella* на дубе летнем), плоды (*Ectoedemia sericopeza* на клёне платановидном), а также стебли травянистых и кустарниковых бобовых (например, *Trifurcula chamaecytisi* на ракитнике русском) [Мищенко, 2013]. Виды данной группы чешуекрылых дают 1–2 генерации за вегетационный сезон (июнь–июль), причём для некоторых молей характерна длительная зимняя диапауза куколки в верхних слоях почвы, а выход имаго осуществляется только в следующем году.

Минирующие пилильщики семейства Tenthredinidae (наиболее широко представлены виды родов *Fenusa* и *Messa*) образуют широкие пятновидные мины в основном на древесных растениях в Среднем Поволжье [Ленгесова, 2008]. Наиболее вредоносными видами являются берёзовый и вязовый минирующие пилильщики (*Fenusa pusilla* и *F. ulmi*), а также тополевый пилильщик (*Messa glaucopsis*). Для указанных видов характерны периодические локальные вспышки численности на кормовых растениях, особенно для зелёных насаждений в пределах городской черты и парковых зон. На листьях может находиться 2–3 крупных повреждения и более, которые часто сливаются с образованием совместных мин. Площадь поражения мелких листьев может достигать 100%, что приводит к их усыханию уже в начале вегетационного периода (июнь) и общему угнетению кормовых растений [Ленгесова, 2008]. Активный лёт и спаривание имаго в районе исследований наблюдается в мае, после чего самки производят кладки под эпидермис листа. Личинки питаются в мезофилле около 2-х недель, после чего окукливаются в почве, окружая себя коконом. Развитие пилильщиков семейства Tenthredinidae в условиях Среднего Поволжья проходит с 1 генерацией за вегетационный период, зимует куколка. Следует отметить слабую специализированность пилильщиков к минирующему образу жизни, в отличие, например, от указанных групп чешуекрылых-минёров на территории исследований. Это проявляется и в особенностях строения личинок и образуемых ими мин. По литературным данным, пятновидный тип повреждений пилильщиков является первичным и неспециализированным, мезофилл листа выедается неупорядоченно, так что минирующие повреждения даже одного и того же вида пилильщиков часто разнятся по форме. Сами мины двусторонние, сильно вздутые, с неупорядоченно расположенными экскрементами. Также некоторые данные свидетельствуют об относительно недавнем (в эволюционном процессе) переходе пилильщиков от факультативного к облигатному минированию; личинки минирующих видов сохраняют сходство морфологии со свободноживущими: слабый прогнатизм головы, неполная редукция антенн, а также сохраняющиеся грудные ноги [Ленгесова, 2008].

Для минирующих мух-агромизид Среднего и Нижнего Поволжья характерно образование змеевидных мин с неупорядоченно расположенными экскрементами, разбросанными по всему ходу повреждения. Минёры данной группы двукрылых в районе исследований заселяют 20 видов, преимущественно травянистых, растений из 7 семейств [Страхова и др., 2013]. Агромизиды дают несколько генераций за вегетационный период, их число находится в значительной зависимости от температурных условий и весь цикл развития от яйца до имаго может варьировать от 14 до 20 дней. Обычно первые мины появляются уже в конце мая; развитие мух продолжается непрерывно весь вегетационный период вплоть до середины сентября. Самки могут производить повторные кладки на листья кормовых растений, так что к концу сезона развития они могут быть полностью пронизаны змеевидными ходами, а площадь поражённой поверхности доходить до 50%. Личинки большинства видов агромизид после периода питания (около 7 дней в зависимости от условий) покидают мину и образуют пупарии в почве; куколка развивается около 7–10 дней.

Заключение

Изученным группам фитофагов принадлежит ключевая роль в формировании такой экологической микросреды, как мина. С минёрами и образуемыми ими повреждениями ассоциированы различные группы энтомофагов (паразитов и хищников) и сапрофагов, использующие растительных насекомых и их органические остатки в качестве кормовой базы, а сами минирующие повреждения в качестве укрытий. Паразитофауна минирующих насекомых Среднего Поволжья достаточно хорошо изучена и представлена наездниками из надсемейства хальцид (*Chalcidoidea*), фауна которых насчитывает свыше 200 видов в районе исследований [Ефремова, 2004; Ефремова, Мищенко, 2008; Ефремова, Мищенко, 2009; Ефремова и др., 2009; Страхова, Зотов, 2010; Ефремова и др., 2011; Страхова и др., 2013]. Представители данной группы паразитических перепончатокрылых заражают преимущественно личинок минирую-



щих насекомых, питающихся в тканях кормового растения. Самки хальцид способны определять локализацию хозяина в мине и заражать одним (при солитарном паразитизме), либо большим числом яиц (при гregarном развитии наездника), производя прокол яйцекладом непосредственно через покровы растения. При этом часто происходит парализация личинки фитофага и дальнейшего развития вредителя и, соответственно, повреждения кормового растения не продолжается. Заражённость минёров личинками наездников может достигать в отдельных случаях до 60% и более [Мищенко и др., 2007; Ефремова, Мищенко, 2008], что демонстрирует важную экологическую роль энтомофагов в сдерживании численности минирующих насекомых. В данном случае можно говорить о формирующемся экологическом балансе в системе кормовое растение – минирующее насекомое – энтомофаг, поскольку, с одной стороны фитофаги, активно минируя растительные ткани, ограничивают рост и развитие, с другой, энтомофаги препятствуют чрезмерному размножению минёров, заражая часть их популяции и обеспечивают естественный биологический контроль численности вредителей. Кроме того, следует отметить, что определённый вклад в сдерживание численности минёров в Среднем Поволжье вносят и хищные насекомые, атакующие личинок и куколок непосредственно в минах. В ходе исследований был отмечен факт хищничества клопов *Anthocoris nemorum* на минирующих молях-пестрянках рода *Phyllonorycter* [Мищенко, 2011].

Благодарности

Авторы благодарят А.Л. Львовского – сотрудника Зоологического института РАН (г. Санкт-Петербург, Россия) за возможность работать в коллекционных фондах. Данное исследование проведено при поддержке ФЦП Минобрнауки РФ Госзадание – 2014/391, проект №2607.

Список литературы References

1. Арнольди Л.В., Заславский В.А., Тер-Минасян М.Е. 1965. Сем. Curculionidae – Долгоносики. В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 2. Жесткокрылые и веерокрылые. М.; Л., 485–621.
Arnoldi L.V., Zaslavsky V.A., Ter-Minasyan M.E. 1965. The family Curculionidae – Weevils. In: Opredelitel' nasekomyh Evropejskoj chasti SSSR. T. 2. Zhestkokrylye i veerokrylye [Keys to the insects of the European part of the USSR. Vol. 2. Coleoptera and Strepsiptera]. Moscow–Leningrad: 485–621. (in Russian)
2. Власова Н.В. 1996. Семейство Tiliaceae – Липовые. В кн.: Флора Сибири. Т. 10. Geraniaceae – Cornaceae. Новосибирск, Наука: 65–66.
Vlasova N.V. 1996. The family Tiliaceae – Linden. In: Flora Sibiri. T. 10. Geraniaceae – Cornaceae [Flora of Siberia. Vol. 10. Geraniaceae – Cornaceae]. Novosibirsk, Nauka: 65–66. (in Russian)
3. Гершензон З.С. 1981. Сем. Yponomeutidae – горностаевые моли. В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 4. Ч. 2. Л., Наука: 331–347.
Gershenzon Z.S. 1981. The family Yponomeutidae – ermine moths. In: Opredelitel' nasekomyh Evropejskoj chasti SSSR. T. 4. Ch. 2 [Keys to the insects of the European part of the USSR. Vol. 4. Part 2]. Leningrad, Nauka: 331–347. (in Russian)
4. Ермолаев В.П. 1977. Эколого-фаунистический обзор минирующих молей-пестрянок (Lepidoptera, Gracillariidae) Южного Приморья. В кн.: Труды Зоологического института АН СССР. Т. 70. М.; Л.: 98–116.
Yermolaev V.P. 1977. Ecological and faunistic review of mining moths-pestryanok (Lepidoptera, Gracillariidae) Southern Primorye. In: Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR. T. 70 [Proceedings of the Zoological Institute of the USSR. Vol. 70]. Moscow–Leningrad: 98–116. (in Russian)
5. Ефремова З.А., Мищенко А.В. 2008. Комплекс наездников-паразитоидов (Hymenoptera, Eulophidae) липовой моли-пестрянки *Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) в Среднем Поволжье. Зоологический журнал, 87 (2): 189–196.
Efremova Z.A., Mischenko A.V. 2008. Complex-riders parasitoids (Hymenoptera, Eulophidae) lime Gracillariidae *Phyllonorycter issikii*, Lepidoptera, Gracillariidae) in the Middle Volga. Zoologicheskij zhurnal [Zoological Journal], 87 (2): 189–196. (in Russian, with English summary)
6. Ефремова З.А., Мищенко А.В. 2009. Новые данные о трофических наездниках Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) с чешуекрыльями (Lepidoptera) в Среднем Поволжье. Энтомологическое обозрение, 88 (1): 29–37.
Efremova Z.A., Mischenko A.V. 2009. New data on the trophic riders Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) with lepidopteran (Lepidoptera) in the Middle Volga. Jentomologicheskoe obozrenie [Entomological Review]. 88 (1): 29–37. (in Russian, with English summary)
7. Ефремова З.А., Мищенко А.В., Краюшкина А.В. 2009. Комплексы паразитоидов (Hymenoptera, Eulophidae) молей-пестрянок рода *Phyllonorycter* (Lepidoptera, Gracillariidae) в Среднем Поволжье. Зоологический журнал, 88 (10): 1213–1221.
Efremova Z.A., Mischenko A.V., Krayushkina A.V. 2009. Complexes parasitoids (Hymenoptera, Eulophidae) mol-pestryanok kind *Phyllonorycter* (Lepidoptera, Gracillariidae) in the Middle Volga. Zoologicheskij zhurnal [Zoological Journal], 88 (10): 1213–1221. (in Russian, with English summary)

8. Ефремова З.А., Мищенко А.В., Егоренкова Е.Н., Страхова И.С., Ленгесова Н.А. 2011. Комплексы наездников семейства Eulophidae (Hymenoptera), паразитирующих на *Phyllonorycter apparella* и *Phyllonorycter populifoliella* (Lepidoptera, Gracillariidae) – вредителей осины и тополя в Ульяновской области. Зоологический журнал, 90 (4): 438–444.

Efremova Z.A., Mishchenko A.V., Egorenkova E.N., Strakhova I.S., Lengeso N.A. 2011. Complexes riders family Eulophidae (Hymenoptera), parasitic Phyllonorycter apparella and Phyllonorycter populifoliella (Lepidoptera, Gracillariidae) – aspen and poplar pests in the Ulyanovsk region. Zoologicheskij zhurnal [Zoological Journal], 90 (4): 438–444. (in Russian, with English summary)

9. Желоховцев А.Н. 1988. Отряд Hymenoptera – перепончатокрылые. Подотряд Symphyta (Chalastogastra) – сидячебрюхие. В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 3. Ч. 6. Л., Наука: 268.

Zhelokhovtsev A.N. 1988. The order Hymenoptera – Hymenoptera. Suborder Symphyta (Chalastogastra) – Symphyta. In: Opredelitel' nasekomyh Evropejskoj chasti SSSR. T. 3. Ch. 6 [Keys to the insects of the European part of the USSR. Vol. 3. Part 6]. Leningrad, Nauka: 268. (in Russian)

10. Загуляев А.К. 1981. Сем. Tischeriidae – одноцветные моли-минеры. В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 4. Ч. 1. Л., Наука: 66–71.

Zagulyaev A.K. 1981. The family Tischeriidae – Tischerioidea. In: Opredelitel' nasekomyh Evropejskoj chasti SSSR. T. 4. Ch. 1 [Keys to the insects of the European part of the USSR. Vol. 4. Part 1]. Leningrad, Nauka: 66–71. (in Russian)

11. Кузнецов В.И. 1981. Сем. Gracillariidae (Lithocolletinae) – моли-пестрянки. В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 4. Ч. 2. Л., Наука: 149–311.

Kuznetsov V.I. 1981. The family Gracillariidae (Lithocolletinae) – Gracillariidae. In: Opredelitel' nasekomyh Evropejskoj chasti SSSR. T. 4. Ch. 2 [Keys to the insects of the European part of the USSR. Vol. 4. Part 2]. Leningrad, Nauka: 149–311. (in Russian)

12. Кузнецов В.И., Козлов М.В., Сексяева С.В. 1988. К систематике и филогении минирующих молей сем. Gracillariidae, Bucculatricidae и Lyonetiidae (Lepidoptera) с учетом функциональной и сравнительной морфологии гениталий самцов. В кн.: Труды Зоологического института АН СССР. Т. 176: 52–71.

Kuznetsov V.I., Kozlov M.V., Seksyayeva S.V. 1988. By the systematics and phylogeny of mining moths Sem. Gracillariidae, Bucculatricidae and Lyonetiidae (Lepidoptera), taking into account functional and comparative morphology of the male genitalia. In: Trudy Zoologicheskogo instituta AN SSSR. T. 176 [Proceedings of the Zoological Institute of the USSR. Vol. 176]. Moscow–Leningrad: 52–71. (in Russian)

13. Ленгесова Н.А. 2008. Особенности морфологии и образа жизни пилильщико-минеров (Hymenoptera, Tenthredinidae) Среднего Поволжья. Эверсманния. Энтомологические исследования в России и соседних регионах, 13–14: 41–47.

Lengeso N.A. 2008. Morphology and lifestyle-miner sawflies (Hymenoptera, Tenthredinidae) Middle Volga. Jevermannija. Jentomologicheskie issledovanija v Rossii i sosednih regionah [Eversmannia. Entomological Research In Russia And Adjacent Regions], 13–14: 41–47. (in Russian)

14. Мищенко А.В. 2011. Энтомофауна листовых мин. Вестник Томского государственного педагогического университета, 5 (107): 101–106.

Mishchenko A.V. 2011. Entomofauna sheet min. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [Tomsk State Pedagogical University Bulletin], 5 (107): 101–106. (in Russian)

15. Мищенко А.В. 2013. Минирующие чешуекрылые семейства молей-малюток (Lepidoptera, Nepticulidae) Среднего Поволжья. Зоологический журнал, 92 (4): 472–476.

Mishchenko A.V. 2013. undermines family lepidoptera moths babies (Lepidoptera, Nepticulidae) Middle Volga. Zoologicheskij zhurnal [Zoological Journal], 92 (4): 472–476. (in Russian, with English summary)

16. Мищенко А.В., Золотухин В.В. 2003. Минирующие моли-пестрянки рода *Phyllonorycter* Hbn., 1822 (Lepidoptera: Gracillariidae) фауны Ульяновской области. В кн.: Природа Симбирского Поволжья. Сборник научных трудов. Вып. 4. Ульяновск: 47–53.

Mishchenko A.V., Zolotukhin V.V. 2003. undermines Gracillariidae kind Phyllonorycter Hbn., 1822 (Lepidoptera: Gracillariidae) fauna of the Ulyanovsk region. In: Priroda Simbirskogo Povolzh'ja. Sbornik nauchnyh trudov. Vyp. 4 [Nature Simbirsk Volga. Collection of scientific papers. Vol. 4]. Ulyanovsk: 47–53. (in Russian)

17. Мищенко А.В., Ефремова З.А., Краюшкина А.В. 2007. Динамика популяции липовой моли пестрянки *Phyllonorycter issikii* (Kumata) (Lepidoptera: Gracillariidae) и комплекс ее паразитоидов (Hym. Eulophidae) в Среднем Поволжье. В кн.: Природа Симбирского Поволжья: Сборник научных трудов. Вып. 8. Ульяновск: 169–175.

Mishchenko A.V., Efremova Z.A., Krayushkina A.V. 2007. Population dynamics of lime moths *Zygaenidae* *Phyllonorycter issikii* (Kumata) (Lepidoptera: Gracillariidae) and its complex parasitoids (Hym. Eulophidae) in the Middle Volga. In: Priroda Simbirskogo Povolzh'ja. Sbornik nauchnyh trudov. Vyp. 8 [Nature Simbirsk Volga. Collection of scientific papers. Vol. 8]. Ulyanovsk: 169–175. (in Russian)

18. Мищенко А.В., Ефремова З.А. 2012. Люцерновая моль-пестрянка (*Phyllonorycter medicaginella*, Lepidoptera, Gracillariidae) и её паразитоиды (Hymenoptera, Eulophidae) в Среднем Поволжье. Зоологический журнал, 91 (5): 560–565.

Mishchenko A.V., Efremova Z.A. 2012. Alfalfa mole *Zygaenidae* (*Phyllonorycter medicaginella*, Lepidoptera, Gracillariidae) and its parasitoids (Hymenoptera, Eulophidae) in the Middle Volga. Zoologicheskij zhurnal [Zoological Journal], 91 (5): 560–565. (in Russian, with English summary)



19. Осипова А.С. 1990. Липовая моль-пестрянка (Lepidoptera, Gracillariidae) и ее роль в комплексе фитофагов липовых насаждений Приокско-Террасного биосферного заповедника. В кн.: Заповедники СССР – их настоящее и будущее. Вып. 3. Новгород: 107–109.

Osipov A.S. 1990 Linden mole Zygaenidae (Lepidoptera, Gracillariidae) and its role in the complex phytophages linden trees Oka Terrasny Biosphere Reserve. In: Zapovedniki SSSR – ih nastojashhee i budushhee. Vyp. 3 [Reserves of the USSR – their present and future. Vol. 3]. Novgorod: 107–109. (in Russian)

20. Пискунов В.И. 1981. Сем. Gelechiidae – Выемчатокрылые моли. В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 4. Ч. 2. Л., Наука: 659–748.

Piskunov V.I. 1981. The family Gelechiidae – Vyemchatokrylye moths. In: Opredelitel' nasekomykh Evropejskoj chasti SSSR. T. 4. Ch. 2 [Keys to the insects of the European part of the USSR. Vol. 4. Part 2]. Leningrad, Nauka: 659–748. (in Russian)

21. Пуплясис Р.К. 1992. Система и эволюция нептикулид (Nepticulidae) с обзором минирующего образа жизни гусениц в отряде Lepidoptera. Автореф. дис. ... док. биол. наук. СПб., 45.

Puplyasis R.K. 1992. Sistema i jevoljucija neptikulid (Nepticulidae) s obzorom minirujushhego obraza zhizni gusenicy v otrjade Lepidoptera [System and evolution neptikulid (Nepticulidae) with an overview undermines lifestyle caterpillars in the squad Lepidoptera]. Abstract. dis. ... doc. biol. sciences. Saint-Petersburg: 45. (in Russian)

22. Родендорф Е.Б. 1970. Сем. Agromyzidae – Минирующие мушки. В кн.: Определитель насекомых европейской части СССР. Т. 5. Ч. 2. Л., Наука: 233–303.

Rohdendorf E.B. 1970. The family Agromyzidae – leaf-mining flies. In: Opredelitel' nasekomykh Evropejskoj chasti SSSR. T. 5. Ch. 2 [Keys to the insects of the European part of the USSR. Vol. 5. Part 2]. Leningrad, Nauka: 233–303. (in Russian)

23. Сексяева С.В. 1981. Сем. Lyonetiidae – крохотки-моли. В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 4. Ч. 2. Л., Наука: 420–430.

Seksyaeva S.V. 1981. The family Lyonetiidae – Lyonetiidae. In: Opredelitel' nasekomykh Evropejskoj chasti SSSR. T. 4. Ch. 2 [Keys to the insects of the European part of the USSR. Vol. 4. Part 2]. Leningrad, Nauka: 420–430. (in Russian)

24. Страхова И.С., Зотов А.А. 2010. Изучение биологии и паразитокомплекса (Hymenoptera: Eulophidae) минирующего долгоносика *Orchestes betuleti* (Panzer, 1795) (Coleoptera: Curculionidae) в Ульяновской области. Кавказский энтомологический бюллетень, 6 (2): 203–206.

Strakhova I.S., Zotov A.A. 2010. A study of biology and parazitokomplex (Hymenoptera: Eulophidae) undermines weevil *Orchestes betuleti* (Panzer, 1795) (Coleoptera: Curculionidae) in the Ulyanovsk region. Kavkazskij jentomologicheskij bjulleten' [Caucasian Entomological Bulletin], 6 (2): 203–206. (in Russian)

25. Страхова И.С., Ефремова З.А., Чирнхаус М., Егоренкова Е.Н. 2013. Комплекс паразитоидов (Hymenoptera, Eulophidae) минирующих мух агромизид (Diptera, Agromyzidae) в Среднем Поволжье. Зоологический журнал, 92 (5): 553–561.

Strakhova I.S., Efremova Z. A., Chirnhau M., Egorenkova E.N. 2013. The complex of parasitoids (Hymenoptera, Eulophidae) agromizid mining flies (Diptera, Agromyzidae) in the Middle Volga. Zoologicheskij zhurnal [Zoological Journal], 92 (5): 553–561. (in Russian, with English summary)

26. Тряпицын В.А. 1978. Надсемейство Chalcidoidea. В кн.: Определитель насекомых Европейской части СССР. Т. 3. Ч. 2. Л., Наука: 28–538.

Tryapitsyn V.A. 1978. The superfamily Chalcidoidea. In: Opredelitel' nasekomykh Evropejskoj chasti SSSR. T. 3. Ch. 2 [Keys to the insects of the European part of the USSR. Vol. 3. Part 2]. Leningrad, Nauka: 28–538. (in Russian)

27. Graham M.W.R. de V. 1959. Keys to the British genera and species of Elachertinae, Eulophinae, Entedontinae and Euderinae (Hymenoptera, Chalcidoidea). Transactions of the Society for British Entomology, 13: 169–204.

28. Kumata T. 1963. Taxonomic studies on the Lithocolletinae of Japan. Part I. Insecta Matsumurana, 25 (2): 53–90.

29. Yefremova Z.A. 2004. Additions and corrections to Catalogue of the Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) of Russia (Yefremova, 2002). Linzer Biologische Beiträge, 36 (2): 1339–1348.

УДК 594.3

**НОВЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОХРАНЯЕМЫХ ВИДАХ КСЕРОФИЛЬНЫХ
МОЛЛЮСКОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ****THE NEW INFORMATION ABOUT PROTECTED SPECIES
OF XEROPHILIC MOLLUSKS IN THE BELGOROD REGION****А.А. Сычев, Э.А. Снегин
А.А. Sychev, E.A. Snegin***Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85**Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia**E-mail: sychov@bsu.edu.ru*

Ключевые слова: наземные моллюски, южная лесостепь, Красная книга Белгородской области, Среднерусская возвышенность.

Key words: land snails, the southern steppe, the Red book of the Belgorod region, the Mid-Russia upland.

Аннотация. Ведение Красных книг предусматривает систематический сбор и анализ материалов о распространении и экологии редких и охраняемых видов с целью оценки состояния их популяций. За период исследований с 2011 по 2014 гг. приведены новые данные о распространении и экологии охраняемых ксерофильных видов моллюсков на территории юга Среднерусской возвышенности. Предлагается: изменить статус для вида *Helicopsis striata* (Müller, 1774) с «редкого» на «уязвимый»; исключить из перечня охраняемых моллюсков *Truncatellina cylindrica* (Ferussac, 1807); внести в список охраняемых видов *Pupilla bigranata* (Rossmässler, 1839) и *Truncatellina costulata* (Nilsson, 1822).

Resume. Maintenance of the Red book provides a systematic collection and analysis of materials on the distribution and ecology of rare and protected species to assess the status of their populations. During the study period from 2011 to 2014, we got a new data on the distribution and ecology of protected xerophilous species of snails on the South of the Mid-Russia upland. We propose to: change the status for the species *Helicopsis striata* (Müller, 1774) from “rare” to “vulnerable”; to withdraw from the list of protected land snails *Truncatellina cylindrica* (Ferussac, 1807); to include in the list of protected species *Pupilla bigranata* (Rossmässler, 1839) and *Truncatellina costulata* (Nilsson, 1822).

Введение

Наземные моллюски характеризуются малоподвижностью и узколокальностью, в связи с чем являются одной из наиболее уязвимых групп живых организмов [Балашёв, 2011, 2012]. Так, более половины зарегистрированных современных вымираний животных относится именно к этой группе [Régnier et al., 2009]. При этом наибольшего опасения вызывают ксерофильные моллюски, приуроченные к сухим равнинным безлесным сообществам и степям, наиболее сильно трансформированным в результате хозяйственной деятельности человека [Балашёв 2012; Балашёв, Байдашников, 2013]. Кроме того, в условиях Белгородской области, расположенной на границе зон лесостепи и степи юга Среднерусской возвышенности, наблюдается естественная фрагментированность природных степей, разделенных лесными массивами, и усиливаемая антропогенной трансформацией ландшафта, что также приводит к снижению жизнеспособности популяций и вагильности ксерофильных видов моллюсков. Именно поэтому из пяти видов моллюсков, занесенных в Красную книгу Белгородской области, четыре вида относятся к ксерофильной группе – это *Cepaea vindobonensis* (Ferussac, 1821), *Truncatellina cylindrica* (Ferussac, 1807), *Helicopsis striata* (Müller, 1774), *Pupilla triplicata* (Studer, 1820) [Присный, 2004].

Ведение Красных книг предусматривает анализ фауны и флоры, мониторинг состояния природных популяций охраняемых видов с целью уточнения их распространения, экологии, оценки жизнеспособности [Присный, Снегин, 2008]. При этом важным моментом ведения региональных Красных книг является также анализ состояния популяций охраняемых видов не только в границах федеральных субъектов, но и их окрестностях. Все это необходимо для обоснования возможности изменения списка охраняемых видов и их статуса.

Сбором сведений об охраняемых ксерофильных моллюсках Белгородской области в разные годы занимались В.А. Николаев [1973], Э.А. Снегин и А.В. Присный [Присный, Снегин,



2008; Снегин, Присный, 2008; Снегин, 2002, 2011; Снегин, Сычев, 2011]. К настоящему времени получены новые данные о малакофауне Белгородской области.

Цель работы: привести новые сведения о распространении и экологии ксерофильных видов моллюсков на территории Белгородской области и сопредельных территориях, включенных или рекомендуемых для включения в список охраняемых видов Белгородской области.

Материалы и методы

Малакофауну ксерофильных сообществ изучали в 2011–2014 гг. в 74 пунктах, расположенных на территории Белгородской области (Алексеевский, Белгородский, Борисовский, Валуйский, Волоконовский, Губкинский, Корочанский, Красненский, Красногвардейский, Новооскольский, Прохоровский, Ровеньский, Старооскольский, Чернянский, Шебекинский и Яковлевский районы), Воронежской области (Острогожский и Россошанский районы) (Россия), а также в Купянском районе Харьковской области и Новопсковском районе Луганской области (Украина). Основным методом сбора материала являлся отбор проб верхнего слоя почвы с подстилкой для последующего разбора в лабораторных условиях. Также мы осматривали побеги и листья растений в поиске живых улиток, собирали пустой раковинный материал. Видовую принадлежность найденных раковин моллюсков устанавливали с помощью определителей [Лихарев, Раммельмейер, 1952; Шилейко, 1978, 1984].

Результаты и их обсуждение

Моллюск *Cerpea vindobonensis* (Ferussac, 1821) имеет статус «редкий на территории области вид». Распространен по сухим поймам, склонам берегов рек, реже по опушкам лесов и зарослям кустарников, также предпочитает селиться по широким долинам рек, и избегает верховьев балок. Ранее был известен из следующих пунктов: 1) правый берег реки (п.б.р.) Нежеголь от устья р. Нежеголек до г. Шебекино; 2) долина р. Оскол между г. Новый Оскол и государственной границей с Украиной; 3) п.б.р. Ворскла в районе с. Хотмыжск; 4) заповедный участок «Острасевы яры»; 5) п.б.р. Валуй в окр. д. Лучка; 6) пойма р. Северский Донец в районе песчаного карьера пос. Разумное и черте г. Белгород (балка п.б.р. Северский Донец в южном районе Харьковской горы и левый берег реки (л.б.р.) Везелка в районе Болховца) [Присный, 2004; Снегин, Присный, 2008]. В ходе наших исследований обнаружены популяции *C. vindobonensis* в следующих пунктах: 1) левый берег белгородского водохранилища (пойма р. Северский Донец) в окр. д. Ржавец; 2) п.б.р. Разумная на меловых склонах в окр. с. Севрюково; 3) п.б.р. Короча на меловых склонах в районе населенных пунктов Доброе, Факовка и Большое Городище; 4) п.б.р. Нежеголь в окр. с. Сурково; 5) п.б.р. Палатовка в окр. с. Никитовка. Моллюск формирует три изолированные друг от друга популяционные группировки, расположенные в бассейнах рек Ворскла, Северский Донец и Оскол. Обозначенные группировки, в свою очередь, представлены отдельными локальными популяциями, в разной степени изолированными друг от друга естественными и антропогенными элементами ландшафта, что на фоне низкой плотности способствует увеличению генетико-автоматических процессов в популяциях и снижению их жизнеспособности [Снегин, 2011].

Pupilla triplicata (Rossmässler, 1839) имеет статус «редкий на территории области вид». На протяжении своего ареала населяет почти все биотопы с умеренным увлажнением от опушек лиственных лесов до россыпей камней в полупустынях и горах [Лихарев, Раммельмейер, 1952]. На территории юга Среднерусской возвышенности были известны популяции в окр. заповедного участка «Ямская степь», заповедном участке «Стенки Изгорья», а также в бассейне р. Айдар по нижнему течению до поселка Ровеньки [Присный, 2004]. Нами обнаружены популяции *P. triplicata* на опушке нагорного леса в ООПТ «Бекарюковский бор» по п.б.р. Нежеголь, на опушке нагорной дубравы в овраге п.б.р. Лозовая в окрестностях поселка Ровеньки. Примечательно, что в «Бекарюковском бору» и в «Стенках Изгорья» отмечались такие реликты ледниковой эпохи, как сосна меловая (*Pinus sylvestris* L. var. *cretacea*) и характерный элемент «горных» боров волчегродник алтайский (*Daphne altaica* P.), а в пункте близ поселка Ровеньки – только волчегродник алтайский. Таким образом, полученные данные подтверждают ранее высказанное предположение о том, что *P. triplicata* обитает преимущественно в реликтовых сообществах и является их индикатором [Николаев, 1973; Снегин, 2002].

Также важно отметить, что в отличие от типичной формы *P. triplicata*, для которой в устье раковины характерно наличие одного палатального зуба, в отмеченных биотопах юга Среднерусской возвышенности моллюск имеет два палатальных зуба. Это характерно для формы *P. triplicata* var. *luxuriana* (Reinhardt, 1877), распространенной в Крыму и на Кавказе [Лихарев, Раммельмейер, 1952] (рис. 1). Подобная «горная» форма *P. triplicata* была указана Н.В. Гураль-Сверловой и для Донецкого края [Гураль-Сверлова и др. 2012]. Таким образом, совре-



менный ареал *P. triplicata* var. *luxuriana* имеет разорванный, вероятно, реликтовый характер и представляет собой остатки некогда единого ареала, охватывавшего южную часть Восточной Европы.

Рис. 1. Раковина *P. triplicata* var. *luxuriana* из участка «Наголенский» природного парка «Ровенский»
 Fig. 1. The shell of *P. triplicata* var. *luxuriana* from the point “Nagolensky” in natural park “Roveniskoi”

Truncatellina cylindrica (Ferussac, 1807) имеет статус «редкий на территории области вид». Тем не менее, на территории лесостепи восточной Европы распространен достаточно широко и населяет широкий спектр биотопов от ксерофитных степей до увлажненных лугов и сухих широколиственных лесов [Балашёв, Байдашников, 2012; Балашёв и др., 2013]. В.А. Николаев отмечает, что данный вид характерен для реликтовых сообществ и может служить их индикатором [Николаев, 1973; Снегин, 2002]. Ранее для территории Белгородской области вид отмечался лишь в средней части бассейна р. Оскол (заповедный участок «Стенки Изгорья») и в бассейне р. Айдар [Присный, 2004]. Однако в результате многочисленных полевых выездов установлено, что на юге Среднерусской возвышенности вид распространен широко, являясь обычным, часто фоновым видом для всех типов биотопов от меловых степей и караганников, до сухих нагорных дубрав, населяя как реликтовые, так и обычные биотопы. На основании полученных данных рекомендуем исключить *T. cylindrica* из «красного списка» Белгородской области.

Helicopsis striata (Müller, 1774) в Красной книге Белгородской области относится к категории редких видов. Моллюск распространен в Западной, Средней и Восточной Европе. На востоке своего ареала, вид обитает в степях северо-западного Причерноморья и Подольской возвышенности. Изолированно от основного ареала, *H. striata* встречается на территории юга Среднерусской возвышенности [Балашёв, 2012; Присный, 2004; Николаев, 1973; Гураль-Сверлова, Гураль, 2012], где впервые был указан В.А. Николаевым и обозначен как индикатор реликтовых сообществ под названием «Сниженные Альпы» в урочищах верхнего Поосколья «Баркаловка», «Сурчины» и «Парсет». Также ко времени выхода первого издания Красной книги Белгородской области популяции моллюска были известны из нескольких меловых биотопов: 1) в балке л.б.р. Гостенка на территории ботанического сада НИУ «БелГУ»; 2) в заповедных участках «Ямская степь» и «Лысые горы»; 3) в окрестностях г. Алексеевка на л.б.р. Тихая Сосна; 4) в бассейне р. Айдар на участках Ровенского ПП «Наголенский» и «Калюжный яр» [Присный, 2004]. К 2011 г. нами были обнаружены еще 16 популяций моллюска, расположенных в долинах рек Саженьский Донец, Липовый Донец, Северский Донец, Короча, Осколец, Халань, Валуй, Айдар и Дон [Снегин, Присный, 2008; Снегин, Сычев, 2011]. С 2011 по 2014 гг. популяции *H. striata* обнаружены в 20-ти новых пунктах:

Белгородская область. 1) балка л.б.р. Короча в окр. с. Короткое; 2) все балки л.б.р. Осколец между г. Губкин и г. Старый Оскол; 3) балка л.б.р. Дубенка между д. Дубровка и д. Дубянка; 4) л.б.р. Орлик между с. Мелавое и с. Богословка; 5) балка п.б.р. Орлик в районе д. Чибисовка; 6) л.б.р. Холок в окр. с. Анновка; 7) б.п.р. Беленькая в окр. с. Шарাপовка; 8) балка л.б.р. Усердец между с. Новая Безгинка и д. Семеновка; 9) л.б.р. Тихая Сосна между г. Бирюч и д. Горовое; 10) п.б.р. Тихая Сосна в окр. с. Засосна; 11) п.б.р. Тихая Сосна в окр. с. Луки; 12) балка п.б.р. Потудань ООПТ «Свистовка»; 13) балка л.б.р. Манджоха, окр. д. Верхние Лубянки; 14) меловые склоны р. Валуйчик в окр. с. Ливенка; 15) п.б.р. Палатовка, окр. с. Никитовка; 16) п.б.р. Валуй в окр. д. Лучка; 17) л.б.р. Черная Калитва между с. Гарбузово и с. Советское.

Воронежская область. 18) п.б.р. Дон в окр. с. Селявное; 19) балка п.б.р. Черная Калитва, окр. д. Голубая Криница.

Харьковская область (Украина). 20) п.б.р. Оскол на территории НПП «Двуречанский».

Все известные пункты распространения *H. striata* в районе исследования представлена на рисунке 2.

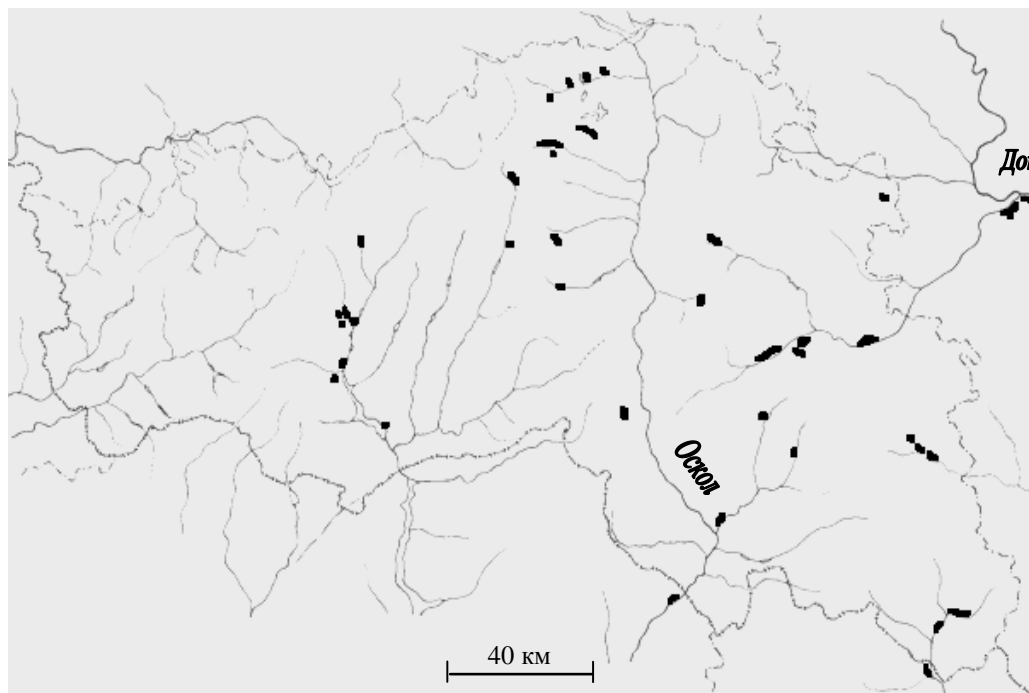


Рис. 2. Распространение *H. striata* на территории юга Среднерусской возвышенности. На карте отсутствуют данные о популяциях в урочищах «Баркаловка», «Сурчины», «Парсет», а также в окрестностях д. Голубая Криница, расположенных в Курской и Воронежской областях, соответственно

Fig. 2. Distribution *H. striata* in the south of Mid-Russian Upland. On the map there are no data on the population in the reserve “Barkalovka”, “Surchini”, “Parset” and in the outside the village Golubaia Krynica, located in Kursk and Voronezh regions, respectively

Таким образом, в пределах юга Среднерусской возвышенности *H. striata* распространен по всем основным речным системам бассейна р. Дон. В бассейне р. Северский Донец вид образует локальные изолированные популяции на хорошо прогреваемых склонах балок южной экспозиции. Причем, только в этом регионе обнаружены популяции моллюска на тяжелых глинистых почвах (окр. с. Шопина на левом берегу и в районе с. Терновка на правом берегу р. Липовый Донец), в то время как остальные популяции приурочены к меловым почвам и выходам меловых пород. Кроме того, для *H. striata* Северодонецкого бассейна, за исключением популяций в бассейнах рек Саженьский Донец и Короча, не характерно обитание в биотопах с реликтовой растительностью. В основном флора мест обитания представлена широко распространенными кальцефитными, ксеромезофитными и мезофитными, часто сорными видами растений. В этой связи стоит отметить находку популяции *H. striata* в нехарактерных для него условиях поймы левого берега Белгородского водохранилища на сухих склонах железнодорожной насыпи в окрестностях д. Ржавец. В мезофильных условиях поймы появление этой популяции стало возможным только после постройки железной дороги, что также свидетельствует о возможности расселения моллюска по нарушенным биогеоценозам. Стоит отметить также, что для Северодонецкого бассейна характерна высокая плотность популяций *H. striata*, которая в некоторых биотопах может достигать более 450 особей на 1 м².

В остальных частях ареала на территории юга Среднерусской возвышенности распространение *H. striata* тесно связано с присутствием характерного компонента сообществ «Сниженные Альпы» проломника Козо-Полянского (*Androsace kozo-polianskii* Ovez.) – восточно-европейского степного эндемика. Здесь моллюск формирует как изолированные колонии, наиболее распространенные по бассейну р. Оскол, так и протяженные поселения, представленные рядом полуизолированных популяций (метапопуляции). Плотность населения особей в этих популяциях как правило колеблется в пределах 4–12 особей, редко превышая 50 особей на 1 м². Наибольшего распространения метапопуляции получили в бассейнах рек Черная Калитва, Тихая Сосна, Осколец, Орлик, Дубянка, Айдар, а также в долине р. Дон. Как и в Северодонецком бассейне, *H. striata* тяготеет к склонам балок южной экспозиции, но в степной зоне активно заселяет и сухие склоны балок северной экспозиции.

Таким образом, на территории юга Среднерусской возвышенности *H. striata* представлен экологически разнокачественными группами популяций. В целом же вид имеет широкое распространение и в степных меловых сообществах может выступать в качестве фонового вида моллюсков. Однако разработка меловых карьеров, строительство дорог, а также регулярные палы в степных биотопах могут привести к снижению численности моллюска на границе его видового ареала. Этому также способствуют такие особенности биологии и экологии *H. striata*, как приуроченность исключительно к степным экосистемам, а также проведение большей части жизненного цикла в почве, в связи с чем вид характеризуется низкой способностью к активному и пассивному расселению [Балашёв, 2012]. В связи с вышесказанным, рекомендуем перенести *H. striata* из категории редких видов в категорию уязвимых видов Красной Книги Белгородской области.

Truncatellina costulata (Nilsson, 1822) относится к европейской группе ксерофильных моллюсков (рис. 3). На территории лесостепи Восточной Европы в основном встречается в подстилке сухих широколиственных лесов и реже в открытых степных биотопах [Балашёв, Байдашников, 2012; Балашёв и др., 2013; Байдашников, 2002; Стойко, Комарова, Безина, 2014] на востоке до р. Волга. Однако распространение имеет прерывистый и спорадический характер. Впервые на территории Белгородской области *T. costulata* обнаружен А.М. Ермаковым [Снегин, 2005]. При этом была найдена всего одна старая раковина моллюска, в связи с чем сложно было говорить о достоверности его присутствия в современной фауне региона. Нами же отмечены как пустые раковины, так и живые особи *T. costulata* в следующих пунктах: 1) нагорная дубрава п.б.р. Оскол между с. Нижние Лубянки и д. Ютановка; 2) нагорная дубрава л.б.р. Оскол, территория заповедного участка «Стенки Изгорья»; 3) урочище «Альбины», балка п.б.р. Оскол между селами Огибное, Старохмелевое и Волково; 4) «Монастырский лес», п.б.р. Северский Донец, г. Белгорода, район «Белая гора» недалеко от Троицкой церкви; 5) опушка нагорного леса п.б.р. Нежеголь, ООПТ «Бекарюковский бор»; 6) п.б.р. Короча, степной биотоп в окр. д. Дмитриевка. Рядом авторов *T. costulata* рассматривается как реликт прошлых эпох [Стойко и др., 2014]. Поэтому этот вид может быть рекомендован для внесения в Красную книгу Белгородской области со статусом «малоизученный на территории области вид».



Рис. 3. Раковины *T. costulata* из ООПТ «Бекарюковский бор»

Fig. 3. The shells of *T. costulata* from the reserve “Bekariykovskii bor”

Впервые для Белгородской области нами отмечается ксерофильный моллюск *Pupilla bigranata* (Rossmässler, 1839) (рис. 4). *P. bigranata* относится к европейско-сибирской группе степных реликтовых моллюсков. Вид распространен преимущественно в степной и лесостепной зонах, а также по степям и сухим лугам в горных системах Европы и Азии [Балашёв, 2012]. На территории Белгородской области обнаружено две популяции моллюска: на п.б.р. Оскол в окр. с. Яблоново и на п.б.р. Козинка в ООПТ «Борки». Кроме того, обнаружена популяция *P. bigranata* в Острогжском районе Воронежской области на п.б.р. Дон в окр. с. Селявное.



Рис. 4. Раковины *P. bigranata* из «Яблоново» и ООПТ «Борки».

Fig. 4. The shells of *P. bigranata* from the point “Yablonovo” and the reserve “Borki”

Примечательно, что в двух первых пунктах отмечено присутствие волчеягодника алтайского (*Daphne altaica* seu *Daphne sophia*). Таким образом, на территории района исследования *P. bigranata* может выступать в роли индикатора реликтовых сообществ. При этом редкость и реликтовый характер популяций *P. bigranata* могут служить аргументами в пользу



необходимости его внесения в Красную книгу Белгородской области со статусом «редкий» или «малоизученный на территории области вид».

Выводы

На территории юга Среднерусской возвышенности уточнено распространение и особенности экологии ксерофильных видов моллюсков *C. vindobonensis*, *P. triplicata*, *T. cylindrica* и *H. striata*, включенных в Красную книгу Белгородской области. Предлагается: изменить статус для *H. striata* с «редкого» на «уязвимый» и вывести из списка «краснокнижных» видов *T. cylindrica*.

Впервые для фауны района исследования указан вид *P. bigranata*, а также подтверждено обитание *T. costulata*. Ввиду реликтового характера распространения этих моллюсков, они могут быть включены в список охраняемых видов Белгородской области со статусом «малоизученные/редкие на территории области виды».

Список литературы References

1. Балашёв И.А. 2011. Наземные моллюски (Gastropoda) лесостепи Украины. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Киев, 20.
Balashev I.A. 2011. Nazemnye mollyuski (Gastropoda) lesostepi Ukrainy [Terrestrial mollusks (Gastropoda) forest-steppe of Ukraine]. Abstract. dis. ... cand. biol. sciences. Kiev, 20. (in Russian)
2. Балашёв И.А. 2012. Охрана наземных моллюсков Украины: состояние, проблемы, перспективы. Наукові записки Тернопільського національного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія, 2 (51): 24–32.
Balashev I.A. 2012. Protection of terrestrial mollusks in Ukraine: state, problems and prospects. Naukovi zapiski Ternopil's'kogo natsional'nogo universitetu imeni Volodymira Gnatyuka. Seriya: Biologiya. [Scientific notes Ternopil National University named after Volodymyr Hnatiuk. Series: Biology], 2 (51): 24–32. (in Russian)
3. Балашёв И.А., Байдашников А.А. 2012. Наземные моллюски (Gastropoda) Винницкой области и их биотопическая приуроченность. Вестник зоологии, 46 (1): 19–28.
Balashev I.A., Baydashnikov A.A. 2012. Terrestrial mollusks (Gastropoda) Vinnitsa region and biotopical. Vestnik zoologii [Zoological Herald], 46 (1): 19–28. (in Russian)
4. Балашёв И.А., Байдашников А.А., Романов Г.А., Гураль-Сверлова Н.В. 2013. Наземные моллюски Хмельницкой области (Подольская возвышенность, Украина). Зоологический журнал, 92 (2): 154–166.
Balashev I.A., Baydashnikov A.A., Romanov G.A., Gural'-Sverlova N.V. 2013. Terrestrial mollusks Khmel'nitsky region (Podolsk Upland, Ukraine). Zoologicheskii zhurnal [Russian Journal of Zoology], 92 (2): 154–166. (in Russian)
5. Байдашников А.А. 2002. Наземные моллюски (Gastropoda, Pulmonata) заповедника «Медоборы» (Подольская возвышенность). Вестник зоологии, 36 (2): 73–76.
Baydashnikov A.A. 2002. Terrestrial mollusks (Gastropoda, Pulmonata) reserve «Medobory» (Podolsk Upland). Vestnik zoologii [Zoological Herald], 36 (2): 73–76. (in Russian)
6. Гураль-Сверлова Н.В., Мартынов В.В., Мартынов А.В. 2012. Наземные моллюски (Gastropoda, Pulmonata) Донецкой возвышенности и прилегающих территорий. Вестник зоологии, 46 (4): 319–326.
Gural'-Sverlova N.V., Martynov V.V., Martynov A.V. 2012. Terrestrial mollusks (Gastropoda, Pulmonata) Donetsk hill and surrounding areas. Vestnik zoologii [Zoological Herald], 46 (4): 319–326. (in Russian)
7. Гураль-Сверлова Н.В., Гураль Р.И. 2012. Наукові колекції Державного природознавчого музею. 4. Малакологічний фонд. Львів, 253.
Gural'-Sverlova N.V., Gural' R.I. 2012. Scientific collection of the Natural History Museum. 4. Malakologichnyy fund. Lviv, 253. (in Ukrainian)
8. Лихарев И.М., Раммельмейер Е.С. 1952. Наземные моллюски фауны СССР. М.; Л., АН СССР, 512.
Likharev I.M., Rammel'meyer E.S. 1952. Nazemnye mollyuski fauny SSSR. [Terrestrial mollusks fauna of the USSR]. Moscow-Leningrad, AN SSSR, 512.
9. Николаев В.А. 1973. Наземные моллюски Среднерусской возвышенности. Дисс. ... канд. биол. наук. Орел, 240.
Nikolaev V.A. 1973. Nazemnye mollyuski Srednerusskoy vozvys'hennosti [Terrestrial mollusks Mid-Russian Upland]. Diss. ... cand. biol. sciences. Orel, 240. (in Russian)
10. Присный А.В. (ред.). 2004. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Белгород, 532.
Prisniy A.V. (red.). 2004. Krasnaya kniga Belgorodskoy oblasti. Redkie i ischezayushchie rasteniya, griby, lishayniki i zhivotnye. [The Red Book of the Belgorod region. Rare and endangered plants, fungi, lichens and animals]. Belgorod, 532. (in Russian)
11. Присный А.В., Снегин Э.А. 2008. Новые сведения о беспозвоночных животных Красной книги Белгородской области. Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки, 6 (3): 106–115.
Prisniy A.V., Snegin E.A. 2008. New information on the invertebrates of the Red Book of the Belgorod region. Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki. [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 6 (3): 106–115. (in Russian)

12. Снегин Э.А. 2002. Использование видов наземных моллюсков в качестве индикаторов реликтовых ценозов. Вестник Житомирского педагогического университета, 10: 128–129.
- Snegin E.A. 2002. Using species of terrestrial molluscs as indicators relic cenoses. Vestnik Zhitomirskogo pedagogicheskogo universiteta [Bulletin Zhytomyr Pedagogical University], 10: 128–129. (in Russian)
13. Снегин Э.А. 2005. Научные коллекционные фонды «Музея зоологии» при кафедре зоологии и экологии Белгородского государственного университета. Белгород, Политерра, 48.
- Snegin E.A. 2005. Nauchnye kollektsionnye fondy “Muzeya zoologii” pri kafedre zoologii i ekologii Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta [Scientific collection funds of the «Museum of Zoology» at the Department of Zoology and Ecology, Belgorod State University]. Belgorod, Politerra, 48. (in Russian)
14. Снегин Э.А. 2011. Оценка жизнеспособности популяций особо охраняемого вида *Cepaea vindobonensis* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) в условиях юга лесостепи Среднерусской возвышенности. Вестник КрасГАУ, 11: 142–148.
- Snegin E.A. 2011. Estimation of population viability specially protected species *Cepaea vindobonensis* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) in a forest south of Mid-Russian Upland. Vestnik KrasGAU [Bulletin of Krasnoyarsk State Agricultural University], 11: 142–148. (in Russian)
15. Снегин Э.А., Присный А.В. 2008. Новые сведения о наземных моллюсках Среднерусской возвышенности. Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. 6 (3): 101–105.
- Snegin E.A., Prisnyi A.V. 2008. New Data on the Terrestrial Mollusks of the Central Russian Upland. Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 6 (3): 101–105. (in Russian)
16. Снегин Э.А., Сычев А.А. 2011. Оценка жизнеспособности популяций особо охраняемого вида *Helicopsis striata* Müller (Mollusca, Gastropoda: Pulmonata) в условиях юга Среднерусской возвышенности. Теоретическая и прикладная экология, 2: 83–92.
- Snegin E.A., Sychev A.A. 2011. Estimation of population viability specially protected species *Helicopsis striata* Müller (Mollusca, Gastropoda: Pulmonata) in Southern Mid-Russian Upland. Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and Applied Ecology], 2: 83–92. (in Russian)
17. Шилейко А.А. 1978. Наземные моллюски надсемейства Helicoidea. Л., Наука: 384 с.
- Shileyko A.A. 1978. Nazemnye mollyuski nadsemeystva Helicoidea [Terrestrial mollusks superfamily Helicoidea]. Leningrad, Nauka, 384. (in Russian)
18. Шилейко А.А. 1984. Наземные моллюски подотряда Pupillina фауны СССР (Gastropoda, Pulmonata, Geophila). Л., Наука: 399.
- Shileyko A.A. 1984. Nazemnye mollyuski podotryada Pupillina fauny SSSR (Gastropoda, Pulmonata, Geophila) [Terrestrial mollusks suborder Pupillina fauna of the USSR (Gastropoda, Pulmonata, Geophila)]. Leningrad, Nauka, 399. (in Russian)
19. Стойко Т.Г., Комарова К.В., Безина О.В. 2014. Сообщества наземных моллюсков на меловых склонах в лесостепи (Среднее Поволжье). Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 16 (1): 142–147.
- Stoyko T.G., Komarova K.V., Bezina O.V. 2014. Community terrestrial mollusks on chalk slopes in the forest steppe (Middle Volga Region). Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk [The Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 16 (1): 142–147. (in Russian)
20. Régnier C., Fontaine B., Bouchet P. 2009. Not Knowing, not recording, not listing: numerous unnoticed mollusk extinctions. Conservation Biology, 23 (5): 1214–1221.

УДК 639.001.63

**ПРИМЕРНЫЕ СХЕМЫ ПРОВЕДЕНИЯ НЕРЕСТОВОЙ КАМПАНИИ
НА ОАО «РЫБХОЗ ВОЛМА» В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**
**APPROXIMATE SCHEMES OF CARRYING OUT OF SPAWNING CAMPAIGN
ON FISH FARM "VOLMA" IN REPUBLIC OF BELARUS**

Т.М. Курапова, Е.И. Хрусталеv, К.А. Молчанова, Е.А. Куликовский
T.M. Kurapova, E.I. Khrustal'ov, K.A. Molchanova, E.A. Kulikovskiy

Калининградский государственный технический университет, Россия, 236020, г. Калининград, Советский пр. 1
Kaliningrad State Technical University, 1 Sovetsky Ave., Kaliningrad, 236020, Russia

E-mail: tkurapova@inbox.ru

Ключевые слова: карп, производители, гипофизарный препарат, сурфагон, доза инъекций, процент созревания.

Key words: carp, producers, hypophysial preparation, surfagon, dose of injections, maturing percent.

Аннотация. В данной работе подробно описаны схемы проведения нерестовой кампании карпа в зависимости от температуры воды, разработанные на ОАО «Рыбхоз Волма». Схемы различаются температурой воды в прудах на начало проведения нерестовой кампании, дозировками и типом препаратов для инъектирования, а также кратностью инъекций. В результате практического применения разработанных схем увеличивается доля созревших самок с 85 до 90%, а выход трехсуточных личинок во все годы значительно превышает норматив для второй рыбоводной зоны.

Resume. In this work the schemes of carrying out spawning campaign of the carp bred at JSC Fish Farm "Volma" are described in detail. Schemes differ with water temperature in ponds for the beginning of carrying out spawning campaign, dosages and type of preparations for injection works, and also frequency rate of injections. At a dose of a hypophysial preparation at a preliminary injection of 0.1–0.2 mg/kg the smooth start of hormonal system of producers which isn't causing serious violations when maturing sexual products is carried out. An optimum dose for the allowing injection is the dose in 2–2.5 mg/kg of mass of a female as it defines completion of processes of maturing, and excess of a dose leads to degeneration of caviar and thrombosis of females. Decrease in a dosage leads to a delay of maturing or thrombosis owing to increase in stresses. As a result of practical application of the developed schemes the share of the matured females with 85 increases to 90%, and the exit of 3-day larvae in all years considerably exceeds the standard for the second fish-breeding zone.

Введение

Основным объектом товарного прудового рыбоводства в Республике Беларусь (РБ) является карп. По данным Департамента сельского хозяйства респ. Беларусь в 2014 г было выращено в прудах 21 тыс. т рыбы, из них доля товарного карпа составила 12.8 тыс. т или 60% от общего объема [Государственная программа, 2012]. За 5 лет производство и реализация прудовой рыбы увеличились более чем в три раза.



Рис. 1. Обловы прудов с товарной рыбой
Fig. 1. Round-ups of ponds with commodity fish

В 2010 году закончилась Республиканская программа и была утверждена Правительством государственная программа развития рыбохозяйственной деятельности на 2011-2015 годы. Приоритетным направлением в ней выбрано развитие рыбоводства в

республике за счет внедрения современных рыбоводных технологий и создания специализированных площадей для выращивания ценных видов рыб, таких как лососевые, осетровые и сомовые виды. Такой выбор сделан с учетом климатических и географических особенностей РБ, а также тенденций развития мировой аквакультуры.

Основным приоритетом этой программы является развитие указанных выше направлений аквакультуры, что в ближайшей перспективе позволит увеличить и будет способствовать качественному улучшению снабжения населения Беларуси отечественной продукцией по доступным ценам, повышению среднелетнего потребления рыбной продукции в пределах научно-обоснованных норм, тем самым способствовать обеспечению продовольственной безопасности и оздоровлению населения.

Государственной программой развития рыбохозяйственной деятельности на 2011–2015 годы предусмотрено строительство к 2015 году до 11 комплексов с использованием технологий оборотного и замкнутого водоснабжения. Их строительство предусмотрено в следующих рыбохозяйственных организациях Департамента: ОАО «Рыбхоз Грицево», ОАО «Рыбхоз Волма», ОАО «Альба», ОАО «Рыбхоз Новинки», ОАО «Опытный рыбхоз Селец», ОАО «Рыбхоз Свислочь» и др. [Государственная программа, 2012].

В 2010 году рыбоводными хозяйствами Минсельхозпрода на внутренний рынок республики поставлено 13,5 тыс. тонн прудовой рыбы.

ОАО «Рыбхоз Волма» является структурным подразделением Департамента сельского хозяйства респ. Беларусь. Хозяйство реализует посадочный материал сеголетков и годовиков карпа, товарную рыбу, как в живом, так и в переработанном виде.

Размножение рыб — сложный биологический процесс, каждый этап которого регулируется гипоталамо-гипофизарной нейроэндокринной системой. Исследования в этом направлении показали, что первостепенную роль в размножении рыб играют пептиды и моноамины. Под воздействием первых, в частности гонадотропин-рилизинг-гормона (ГнРГ), происходит высвобождение полового гормона из секреторных клеток аденогипофиза (гонадоцитов). Вторые (наиболее важный из них — дофамин), наоборот, замедляют его секрецию [Федоров, 1997].

В организме рыб естественный процесс перехода в нерестовое состояние осуществляется в результате воздействия на половые железы и половые клетки гонадотропного гормона, вырабатываемого в гипофизе и отчасти в эпифизе. Собственно половые гормоны вырабатываются интерстициальной тканью гонад. Под влиянием экологических факторов внешней среды (включая климатические, гидрохимические, гидрологические и т. п.), в организме рыбы происходит целый ряд сложных преобразований [Чмилевский, 2000].

Гонадотропный гормон гипофиза действует не прямо на ооциты, а на фолликулярные клетки, побуждая последние к выработке гормонов, которые стимулируют созревание и овуляцию ооцитов. Наибольшее распространение получила методика гипофизарных инъекций. Благодаря тому, что и в природных условиях, и при искусственной стимуляции на созревание рыб действует одно и то же вещество, использование гипофизарных инъекций не вызывает нарушений в ходе созревания половых клеток у рыб [Микодина, Глубоков, 1998].

В рыбоводстве для ускорения процессов созревания рыб используют также следующие эндокринные препараты:

- сыворотка крови жеребых кобыл (СЖК). Действующим началом является глюкопротеид: доза 1500–300 м. ед. (международная единица) на 1 кг массы рыб;
- гравидан (стерилизованная моча беременных женщин): доза 10–50 м. ед. действующего вещества (продана);
- пилокарпин (парасимпатикотропное вещество): доза 0,5–1,0 мл раствора (двукратная обработка);
- лейкоцитарные вещества (пептон и др.) в комбинации с гипофизом: доза 0,5 мл раствора в брюшную полость;
- кломифенцитрат: доза 1–10 мкг на 1 кг массы рыб;
- гестагенные препараты (эугином, гестофорин, коэвронуи и др.): доза 0,5 мг на 1 кг массы рыб (в течение 5–12 дней);
- метапирон: доза 1 мг на 1 кг массы рыб;
- синахорин (гонадотропный гормон): доза 2–3 тыс. м. ед. на 1 кг массы рыб (до 3 раз);
- кортикостерон: доза 53–225 мг на 1 кг массы рыб;
- хорионический гонадотропин или хориогонин: доза 50–100 м. ед. на 50 г массы рыб (многokратные инъекции);
- ЛГ (лютеотропный гормон): доза 1–3,5 мг на 1 кг массы рыб;
- ФСГ (фолликулостимулирующий гормон): доза 0,5–1,5 мг на 1 кг массы рыб;
- люлибирин или гонадолибирин: доза 0,5–2,5 мг на 1 кг массы рыб;
- диригистран, или рецептал: доза 25 мкг/кг; – прогестерон: доза 1 мг на 1 кг массы рыб;

– кортизол: доза 65-225 мг на 1 кг массы рыб [Бурлаков и др., 2001].

Основной задачей при товарном выращивании является получение посадочного материала (трехсуточных личинок) к дате перехода среднесуточной температуры воздуха через 15°C.

В среднегодовом исчислении в Минской области эта дата приходится на 3 мая. Поэтому с учетом продолжительности работы одного цикла инкубационного цеха облов преднерестовых прудов необходимо проводить 10-11 апреля. На момент проведения обловов преднерестовых прудов температура воды может изменяться от 10 до 17°C, что накладывает отпечаток на степень зрелости ооцитов.

В зависимости от температуры воды в преднерестовых прудах были разработаны различные схемы инъектирования производителей карпа.

Традиционный метод получения потомства карпа заводским способом предусматривает двукратное инъектирование самок карпа в дозировке 0,5-2,5 мг/кг гипофизарного препарата для самок, ооциты которых близки к овуляции и трехкратное инъектирование 0.2-0.4-2.0 мг/кг для менее зрелых самок.

Объекты и методы исследования

Материал для исследований был собран с 2000 по 2014 гг. на ОАО «Рыбхоз Волма» (рис. 2), расположенном в Белоруссии. Рыбхоз «Волма» – полносистемное рыбоводное карповое хозяйство с расчетной мощностью 950 тонн товарной рыбы. Хозяйство начинало строиться



в 1928 году. Первая продукция была получена в 1932 году. Общий прудовой фонд рыбхоза составляет 1553 га и состоит из нагульных прудов (1356 га), выростных (168 га), зимовальных (12 га), нерестовых (8.8 га) и др. Источником питания системы прудов водой является головной водоем, построенный в результате подпора р. Волма. Вся прудовая площадь в рыбокомбинате для выращивания товарной рыбы и посадочного материала разделена на три самостоятельных производственных участка.

Рис. 2. Схема Рыбхоза «Волма»
Fig. 2. The scheme of fish farm “Volma”

После распада СССР рыбокомбинат «Волма» ощутил на себе все последствия развала экономики, системы снабжения и сбыта. Уровень производства рыбы упал до 200 тонн. Но, начиная с 1994 года, с образованием республики Беларусь и восстановлением экономики, рыбхоз ежегодно начал наращивать объемы производства. На сегодняшнее время это составляет 1550 тонн товарной рыбы. Разнообразен и видовой ассортимент живой рыбы: карп, карась, щука, амур, толстолобик, форель. Осваивается производство осетровых рыб [Постановление, 2010].

Материалом для исследования служили производители карпа, для которых были разработаны схемы стимуляции созревания половых клеток в зависимости от температуры воды в прудах на начало нерестовой кампании, подобраны препараты для стимуляции созревания, кратность инъектирования и дозировки для самок и самцов. Показателями эффективности выбранного варианта служили процент созревания самок и выход трехсуточных личинок от одной самки.

Главной задачей при получении половых продуктов на ОАО «Рыбхоз Волма» является повышение процента созревших самок в результате гормональной инъекции. Для получения половых продуктов и предотвращения тромбоза у самок, а так же для увеличения количества трехдневных личинок, получаемых от одной самки, разработаны методики, включающие вве-

дение производителям гормонального препарата. В качестве гормонального препарата используют суспензию гипофиза карпа, при этом ее сначала вводят самкам, а через 12–18 часов самкам и самцам, доза препарата зависит от выбранного варианта проведения нерестовой кампании. Затем самцов и самок в соотношении 1:1 помещают в пластиковый бассейн с искусственным нерестовым субстратом; содержат их совместно течение 10–15 ч до нереста, субстрат с приклеенной к нему икрой переносят в бассейн для инкубации.

Результаты и их обсуждение

В зависимости от температуры воды в прудах на начало проведения нерестовой кампании разработаны 4 схемы с модификациями.

Схема 1. Применяется, когда температура воды в преднерестовых прудах не превышает 13–14 °С и необходимо получить 3-х суточных личинок для зарыбления выростных прудов в начале мая месяца.

В инкубационный цех завозят самок и самцов, которых размещают в бассейны шведского типа размером 2×2 м и глубиной 0,7 м, отдельно по полу. Постепенно доводят температуру воды до 18 °С, повышая её на 2 °С в сутки.

Через 12–15 часов самкам делают первую инъекцию суспензии гипофиза в дозе 0,25 мг/кг массы. Через 6 часов делают вторую инъекцию в дозе 0,5 мг/кг массы. Постепенно температуру доводят до 20 °С и через 12 часов делают самкам третью (разрешающую) инъекцию гипофиза в дозе 2 мг/кг массы. Самок после третьей инъекции размещают в бассейны, в которых будет проходить нерест.

После размещения самок в бассейны для нереста, туда же высаживают самцов, которым была предварительно сделана инъекция гипофиза в дозе 0,2 мг/кг массы тела. В одну емкость для нереста помещают от 3 до 5 пар производителей. Через 10–12 ч при температуре 19–20 °С начинается нерест, что хорошо заметно по обильно выделяющейся на поверхности воды пене. Нерест обычно длится около трех часов. Схема инъектирования по данному варианту приведена в таблице 1.

Таблица 1

Схемы инъектирования карпов-производителей
Schemes of the injection of carp producers

Table 1

Схема проведения нерестовой кампании	Препарат	1 инъекция, мг/кг	Интервал, ч	2 инъекция, мг/кг	Интервал, ч	3 инъекция, мг/кг	Доза самцу, мг/кг
1	гипофиз	0.25	6	0.5	12	2	2
1а	сурфагон (1 доза) гипофиз	1 мл	6	0.5	12	2	2
2	гипофиз	0.4	8	3.5	-	-	1.5-2
2а	гипофиз	0.1-0.2	11-17	2.5-3	-	-	1.5-2
2б	гипофиз	0.3	8	2.1	-	-	1.5-2
3	гипофиз	0.2	16	3	-	-	1.5
4	гипофиз	0.1	11	2	-	-	1

После нереста нерестовый субстрат с отложенными на них икринками переносят в такие же бассейны для последующей инкубации икры. После этого производителей отлавливают сачками и переносят в живорыбную машину, в которой отвозят в пруды для летнего нагула.

Сразу после укладки субстрата в бассейнах проводят обработку икры органическим красителем. Температуру в процессе инкубации следует поддерживать на уровне 18–19 °С. При такой температуре на третий день начинается вылупление предличинок.

На третий день начинают вылавливать личинок. После подсчета методом эталонов личинок переносят в живорыбную емкость, заполненную речной водой и перевозят к выростным прудам.

При применении этой схемы проведения нерестовой кампании полностью выметали икру 96.6% самок и лишь 3.4% выметали икру частично. Выход трехдневных личинок на одну самку составил 250–350 тыс. шт., при нормативе для 2 зоны рыбоводства 80 тыс. шт. (табл. 2) [Гриневский и др., 1990].



Таблица 2

Table 2

Результаты применения различных схем инъекций при получении потомства у карпа
The results of various schemes of injection to produce offspring carp

Схема проведения нерестовой кампании	Доля созревших самок, %	Выход 3х суточных личинок от самки, тыс. шт	
		Нормативный	Полученный
1	96.6	80	250-350
1 а	96.6	80	250-350
2	66.6	80	220-260
2 а	93.3	80	300-400
2 б	90	80	170-200
3	93.3	80	350
4	96.6	80	400

Модификация первого варианта (схема 1а) предусматривает применение сурфагона во время первой инъекции.

После подъема температуры до 18 °С через 12–15 часов самкам делают первую инъекцию препарата «Сурфагон» в дозе 1 мл на одну самку не зависимо от ее размера, через шесть часов делают вторую инъекцию карповым гипофизом в дозе 0.5 мг/кг массы. Постепенно температуру доводят до 20 °С и через 12 часов самкам делают третью (разрешающую) инъекцию гипофиза в дозе 2 мг/кг массы. Самок после третьей инъекции размещают в подготовленные, вышеуказанным способом бассейны, в которых будет проходить нерест. Затем делают инъекцию суспензии гипофиза самцам из расчета 2 мг/кг массы и помещают самцов в ванны для нереста из расчета 2–5 гнезд на емкость.

При применении этой модификации были получены результаты близкие к описанным выше.

Схема 2. Работы по проведению нерестовой кампании карпа начинаются после того, как вода в прудах прогреется до 14–16 °С. Подогрев воды проводили аналогично схеме 1. Первую (предварительную) инъекцию гипофизарного препарата делают только самкам в дозе 0.4 мкг/кг от массы самки, вторую инъекцию проводят через 8 часов в дозе 3.5 мг/кг. Затем производится инъецирование самцов в дозе 1.5–2 мг/кг. После этого их пересаживают в емкости с искусственным субстратом, где уже находятся проинъецированные самки.

При применении такой схемы инъецирования полностью выметали икру 66.6% самок, 23.3% не отдали икру, в результате образования тромбов, а 10.1% выметали икру частично. Выход трехдневных личинок на одну самку составил 220–260 тыс.шт. при нормативе для 2–3 зоны рыбоводства 80 тыс. шт.

С учетом полученных результатов этот вариант был модифицирован (схема 2а). Первую (предварительную) инъекцию гипофиза делают самкам в дозе 0.1–0.2 мкг/кг массы самки, через 11–17 часов самкам вводят вторую (разрешающую) инъекцию суспензии гипофиза в дозе 2.5–3 мг/кг, проинъецированных самок карпа переносят в нерестовые бассейны. Доза гипофизарной инъекции для самцов составляла 1.5–2 мг/кг. Схема инъецирования приведена в таблице 1.

При применении такой схемы инъецирования полностью выметали икру 93.3% самок и только 6.7% выметали икру частично. Выход трехдневных личинок на одну самку составил 300–400 тыс. шт. при нормативе для 2 зоны рыбоводства 80 тыс. шт.

Еще одной модификацией нерестовой кампании (схема 2б) является проведение работ при отсутствии подогрева, т.е. при естественной термике воды р. Волма.

Работы по искусственному воспроизводству карпа начинаются после того, как вода в прудах прогреется до 14–16°С. Предварительную инъекцию суспензии гипофиза самкам делают в процессе погрузки в живорыбную машину. Температура воды в последующие 12 часов колебалась от 14 до 17 °С. Через 12 часов, самкам сделали разрешающую инъекцию гипофиза из расчета 2,1 мг/кг массы. По окончании работы по стимуляции созревания самок производится стимуляция созревания самцов гипофизарной инъекцией в дозе 1.5–2 мг/кг (табл. 1). Самцов после инъекции пересаживают в емкости с искусственным субстратом, где уже находятся проинъецированные самки в соотношении 1:1, по 3 гнезда на одну емкость.

В емкость для нереста поступает речная вода. В ночное время температура ее опускается до 14 °С. Через 18–20 часов после посадки самок начался нерест. Температура поступающей воды при инкубации колебалась от 14 °С в ночное время и до 18 °С в дневное время. Вылупление начиналось в конце 4 суток, а завершалось лишь на 5 сутки. Окончательная готовность к зарыблению в выростные пруды наступила на 5 день после вылупления. Таким образом, все

время работы инкубационного цеха составило 12 дней (при подогреве воды этот процесс занимает 7 дней).

В этом варианте полностью выметали икру 90% и лишь 10% самок выметали икру частично. Выход трехдневных личинок на одну самку составил 170–200 тыс.шт. при нормативе для 2–3 зоны рыбоводства 80 тыс. шт. [Гриневский и др., 1990] (табл. 2).

Схема 3. Такая схема проведения нерестовой кампании предусмотрена, когда температура воды в прудах составляет 15 °С. Первую инъекцию самкам делают из расчета 0.2 мг/кг, через 16 ч проводят разрешающую инъекцию самкам в дозе 3 мг/кг и пересаживают их в нерестовые бассейны. Дозы гипофизарного препарата для самцов составляет 1.5 мг/кг (табл. 1)

При применении этой схемы 93.3 % самок отдали икру полностью, а 6.7% – частично. Оплодотворяемость икры составила – 87.5%. Выход трехдневных личинок в среднем составил 350 тыс. шт. на 1 самку (табл. 2).

Схема 4. Применяют в том случае если температура воды в прудах составляет 17 °С. В инкубационный цех завозят самок и самцов карпа, выловленных из преднерестовых прудов. Самцов и самок содержат раздельно, температуру воды постепенно доводят до 21 °С. Через 10 ч самкам была сделана первая инъекция из расчета 0.1 мг/ кг, через 11 ч после первой инъекции проводят (вторую) разрешающую инъекцию в дозе 2 мг/кг массы. Сразу после проведения разрешающего инъецирования самок, была сделана инъекция суспензии гипофиза самцам в дозе 1 мг/кг массы, после которой самцов подсаживали к самкам в нерестовые бассейны в соотношении 1:1. Схема проведения инъецирования приведена в таблице 1.

При применении такой схемы инъецирования полностью выметали икру 97% самок, а 3% – частично. Выход трехсуточных личинок на одну самку составил 400 тыс. экз. (табл. 2).

Заключение

Таким образом, как видно из схем проведения нерестовой кампании, оптимальной является схема 4, поскольку в случае увеличения дозы предварительной инъекции свыше 0.2 мг/кг происходит перерасход гипофизарного препарата. При уменьшении дозы (менее 0.1 мг/кг) замедляются процессы созревания икры, а при увеличении дозы предварительной инъекции до 0.4 мг/кг (как в схеме 2), разрешающей инъекции (до 3.5 мг/кг) отмечается сокращение интервала между разрешающей и предварительной инъекцией до 8 часов, однако, у значительного количества самок происходит образование тромбов из-за форсирования процессов созревания икры. При дозе гипофизарного препарата при предварительной инъекции 0.1–0.2 мг/кг осуществляется плавный запуск гормональной системы производителей, не вызывающий серьезных нарушений при созревании половых продуктов. Оптимальной дозой для разрешающей инъекции является доза в 2–2.5 мг/кг массы самки, так как она определяет завершение процессов созревания, а превышение дозы приводит к перерождению икры и тромбозу самок. Снижение дозировки приводит к задержке созревания или тромбозу.

Эффективность применения таких схем подтверждается оптимальным расходом гипофизарного препарата и высоким выходом 3-х суточных личинок от одной самки, который за весь период наблюдений с 2000 г. всегда превышал норматив для второй рыбоводной зоны.

Список литературы

References

1. Государственная программа развития рыбохозяйственной деятельности на 2011 – 2015 годы. Постановление совета министров Республики Беларусь 17.02.2012 г. № 159. 2012. 61 с. [Электронный ресурс] URL: <http://dep.belmelio.by/zakon/01.docx>.

Gosudarstvennaya programma razvitiya rybohozyaystvennoy deyatel'nosti na 2011 – 2015 gody. Postanovlenie soveta ministrov Respubliki Belarus 17.02.2012 g. № 159. 2012. 61 s. [Elektronnyy resurs] URL: <http://dep.belmelio.by/zakon/01.docx>. (in Russian)

2. Гриневский Э.В., Каспин Б. А., Керштейн А.М. 1990. Проектирование рыбоводных предприятий. М., Агропромиздат: 223.

Grinevskiy E.V., Kaspin B. A., Kershteyn A.M. 1990. Proektirovanie rybovodnykh predpriyatiy. M., Agropromizdat: 223. (in Russian)

3. Кончиц В.В. 2005. Система ведения рыбного хозяйства Беларуси. Мн., Тонпик: 143.

Konchic V.V. 2005. Sistema vedeniya rybnogo hozjajstva Belarusi. Mn., Tonpik: 143. (in Russian)

4. Постановление Совета министров республики Беларусь от 07.10.2010 № 1453 «Об утверждении Государственной программы развития рыбохозяйственной деятельности на 2011-2015 годы». 2010. [Электронный ресурс] URL: <http://www.levonevski.net/pravo/norm2013/num12/d12538.html>.

Postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus ot 07.10.2010 № 1453 "Ob utverzhdenii Gosudarstvennoy programmy razvitiya rybohozyaystvennoy deyatel'nosti na 2011-2015 gody". 2010. [Elektronnyy resurs] URL: <http://www.levonevski.net/pravo/norm2013/num12/d12538.html>. (in Russian)



5. Чмилевский Д.А. 2000. Оогенез рыб в норме и при экстремальных воздействиях. Автореф. докт. дис. С-Пб., С-ПбГУ: 31.
Chmylevskij D.A. 2000. Oogenez ryb v norme i pri jekstremal'nyh vozdejstvijah. Avtoref. dokt. dis. S-Pb., S-PbGU: 31. (in Russian)
6. Федоров К.Е. 1997. Гормональные аспекты регуляции раннего гамето- и гонадогенеза рыб. СПб., СПбГУ, 100–116.
Fedorov K.E. 1997. Gormonal'nye aspekty reguljicii rannego gameto- i gonadogeneza ryb. SPb., SPbGU: 100–116. (in Russian)
7. Микодина Е.В., Глубоков А.И. 1998. Управление физиологическими процессами у рыб биологически активными веществами и факторами. М., ВНИРО: 177–215.
Mikodina E.V., Glubokov A.I. 1998. Upravlenie fiziologicheskimi processami u ryb biologicheski aktivnymi veshhestvami i faktorami. M., VNIRO: 177–215. (in Russian)
8. Бурлаков А.Б., Карпюк М.И., Голиченков В.А. 2001. Биотехнология искусственного воспроизводства карпообразных рыб с применением кортикостероидов. М., МГУ: 15.
Burlakov A.B., Karpjuk M.I., Golichenkov V.A. 2001. Biotehnologija iskusstvennogo vosproizvodstva karpoobraznyh ryb s primeneniem kortikosteroidov. M., MGU: 15. (in Russian)

УДК 612.017.11: 612.014.482.4

**ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА ИЗ ЭМБРИОНАЛЬНЫХ ТКАНЕЙ ПТИЦ
НА МОРФОЛОГИЮ БЕДРЕННОЙ КОСТИ МЫШЕЙ
ПРИ РАДИАЦИОННОЙ ИММУНОДЕПРЕССИИ**

**INFLUENCES OF EXTRACT FROM EMBRYONIC TISSUE
OF POULTRY ON THE MORPHOLOGY THIGH MICE WITH RADIATION
INDUCED IMMUNODEPRESSION**

М.С. Погорелая

*Институт микробиологии и иммунологии им. И.И. Мечникова Национальной академии медицинских наук Украины,
Украина, 61057, г. Харьков, ул. Пушkinsкая, 14
M.S. Pogorelaya*

I.I. Mechnikov Institute of Microbiology and Immunology of NAMS of Ukraine, 14 Puschkinskaya St, Kharkov, 61057, Ukraine

E-mail: marionimmun@gmail.com

Ключевые слова: γ -излучение, препарат из эмбриональных тканей птиц, костный мозг, костная ткань, мыши.

Key words: γ -radiation, low molecular weight avian embryonic tissues preparation, bone marrow, bone tissue.

Аннотация. Высокая чувствительность клеток костного мозга к действию ионизирующего излучения актуализирует поиск препаратов, оказывающих влияние на пролиферацию и дифференцировку клеток костного мозга после облучения. Работа посвящена изучению морфологии бедренной кости и костного мозга облученных животных при профилактическом парентеральном введении низкомолекулярного препарата из эмбриональных тканей птиц, являющегося потенциальным радиопротектором и иммуномодулятором с выраженными антиоксидантными, противовоспалительными и иммуностропными свойствами. На 7 и 14 сутки после воздействия однократного внешнего тотального γ -излучения в исследуемом органе выявлены выраженные признаки дистрофии стромы и паренхимы костного мозга и уплотнение структуры костной ткани. При профилактическом введении препарата из эмбриональных тканей птиц констатировали инициацию остеогенеза в костной ткани и процессов кроветворения в костном мозге мышей на 7 сутки после воздействия γ -излучения. На 14-е сутки после облучения в костной ткани и костном мозге животных данной группы наблюдали прогрессивные изменения в интенсивности гемопоэза, в частности, по показателю абсолютного числа ядродержащих клеток, что и отличало данную опытную группу от группы сравнения. В отдельных сериях препаратов структура костного мозга соответствовала показателям физиологической нормы присущей данному виду и возрасту мышей.

Resume. Considering the high sensitivity of the bone marrow stem cells to ionizing radiation, it is important to search for drugs affecting the proliferation and differentiation of bone marrow cells after irradiation. Thereby, the morphology of femur and bone marrow of irradiated animals with preliminary introduction of low molecular weight drugs from embryonic tissues of birds was investigated.

The aim of our study was to analyze the morphological and functional characteristics of bone and bone marrow of mice when administered extract of chick embryos to the external common single exposure to γ -radiation.

The object studied were female albino mice weighing 22 ± 1.0 g, 2 months of age. The work has been used in the preparation of embryonic tissues of chickens produced by the technique developed in the Kharkov Academy of Animal Health. Total single external irradiation of mice was performed using RUM-17 at a dose of 5 Gy on the basis of the State Institution «Grigoriev Institute of Medical Radiology NAMS of Ukraine». Groups of animals (11 mice each): I group - intact animals; Group II - animals that were exposed to γ -radiation; Group III - animals which were administered the preparation at a dose of 0,1 mg/kg each alternate day 5 times and irradiated after administration. The study of the marrow of femur was performed after 7 and 14 days after exposure to radiation. Workings with animals were in accordance with the ethical standards of behavior with laboratory animals.

In animals exposed to total body irradiation on the 7th day of the experiment, bone revealed distinct signs of degeneration of the stroma and parenchyma. It was also noted a thinning and bone resorption, structural changes of the stromal microenvironment of the femur, which is expressed in hematopoietic tissue hypoplasia, were especially demonstrated. In the medullary cavity of the bone cavities and gaps are identified, channels osteons narrowed compared with samples taken from intact mice, and generally decreased activity of bone formation. On the 14th day after irradiation there was observed a thickening of the compact substance shaft that was due to increase in the number osteons channels have a larger diameter. Marked nuclear deformation in bone osteocytes and bone as a whole parenchyma of the control group of animals were a severe degenerative changes. Also in this group of animals to the 14th day of the experiment to reduce the background activity of reducing the number of hematopoietic it was noted reticular fabric which is normally found in the form of thin oxyphylic layers. However, comparatively more marked erythroid cell were identified by the hyperchromic color hematopoietic cells. In control mice, the bone growth was detected adipose tissue - increase in the number of adipocytes. Thus, the histological study of bone tissue of animals after total body irradiation indicates expressed violations of parenchymal-stromal relationships in hematopoietic tissue spongy substance of the femur. In turn, it is known that the relationship between the stroma-parenchyma in the hematopoietic system is the basis for the development and maturation of myeloid and lymphoid cells in normal.

There was stated the initiation of osteogenesis and the processes of hematopoiesis in the bone marrow of irradiated animals at the 7th day after exposure to γ -radiation at a dose of 5 Gr during prophylactic administration of avian embryonic tissue preparation. On the 14th day of irradiation the progressive changes in comparison to control group were observed in the bone marrow of irradiated animals which were administered avian embryonic tissues preparation, and in some locations the bone marrow didn't differ from norm.



Введение

Известно, что костный мозг играет важную роль в формировании гемопоэтической ниши [Шибкова и др., 2006; Mendez-Ferrer et al, 2010; Nagasawa et al, 2012] и его морфологическое состояние является одним из главных критериев в оценке действия облучения на организм [Шибкова и др., 2006]. В частности, однократное локальное облучение костного мозга в дозе 5–10 Гр вызывает тяжелую гипоплазию, расширение и уменьшение костномозговых синусоидов. Облучение в дозе 20 Гр вызывает хроническую аплазию и замещение костного мозга жировой и фиброзной тканями. Более высокие однократные дозы облучения вызывают фиброзное перерождение костного мозга, которое не имеет обратного развития даже после трансплантации костномозговых стволовых клеток [Tokoyoda et al., 2004].

Учитывая высокую чувствительность стволовых клеток костного мозга к действию ионизирующего излучения, актуальным является поиск препаратов, оказывающих влияние на пролиферацию и дифференцировку клеток костного мозга после облучения. В связи с этим, представляет интерес изучение морфологии бедренной кости облученных животных после предварительного введения низкомолекулярного экстракта из эмбриональных тканей птиц, являющегося источником широкого ряда биологически активных молекулярных компонентов – аминокислот, жирных кислот, ростовых факторов, цитокинов [Кузнецова и др., 2014].

Целью нашей работы было проанализировать морфо-функциональные особенности костной ткани и костного мозга мышей при введении экстракта из эмбрионов кур перед внешним общим однократным воздействием γ -излучения.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования были самки белых беспородных мышей, массой 22 ± 1.0 г, 2-месячного возраста общей численностью 66 животных. В работе был использован экстракт из эмбриональных тканей кур, полученный по методике, разработанной в Харьковской зооветеринарной академии [Жегунов и др., 2013]. Общее однократное внешнее облучение мышей осуществлялось на установке РУМ-17 в дозе 5 Гр на протяжении 12 минут 30 секунд при кожно-фокусном расстоянии 40 см, силе тока 10 мА, напряжении в трубке 180 кВ, фильтр 0.5Cu + 1Al на базе ГУ «Институт медицинской радиологии им. С.П. Григорьева НАМН Украины». Исследование костного мозга бедренной кости проводили через 7 и 14 суток после радиационного воздействия. Число животных в каждой группе составляло 22, половина из которых была выведена из эксперимента на 7-е сутки, вторая половина – на 14-е сутки опыта. Группы животных: I группа – интактные животные; II группа – животные, которые были подвергнуты действию γ -излучения, выведенные из эксперимента аналогичным образом; III группа – животные, которым вводили препарат в дозе 0.1 мг/кг пятикратно через день и по окончании введения облучили. Забор материала осуществлялся в минимальные сроки после выведения опытных и контрольных животных из эксперимента под эфирным наркозом. Фиксация материала проводилась в простом фиксаторе – забуференном формалине (10% р-р формальдегида). После фиксации препараты отмывали и подвергали постепенному обезвоживанию в серии спиртов возрастающей крепости в течение 1 суток. Далее следовала обработка смесью абсолютного спирта с хлороформом в соотношении 1:1, затем ксилолом и заливка расплавленным насыщенным раствором парафина в хлороформе, далее термостатирование при 37°C в течении 1 суток. Дальнейшая заливка проводилась в термостате при температуре $54-56^\circ\text{C}$ в трех порциях парафина. Завершающая заливка осуществлялась в парафин с добавлением воска с последующим получением парафиновых блоков. Срезы с парафиновых блоков, толщиной 5–10 мкм, получали, используя микротом. Окрашивание срезов после обработки ксилолом проводили раствором гематоксилина и эозина с последующим обезвоживанием и заключением среза в синтетическую среду на основе полистирола (25 г бесцветного полистирола, 5 мл дибutilфталата, с доведением ксилолом до 100 мл объёма). Гистологический анализ проводили с использованием светового микроскопа Primo Star с оптикой Carl Zeiss, объектив план-ахроматической коррекции Plan-Achromat: $40 \times / 0.65$, окуляр $10 \times$ (eyepieces $10 \times / 18$ Bf.foc). Анализировали по 3 среза от каждого животного из всех опытных и контрольной групп. Отдельно подсчитывали абсолютное число ядродержащих клеток (кариоцитов) костного мозга. Источником костного мозга служили бедренные кости. Суспензию костномозговых клеток готовили механическим способом в среде, для чего суспензию пропускали через шприц с последовательно убывающими иглами, фильтровали через 4-хслойный капроновый фильтр. Подсчитывали число ядродержащих клеток в суспензии костного мозга, вымытого из бедренной кости в камере Горяева. Полученные данные представляли в виде простой средней арифметической со средним линейным отклонением. При проведении статистического анализа применялся критерий Стьюдента. Различия в средних арифметических считали статистически значимыми при уровне значимо-

сти α – 5%. Работа с животными проводили согласно положениям декларации по гуманному обращению с лабораторными животными, используемыми в экспериментальных исследованиях [European Convention ..., 1986].

Результаты и их обсуждение

При микроскопическом исследовании препаратов бедренной кости интактных мышей, установлено, что основной объем метафизарной части кости представлен губчатой тканью. Снаружи располагается компактная кость. Кортикальное вещество, образующее диафиз кости, состоит из костных пластинок. Наружный слой надкостницы образован плотной соединительной тканью, внутренний её слой состоит преимущественно из остеогенных камбиальных клеток, преостеобластов и остеобластов различной степени дифференцировки. Слой остеонов четко определяется между наружной и внутренней костными пластинками, в центре которых находятся каналы остеонов с проходящими в них кровеносными сосудами. В костных пластинках четко дифференцируются лакуны, внутри которых содержатся остециты (рис. 1).

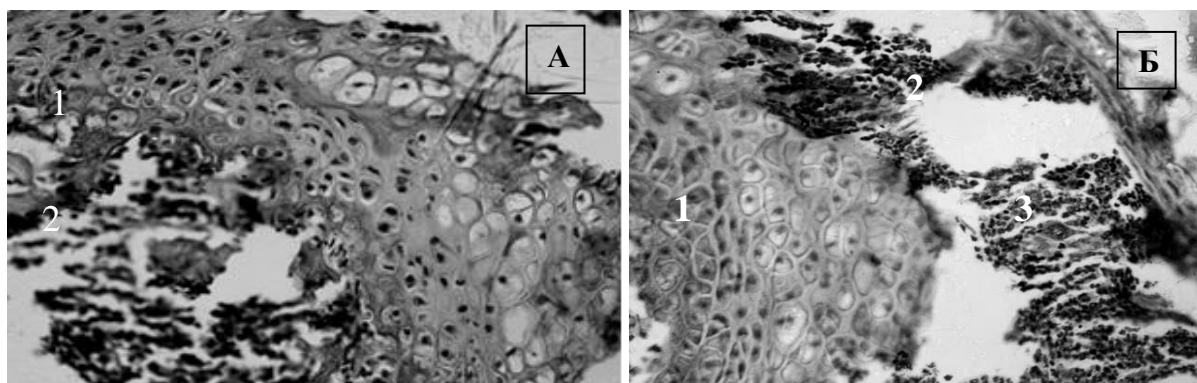


Рис. 1. Бедренная кость интактного животного: А – костные трабекулы (1), костномозговая полость (2); Б – костная ткань (1), костномозговой канал (2), гемопоэтическая ткань (3) (окраска: гематоксилин и эозин $\times 400$)

Fig. 1. Femur intact animal: A – the bone-trabeculae (1), bone marrow cavity (2); B – the bone tissue (1), medullary canal (2), hematopoietic tissue (3) (colouring: hematoxylin and eosin $\times 400$)

От компактной части трубчатой кости в костномозговую полость вдаются костные трабекулы. Нежная строма кости образована ретикулярной тканью, жировыми клетками и сосудами. Паренхиму составляют гемопоэтические островки, состоящие из гемопоэтических клеток на различных стадиях дифференцировки (рис. 1). В результате подсчета абсолютного числа кариоцитов костного мозга у интактных животных установлено значение $16.9 \pm 1.28 \times 10^9/\text{л}$ (рис. 2).

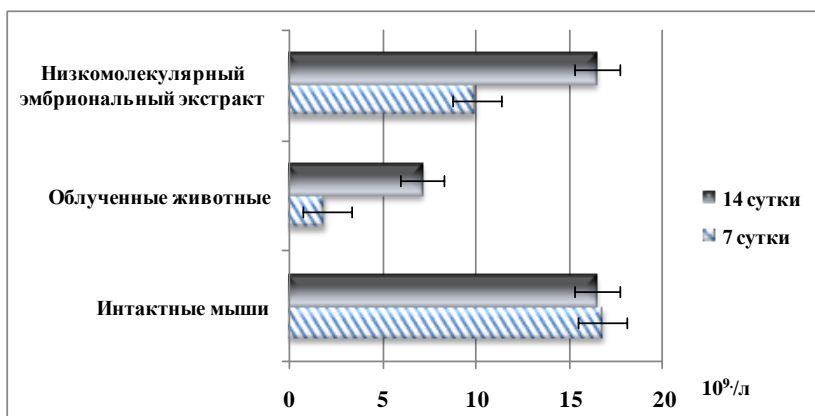


Рис. 2. Динамика содержания абсолютного числа ядродержащих клеток в костном мозге бедренной кости мышей при профилактическом применении экстракта из эмбриональных тканей птиц у облученных животных
Fig. 2. Dynamics of the absolute number of nucleated cells in the bone marrow of the femur of mice in prophylactic use in irradiated animals

В группе животных, подвергнутых тотальному облучению на 7-е сутки эксперимента, на срезе бедренной кости выявлены выраженные признаки дистрофии стромы и паренхимы костного мозга и уплотнение структуры костной ткани (рис. 3).

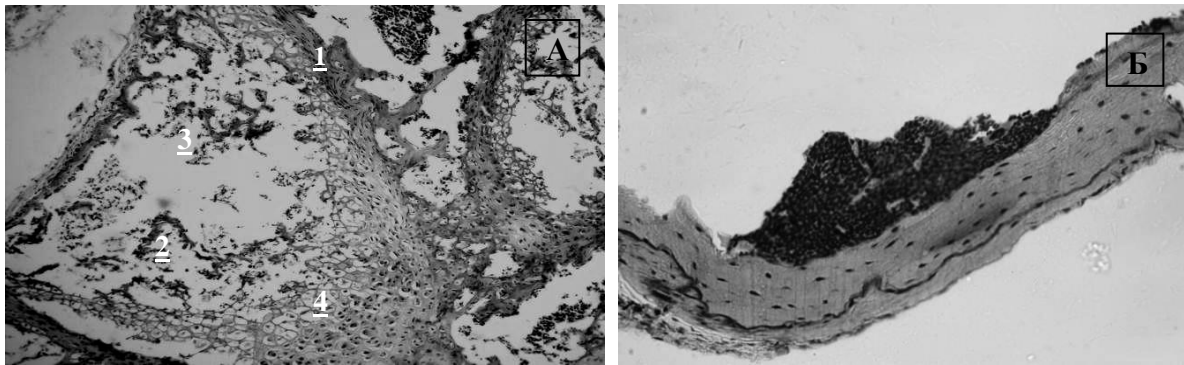


Рис. 3. Срез бедренной кости мыши после однократного тотального облучения (7-е сутки). А – строма и паренхима костного мозга: дистрофически измененные костные трабекулы (1); костномозговая полость (2); гипоплазия гемопоэтической ткани (3); дистрофически и некротически измененные остеоциты (4). Б – уплотненная структура костной ткани (окраска: гематоксилин и эозин $\times 400$)

Fig. 3. Slice of thighbone after a single whole-body irradiation (day 7). А – the stroma and parenchyma of the bone tissue: degenerative changes of the bone trabeculae (1); the medullary cavity (2); hypoplasia of the hematopoietic tissue (3); degenerative and necrotic changes osteocytes (4).
В – the compact structure of bone tissue (colouring: hematoxylin and eosin $\times 400$)

В некоторых полях зрения отмечено выраженное истончение трабекул губчатой кости в метафизарной части. В наружном слое костных пластинок определялись коллагеновые волокна, идущие параллельно друг другу в разных направлениях. Также на 7-е сутки после тотального облучения животных было отмечено истончение и резорбция костной ткани, но особенно явными были структурные перестройки стромального микроокружения бедренной кости, которые выражались в гипоплазии гемопоэтической ткани. Так, абсолютное число кариоцитов костного мозга у данной группы животных – $2.1 \pm 0.19 \times 10^9/\text{л}$, что достоверно меньше, ($p \leq 0.01$), чем у интактных мышей, и составило 12% от нормы (рис. 2). В костномозговой полости кости выявлялись углубления и лакуны, каналы остеоннов сужены по сравнению с образцами, взятыми у интактных мышей (рис. 4).

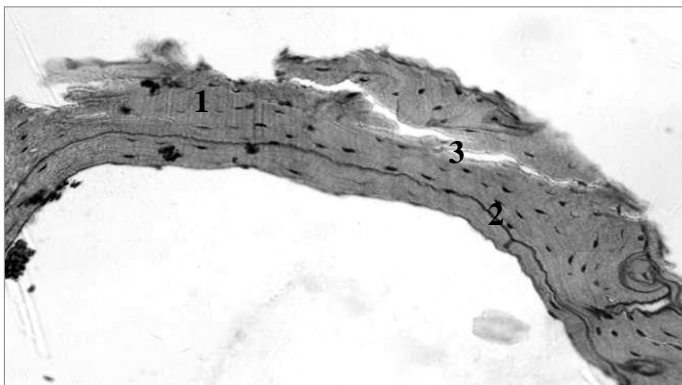


Рис. 4. Костная ткань после тотального облучения (7-е сутки). Дистрофические изменения костной ткани: измененные остеоциты (1); склероз сосудов (2); единичные остеобласты (3) (окраска: гематоксилин и эозин $\times 400$)

Fig. 4. Bone tissue after total body irradiation (day 7). Degenerative changes in bone tissue: osteocytes changed (1); vascular sclerosis (2); individual osteoblasts (3) (colouring: hematoxylin and eosin $\times 400$)

Известно, что остеобласты регулируют процессы остеогенеза и гемопоэза. В частности остеобласты секретируют цитокины, стимулирующие пролиферацию стволовых кроветворных клеток (СКК). В то же время они продуцируют в межклеточный матрикс белок остепонтин, являющийся обратным регулятором содержания СКК [Stier et al., 2005], т. е. незначительное количество остеобластов в костной ткани животных, подвергнутых облучению, является маркером вяло текущих регенераторных процессов. Об этом свидетельствуют хаотичные, очаговые скопления гемопоэтических клеток в строме бедренной кости, а также увеличение количества адипоцитов, которые в отличие от остеобластов являются ингибиторами гемопоэза.

После предварительного введения низкомолекулярного препарата из эмбриональных тканей птиц экспериментальным животным на 7-е сутки после облучения наблюдалась совершенно иная морфологическая картина костной ткани и костного мозга. Костные трабекулы губчатой кости, вдающиеся в костномозговую полость, были значительно шире по сравнению с группой контроля. В костной ткани животных данной группы выявлено большое количество

остеобластов, что свидетельствует об инициации остеогенеза и процессов кроветворения в костной ткани облученных животных (рис. 5).

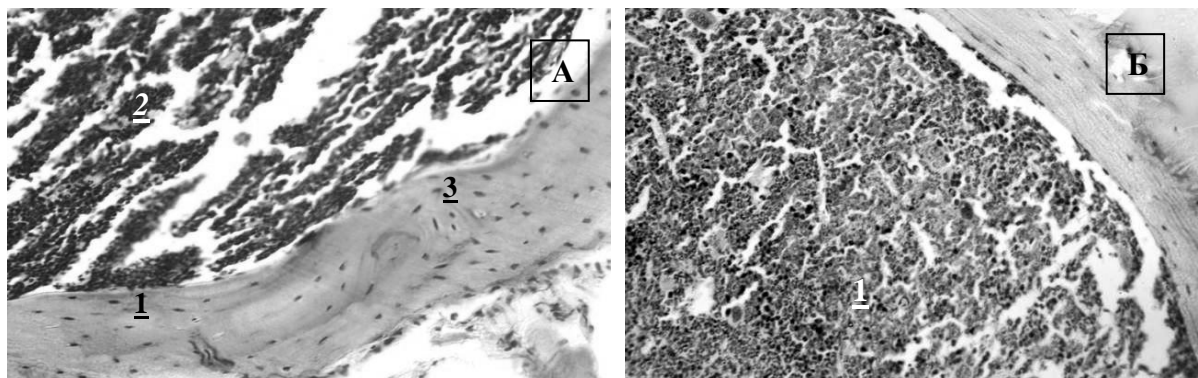


Рис. 5. Срез бедренной кости мышей (7-е сутки эксперимента), после тотального облучения на фоне предварительного введения препарата из эмбриональных тканей птиц. А: Костные трабекулы губчатой кости, вдающиеся в костномозговую полость, широкие, неуплотненные (1); гиперплазия гемопоэтической ткани (2); остециты с ядрами нормальной структуры (3).

Б: Скопление гемопоэтических клеток (1), активный гемопоэз и умеренное количество макрофагов в полости бедренной кости (окраска: гематоксилин и эозин $\times 400$)

Fig. 5. Slice of thighbone mice (day 7 of the experiment) after total body irradiation prior to injection background of avian embryonic tissues. A: the bone trabeculae of spongy bone jutting out into the medullary cavity wide: unconsolidated (1); hematopoietic tissue hyperplasia (2); osteocytes with the nuclei of normal structure (3). B: An area of hematopoietic cells (1), the active hematopoiesis and moderate number of macrophages in the cavity of the femur (colouring: hematoxylin and eosin $\times 400$)

Помимо изменений в костной ткани, были отмечены свидетельства активизации гемопоэза в матриксе бедренной кости, количество бластных форм значительно преобладало над более дифференцированными клетками костного мозга, число кариоцитов составило $10.3 \pm 0.2 \times 10^9/\text{л}$, что в 5 раз превышало значения у облученных мышей, не получавших препарат на 7 сутки исследования, и составляло 59.5% нормы (см. рис. 2, 5).

На 14-е сутки после облучения в контрольной группе животных нормализации морфологической структуры бедренной кости не наблюдалось. В частности отмечено утолщение компактного вещества диафиза, что происходило вследствие увеличения количества остеонов, причем каналы остеонов имели больший диаметр. Отмечена деформация ядер в остеоцитах костной ткани и в целом на 14-е сутки после тотального облучения паренхима кости контрольной группы животных была с выраженными дистрофическими изменениями (рис. 6). Абсолютное число кариоцитов на данные сутки исследования – $7.2 \pm 0.31 \times 10^9/\text{л}$, что составило 42.3 % от нормы, (рис. 2).

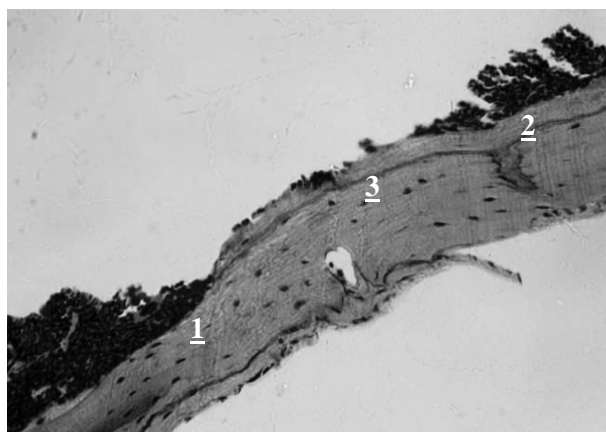


Рис. 6. Костная ткань после тотального облучения (14-е сутки). Истонченная, дистрофически измененная костная ткань (1); остециты (2); сосуды (3)

(окраска: гематоксилин и эозин $\times 400$)

Fig. 6. Bone tissue after total body irradiation (day 14). Thinning, dystrophic changes of the bone (1); osteocytes (2); vessels (3) (colouring: hematoxylin and eosin $\times 400$)

Также в данной группе животных на 14-е сутки эксперимента на фоне снижения активности гемопоэза отмечено уменьшение количества ретикулярной ткани, которая в норме обнаруживалась в виде тонких оксифильных прослоек. Вместе с тем отмечено сравнительно больше клеток эритроцитарного ряда, которые идентифицировались по гиперхромной окраске гемо-

поэтических клеток. В костной ткани облученных мышей было выявлено разрастание жировой ткани.

На 14-е сутки после облучения в костной ткани животных, которым перед облучением вводили препарат из эмбриональных тканей птиц, по сравнению с контролем наблюдались прогрессивные изменения. Углублений и выемок в компактной кости диафиза со стороны костномозговой полости не обнаружено. В наружном слое общих костных пластинок определялись коллагеновые волокна, идущие параллельно друг другу в разных направлениях (рис. 7). В целом в некоторых полях зрения костная ткань не отличалась от нормы. В костном матриксе активизации гемопоэза, такой как на 7-е сутки эксперимента, не наблюдалось, абсолютное число кариоцитов составило $16.7 \pm 1.6 \times 10^9/\text{л}$, что было сопоставимо со значениями в норме и достоверно превышало ($p \leq 0.05$) данные, полученные на 14 сутки у облученных животных без применения эмбрионального экстракта. В поле зрения выявлялись единичные адипоциты. В целом структура костной ткани данной группы животных не отличалась от интакта (рис. 7).

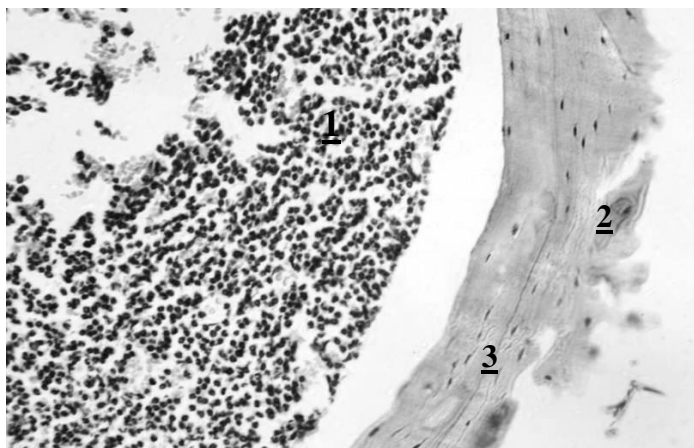


Рис. 7. Костная ткань мышей (14-е сутки эксперимента), после тотального облучения на фоне предварительного введения препарата из эмбриональных тканей птиц: нормализация гемопоэза (1); нормальная структура костной ткани (2); остеобласты (3) (окраска: гематоксилин и эозин $\times 400$)
Fig. 7. Bone mice (day 14 of the experiment) after total body irradiation prior to injection background of avian embryonic tissues: normalization of hematopoiesis (1); normal bone structure (2); osteoblasts (3) (colouring: hematoxylin and eosin $\times 400$)

Таким образом, проведенные гистологические исследования костной ткани и костного мозга бедренной кости животных после тотального облучения свидетельствуют о выраженных нарушениях паренхиматозно-стромальных взаимоотношений в кроветворной ткани губчатого вещества бедренной кости. В свою очередь известно, что взаимоотношения строма – паренхи́ма в системе гемолимфопоэза являются базисом для развития и созревания миелоидных и лимфоидных клеток в норме. Доказано, что стромальные дефекты могут играть ключевую роль в развитии гемобластозов, включая заболевания, обусловленные малигнизацией гемолимфопоэза [Ghia et al., 2005; Scadden, 2007; Krause et al., 2013].

Заключение

Предварительное введение мышам низкомолекулярного препарата из эмбриональных тканей птиц перед воздействием на них общего внешнего однократного γ -излучения в дозе 5 Гр предотвращало нарушение остеогенеза и гемопоэза в бедренной кости. На 7-е сутки после воздействия γ -излучения в указанном режиме в костной ткани животных выявлено большое количество остеобластов, свидетельствующее об инициации остеогенеза и процессов кроветворения в костном мозге облученных животных, при чем на 14-е сутки после радиационного воздействия на фоне применения препарата морфологическая картина в целом была трудно отличима от нормы. При подсчете абсолютного числа ядросодержащих клеток в костном мозге бедренной кости было обнаружено его значительное снижение на 7 и 14-е сутки после облучения в сравнении с интактными животными. При профилактическом применении низкомолекулярного эмбрионального экстракта облученным животным ядросодержащие клетки костного мозга не пострадали в количественном отношении в той же мере как клетки костного мозга без применения экстракта, и на 14-е сутки их число достигало нормальных значений. Приведенная гистоморфологическая картина костной ткани и костного мозга бедренной кости мышей, сформировавшаяся на фоне профилактического применения препарата из эмбриональных тканей птиц перед воздействием внешнего тотального однократного γ -излучения в сублетальной дозе 5 Гр на мышей, свидетельствует о перспективности применения радиопротекторных свойств данной субстанции.

Список литературы References

1. Жегунов Г.Ф., Кузнецова В.Г., Тимохина Ю.О., Мершинець Ю.О., Погоріла М.С. 2013. Отримання екстракту з ембріонів курей. Патент України №85646. Бюл. №22.
Gegunov G.F., Kuznetsova V.G., Timohina Yu.O., Mershinets Yu.O., Pogorelaja M.S. 2013. Preparations of the Extract of Chick Embryos. Patent UKR. №85646. Bull. 22. (in Ukrainian)
2. Кузнецова В.Г., Жегунов Г.Ф., Погорелая М.С. 2014. Исследование содержания аминокислот и жирных кислот в экстракте из эмбрионов кур. Вісник проблем біології і медицини, 4 (3): 60–65.
Kuznetsova V.G., Gegunov G.F., Pogorelaja M.S. 2014. Contents of amino acids and fatty acids in extracts from chick embryos. *Visnik problem biologii i medicini*, 4 (3): 60–65. (in Russian)
3. Шибкова Д.З., Аклев А.В. 2006. Адаптационно-компенсаторные реакции системы кроветворения при хроническом радиационном воздействии. Челябинск, Изд-во ЧГПУ, 328.
Shibkova D.Z., Akleyev A.V. 2006. *Adaptacionno-kompensatornyie reaktzii sistemyi krovetvoreniya pri chronicheskom radiatsionnom vozdeystvii* [Adaptive-compensatory reactions of hematopoietic system in chronic radiation exposure]. Chelyabinsk, Izd-vo ChGPU, 328. (in Russian).
4. European Convention for the protection of vertebrate animals used for experimental and other scientific purposes. 1986. Strasburg, Council Treaty Series, 123.
5. Ghia P., Circosta P., Scielzo C. 2005. Differential effects on CLL cell survival exerted by different microenvironmental elements. *Current Topics in Microbiology and Immunology*, 294: 135–145.
6. Krause D., Scadden D., Preffer L. 2013. The Hematopoietic Stem Cell Niche-Home for Friend and Foe? *Cytometry Part B: Clinical Cytometry*, 84 (1): 7–20.
7. Scadden D.T. 2007. The stem cell niche in health and leukemic disease. *Best Practice & Research Clinical Haematology*, 20 (1): 19–27.
8. Stier S., Ko Y., Forkert R. et al. 2005. Osteopontin is a hematopoietic stem cell niche component that negatively regulates stem cell pool size. *Journal of Experimental Medicine*, 201: 1781–1791.
9. Tokoyoda K., Egawa T., Sugiyama T. 2004. Cellular niches controlling B-lymphocyte behavior within bone marrow during development. *Immunity*, 20: 707–718.
10. Mendez-Ferrer S., Michurina T.V., Ferraro F. et al. 2010. Mesenchymal and haematopoietic stem cells form a unique bone marrow niche. *Nature*, 466: 829–834.
11. Nagasawa T., Sugiyama T. 2012. Bone Marrow Niches for Hematopoietic Stem Cells and Immune Cells. *Inflammation & Allergy*, 11: 201–206.



УДК 633.11.«324»:575.174.015.3

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ВАРИАНТОВ АЛЬФА-АМИЛАЗ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ И СОПРЯЖЕННОСТЬ ЗИМОТИПОВ ФЕРМЕНТА С КОЛИЧЕСТВЕННЫМИ ПРИЗНАКАМИ РАСТЕНИЙ

POLYMORPHISM OF ALFA-AMYLASE AND CONJUGATION IN COMMON WHEAT ENZYME TYPES WITH QUANTITATIVE TRAITS OF PLANTS

В.П. Нецветаев¹, Л.С. Бондаренко^{1, 2}, И.П. Моторина¹

V.P. Netsvetaev¹, L.S. Bondarenko^{1, 2}, I.P. Motorina¹

¹ Белгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, Россия, 308001, г. Белгород, ул. Октябрьская, 58

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

¹ Belgorod State Research Institute of Agriculture RAA, 58 Oktjabr'skaja St, Belgorod, 308001, Russia

² Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: v.netsvetaev@yandex.ru; netsvetaev@bsu.edu.ru

Ключевые слова: α-амилаза, озимая мягкая пшеница, наследование, зимотипы, количественные признаки.

Key words: α-amylase, winter common wheat, inheritance, enzyme types, quantitative traits.

Аннотация. Используя полиморфизм альфа-амилазы в культуре озимой мягкой пшеницы изучили наследование изоэнзимов этого фермента и сопряженность его зимотипов с прорастаемостью зерна на корню, зерновой продуктивностью, высотой растений и временем колошения.

Показано, что полиморфизм изоферментного состава альфа-амилазы мягкой пшеницы ограничивается присутствием разных локусов, продукты которых близки по электрофоретическим параметрам. В связи с этим, один компонент энзима может контролироваться как одним, так и двумя или тремя генами.

Идентифицирован локус, контролирующий изоэнзим альфа-амилазы в быстро подвижной части электрофореграммы, обозначенный как α-Аму-В7. Он расположен в хромосоме 6BL на расстоянии 0.95±0.39% рекомбинации от фактора α-Аму-В6.

С целью создания новых сортов озимой мягкой пшеницы, обладающих большей устойчивостью к прорастанию зерна в колосе целесообразно вести отбор генотипов с сочетанием вариантов альфа-амилазы: АСУХ. В целом, присутствие гена В1 (Безостость) и кодоминантных аллелей локусов α-Аму-В6 и α-Аму-В7, расположенных в хромосомах 5А и 6BL, обуславливает снижение степени прорастания зерна в колосе. Использование данных генетических маркеров может быть эффективно в связи с тем, что погодные условия вегетационного периода не всегда способствуют проявлению этого количественного признака.

Resume. Using polymorphism of alpha-amylase in the winter common wheat we studied inheritance isoenzymes and its conjugation enzyme types with germinating grain on the "vine", grain productivity, plant height and time of ear formation.

It is shown that the polymorphism isoenzyme of alpha-amylase wheat is limited by the presence of different loci whose products are similar in electrophoretic parameters. In this regard, one component of the enzyme can be controlling at one or two or three genes.

Identification of a locus controlling alpha-amylase isoenzyme in the fast moving part of the electrophoretogram, designated as α-Amy-B7. It is located on chromosome 6BL at a distance 0.95+0.39% of the recombination to factor α-Amy-B6.

In order to create new varieties of winter common wheat, with greater resistance to grain germination in the ear it is appropriate to maintain the selection of genotypes with a combination of alpha-amylase variants: АСУХ. In general, the presence of the gene B1 (awnless) and codominant alleles of loci α-Amy-B6 and α-Amy-B7, located on chromosomes 5A and 6BL, causes a reduction in the degree of seed germination in the ear. Using these genetic markers can be effective due to the fact that the weather conditions of the vegetation period do not always promote display of this quantitative trait.

Введение

У мягкой пшеницы альфа-амилазы контролируются локусами, расположенными в длинных плечах 6-й гомеологичной группы хромосом, а также хромосомами 7-й гомеологичной группы [Nishikawa, Nobuhara, 1971; Gale et al., 1983; Ainsworth et al., 1985; Илличевский и др., 1989; Рыбалка и др., 1989; Nishikawa, 1991; Nishikawa et. al., 1993; Mrva, Mares, 1999; Нецветаев и др., 2012]. Локусы, расположенные в хромосомах 6 геномов А, В, D получили символы, соответственно, α-Аму А1, α-Аму В1, α-Аму D1, а локусы хромосом 7 – α-Аму А2, α-Аму В2, α-

Amy D2 [Gale et al., 1983]. Более детальный генетический анализ показал, что хромосома 6В оказалась наиболее насыщена генетическими факторами, контролирующими синтез этого фермента [Nishikawa et al., 1993; Нецветаев и др., 2012]. В длинном плече этой хромосомы кроме фактора, α -Amy B1, были идентифицированы локусы: α -Amy-B3, α -Amy-B4, α -Amy-B5 и α -Amy-B6. Информация об ассоциации наследственных вариантов ферментов альфа-амилазы с количественными признаками и свойствами растений мягкой пшеницы в литературе отсутствует.

Целью исследования было изучить наследование полиморфных вариантов α -амилазы прорастающего зерна мягкой пшеницы и оценить сопряженность зимотипов этого фермента с количественными признаками растений этой культуры.

Материал и методы

Для генетического анализа использовали самоопыляющиеся популяции озимой мягкой пшеницы старших поколений (F_{∞}), отобранных из конкурсного и предварительного испытания ГНУ Белгородского НИИСХ Россельхозакадемии урожая 2013 г. Анализировали отдельные зерна по составу α -амилазы методом электрофореза их экстрактов. Для идентификации гетерогенности образцов по альфа-амилазе использовалось не менее 3-х отдельных проросших зерен. Сопряженность зимотипов амилазы с количественными признаками устанавливалась на основе исследования конкурсного испытания урожая 2012 и 2013 годов.

Зерно предварительно обеззараживали раствором $KMnO_4$ нагретым до $75^{\circ}C$ в течение 30 сек., промывали дистиллированной водой и проращивали в темноте при комнатной температуре в течение 4 суток.

Для экстракции фермента проросшая зерновка заливалась 0.2% раствором двууглекислой соды ($NaHCO_3$), содержащим 20% сахарозы и 0.03% бромфенолового синего. Количество экстрагирующего раствора 250 мкл на зерновку. После тщательного измельчения каждой зерновки в отдельных пластмассовых пробирках палочкой из нержавеющей стали, проводили центрифугирование в течение 4 мин. при 10000 об./мин. Затем, осуществляли прогрев закрытых пробирок с супернатантом при $80^{\circ}C$ в течение 20–25 мин. Подготовленная таким образом надосадочная жидкость наносилась в стартовые ячейки по 2–3 мкл.

Электрофорез выполняли в пластинах 7.5% полиакриламидного геля размером $190 \times 105 \times 1$ мм на приборах, изготовленных в Селекционно-генетическом институте УААН (Одесса) [Нецветаев и др., 2012]. Условия электрофореза описаны ранее [Рыбалка и др., 1989; Нецветаев и др., 2012]. Электрофоретическое разделение велось в трис-глициновом буфере pH 8.4 при напряжении в 300 В. Прекращали разделение изоферментов после выхода 2.5 меток бромфенолового синего (длительность около 2.5 час.).

Инкубацию амилаз проводили в 1% растворе гидролизованного крахмала в 0.1M ацетатном буфере, pH 5.4, который перед этим при помешивании доводился до кипения [Нецветаев и др., 2012]. Время инкубации 30 мин. при комнатной температуре. После окончания инкубации гелевые пластины промывали проточной водой и окрашивали раствором йода в йодистом калии (0.5 г KI, 260 мг I_2 , 6 г трихлоруксусной кислоты, вода до 100 мл).

Для оценки сцепления использовали подход изложенный ранее [Netsvetaev, Sozinov, 1984; Нецветаев, 2008].

Экспериментальная часть и обсуждение

Для генетического анализа были отобраны гетерогенные образцы зерна озимой мягкой пшеницы из конкурсного и предварительного испытания ГНУ Белгородского НИИСХ Россельхозакадемии, представляющие самоопыляющиеся популяции F_{∞} . Так, на рисунке 1 представлены варианты альфа-амилазы встречающиеся в F_{∞} 66/09 X Богданка.

Анализ 192 зерен этой гомозиготной популяции по этому ферменту показал, что по верхней части зимограмм встречалось только три фенотипических класса: 1 – наличие двух зон активности; 2 – активность только в медленно-подвижной части; 3 – активность только в более подвижной части электрофореграммы (рис. 1). Оценка расщепления по каждой зоне активности, включая нижнюю часть спектра зимограмм, представлена в таблице 1.

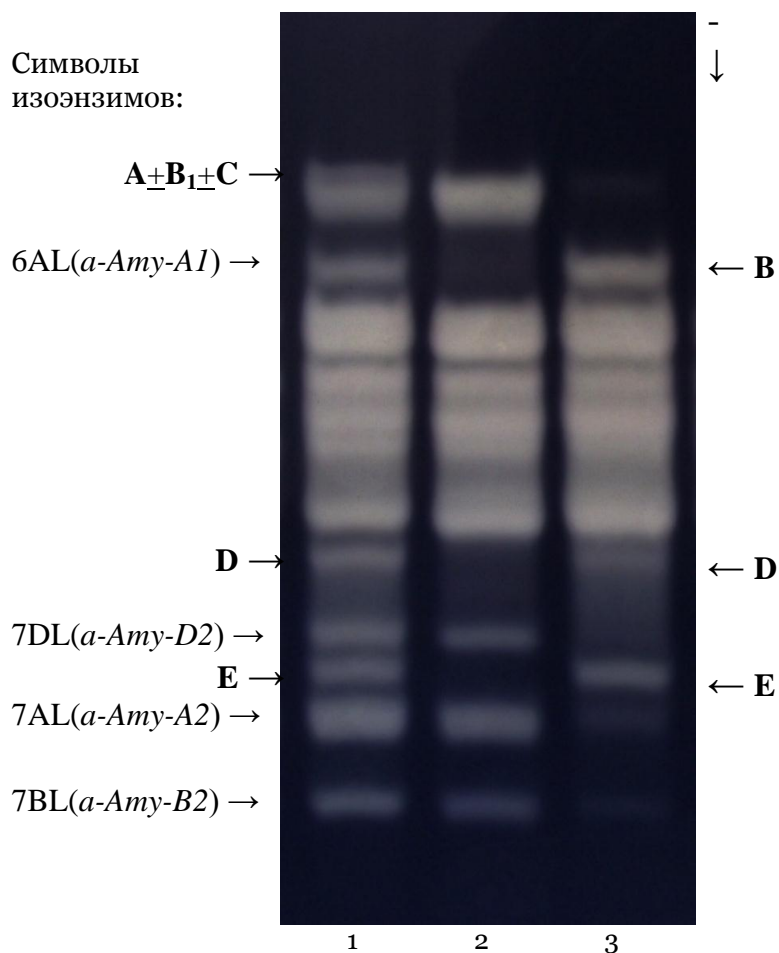


Рис. 1. Расщепление по альфа-амилазе отдельных зерен в популяции F_{∞} 202/13 = (66/09 X Богданка) озимой пшеницы (КСИ-13, БелНИИСХ). Жирным шрифтом обозначены изоэнзимы, по которым наблюдалось расщепление

Fig. 1. Inheritance by alpha-amylase individual grains in the population F_{∞} 202/13 = (66/09 X Bogdanka) of winter wheat (Comp.Test-13, BelNIISKH). Bold marked isoenzymes, for which was observed segregation

Таблица 1
Table 1

Наследование изоэнзимов альфа-амилазы в F_{∞} 66/09 X Богданка
Inheritance isozymes alpha-amylase in the F_{∞} 66/09 X Bogdanka

Обозначение зимотипа	Обозначение фенотипов		Ожидаемое соотношение	χ^2	P
	XX	xx			
A	162	30	1 : 1	90.75	<0.01
			3 : 1	9.00	<0.01
			7 : 1	1.71	>0.10
			15 : 1	28.80	<0.01
B	106	86	1 : 1	2.08	>0.10
			3 : 1	40.11	<0.01
D	99	93	1 : 1	0.19	>0.50
E	97	95	1 : 1	0.02	=0.90

Судя по наследованию, наименее подвижный компонент А альфа-амилазы контролируется тремя локусами ($\chi^2_{7:1} = 1.71$; $P > 0.10$). Следовательно, этот компонент может быть сложным и включать дополнительные изоэнзимы, обозначенные B_1 и C (см. рис. 1). Компонент В показал моногенный тип наследования ($\chi^2_{1:1} = 2.08$; $P > 0.10$). Ранее установлено, что этот изоэнзим контролируется локусом, расположенным в хромосоме 6AL [Илличевский и др., 1989;

Рыбалка и др., 1989] и обозначенным α -Аму-А1 [Ainsworth et al., 1985]. Изофермент D наследовался по моногенному типу ($\chi^2_{1:1} = 0.19$; $P > 0.50$). Ген, контролирующий его, имеет символ α -Аму-В6 и расположен в хромосоме 6ВL между локусами α -Аму-В3 и α -Аму-В1 [Нецветов, 2012]. Более подвижный изоэнзим Е показал моногенный характер наследования ($\chi^2_{1:1} = 0.02$; $P = 0.90$). Локализация гена, контролирующего его синтез, не была известна.

В медленно подвижной части спектра альфа-амилаз выявлено лишь три фенотипических класса: **A** (=A+B₁+C) : **A+B** : **B** (см. рис. 1), имевшие, соответственно, следующие численности 106 : 56 : 30. Интерпретировать такое расщепление в F_{→∞} позволяет схема ожидаемых численностей при трехфакторном наследовании (рис. 2).

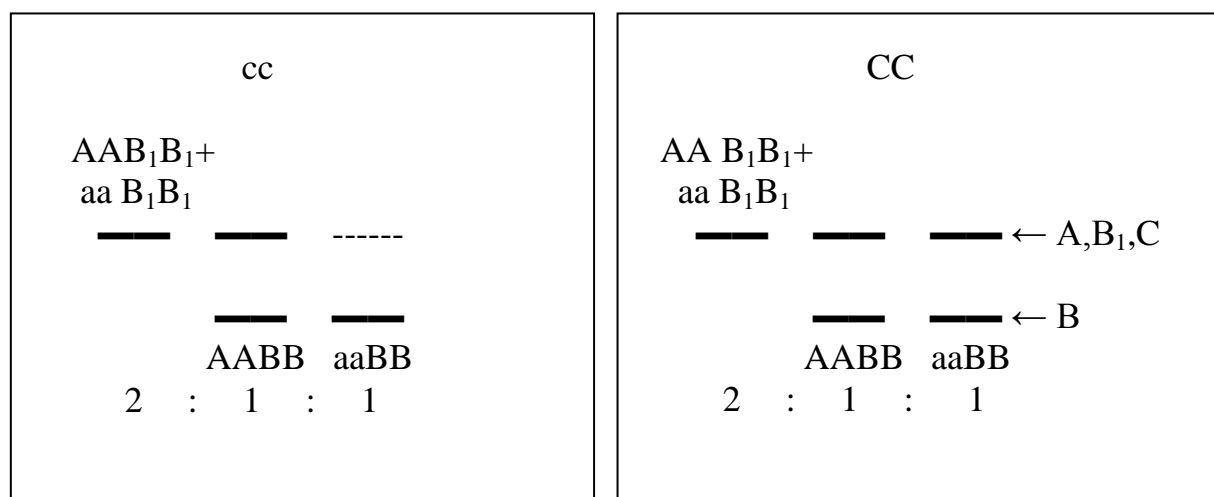


Рис. 2. Схема наблюдаемых фенотипических классов в F_{→∞} 66/09 X Богданка по изоферментам альфа-амилазы медленноподвижной зоны электрофореграмм и ожидаемые численные соотношения между ними

Fig. 2. Scheme of the observed phenotypic classes in F_{→∞} 66/09 X Bogdanka by alpha-amylase isozymes in slow mobility area zymogram and the expected numerical ratio between them

Следовательно, в соответствии с этой схемой соотношение фенотипов A : A+B : B будет 4 : 3 : 1. Оценка сцепления изученных факторов дала величину $\chi^2_L = 2.31$ ($P > 0.10$), что свидетельствует о независимом наследовании этих факторов. Полученное расщепление свидетельствует также о том, что «аллельный» вариант В₁ изоэнзима В имеет подвижность идентичную компоненту А. Изоэнзим А обусловлен локусом α -Аму-Д1, а изоэнзим В, контролирует фактор α -Аму-А1, описанные ранее [Илличевский и др., 1989; Рыбалка и др., 1989]. Очевидно, что изоэнзим С с электрофоретической подвижностью идентичной изоэнзиму А, обусловлен активностью третьего локуса α -Аму-В1. Следовательно, судя по расщеплению, в рассмотренной комбинации скрещивания задействованы также другие аллели известных локусов, контролирующих изоферментный состав альфа-амилазы мягкой пшеницы.

На основе анализа F_{→∞} 66/09 X Богданка проведена оценка сцепления генов, контролирующих синтез компонентов D и E альфа-амилазы пшеницы. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2
Table 2

Оценка сцепления локусов, контролирующих изоферментный состав альфа-амилазы в комбинациях F_{→∞} 66/09 X Богданка (I) и F_{→∞} Харус X 650/00 (II)
Evaluation coupling loci controlling composition isozyme alpha-amylase in combinations F_{→∞} 66/09 Bogdanka X (I) and F_{→∞} Kharus X 650/00 (II)

Комбинация	Обозначение изоэнзимов	Символы локусов	Фенотипические классы			n	χ^2_L	Рекомбинация, %
			XX	xx				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	В - D	α -Аму-А1 X α -Аму-В6	YY	40	46	192	1.69	независимая
			yy	59	47			
I	В - E	α -Аму-А1 X α -Аму-В7	YY	41	45	192	3.75	независимая
			yy	56	50			

Окончание таблицы 2

End of table 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	D - E	α -Amy-B6 X α -Amy-B7	YY	96	1	192	176.33	1.06±0.54
			yy	3	92			
II	D - E	α -Amy-B6 X α -Amy-B7	YY	70	2	129	121.13	0.79±0.56
			yy	0	57			
I+II	D - E	α -Amy-B6 X α -Amy-B7	YY	166	3	321	297.45	0.95±0.39
			yy	3	149			

Как видно, изофермент В, контролируемый локусом α -Amy-A1, независимо наследовался с компонентами D и E. В то же время, изоэнзимы D и E показали сцепленное наследование. Изоэнзим D контролируется локусом α -Amy-B6 идентифицированным ранее и локализованным вблизи гена α -Amy-B1 на хромосоме 6В [Нецветаев, 2012]. Сопоставляя данные по оценкам сцепления локусов, контролирующих изоферментный состав альфа-амилазы пшеницы в хромосоме 6В [Нецветаев, 2012; Nishikawa et al., 1993] можно сделать вывод, что за синтез компонента E ответственен новый локус обозначенный как α -Amy-B7. Следовательно, он наиболее тесно сцеплен с фактором α -Amy-B6. Положение его относительно других, контролирующих изоферментный состав альфа-амилазы пшеницы, на генетической карте хромосомы 6ВL остается открытым.

Комбинация скрещивания F_{∞} Харус X 650/00 была гетерогенна только по изоферментному составу альфа-амилазы быстроподвижной зоны электрофореграмм. Некоторые типы зимограмм этой популяции представлены на рисунке 3.

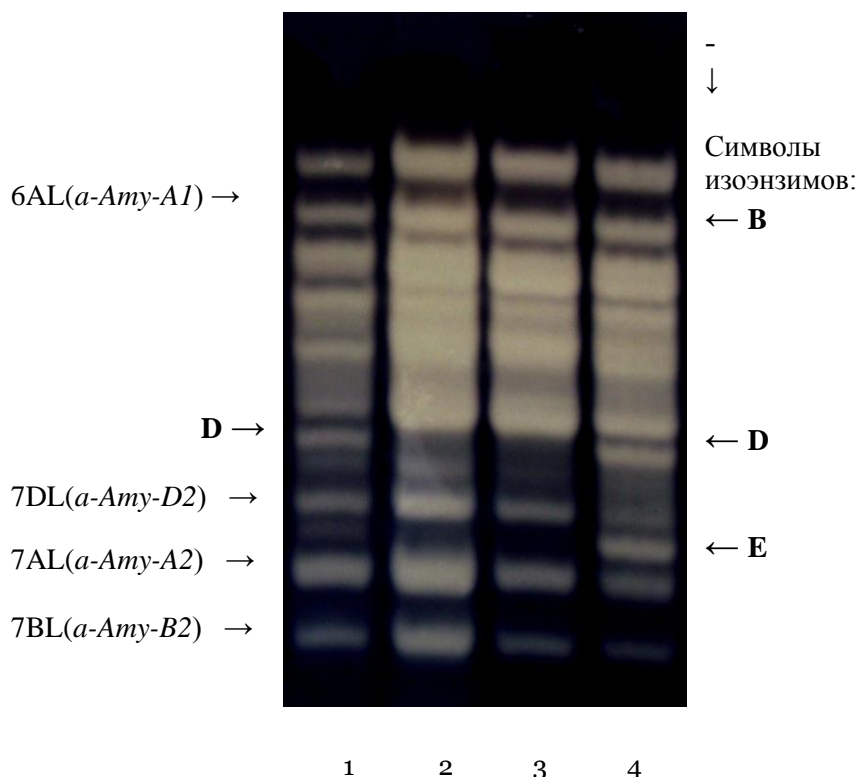


Рис. 3. Некоторые сочетания изоэнзимов альфа-амилазы пшеницы в F_{∞} Харус X 650/00:

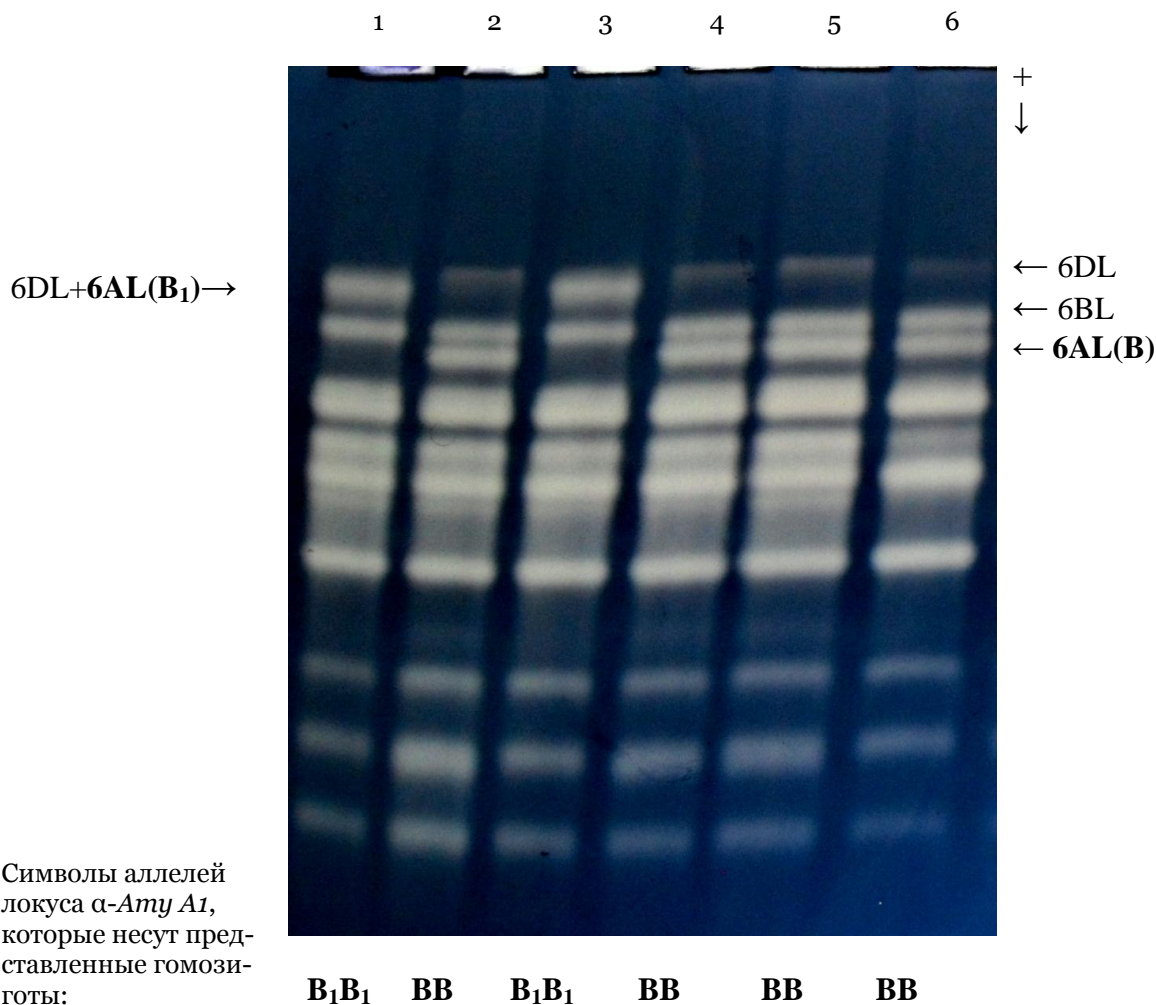
1 – рекомбинантный фенотип (DDee), 2–3 – фенотип P₁ (ddee), 4 – фенотип P₂ (DDEE)

Fig. 3. Some combination of alpha-amylase isoenzymes in wheat F_{∞} Kharus X 650/00: 1 – recombinant phenotype (DDee), 2–3 – P₁ phenotype (ddee), 4 – phenotype P₂ (DDEE)

В данном случае, как и в предыдущем, обнаружены рекомбинантные типы зимограмм, количество которых отражено в таблице 2. Анализ наследования изоэнзимов D и E подтвердил моногенный тип наследования каждого из них. Так, $\chi^2_{1:1}$ для компонента D составил 1.74 ($P > 0.10$), а для изоэнзима E был равен 0.94 ($P > 0.25$), что в обоих случаях свидетельствует о монофакторном наследовании. Оценка сцепления генов, контролирующих эти компоненты, при-

ведена в таблице 2. Она составила $0.79 \pm 0.56\%$ рекомбинации, что близко к величинам, полученным на предшествующей популяции. Усредненная оценка сцепления по двум комбинациям скрещивания $F_{\rightarrow\infty}$ 66/09 X Богданка и $F_{\rightarrow\infty}$ Харус X 650/00 между локусами α -Amy-B6 и α -Amy-B7 составила $0.95 \pm 0.39\%$ (см. табл. 2).

Наследование компонентов альфа-амилазы медленно подвижной зоны зимограмм исследовалось также на других популяциях $F_{\rightarrow\infty}$. Так, на рисунке 4 представлены изоэнзимы этого фермента, наблюдаемые в гетерогенной гомозиготной популяции $F_{\rightarrow\infty}$ 33/12.



Символы аллелей локуса α -Amy A1, которые несут представленные гомозиготы:

Рис. 4. Расщепление по альфа-амилазе отдельных зерен в популяции $F_{\rightarrow\infty}$ 33/12 озимой пшеницы (КСИ-12, БелНИИСХ): 1 – P₁; 2–5 – $F_{\rightarrow\infty}$ 33/12; 6 – P₂. Жирным шрифтом отмечены хромосомы, по которым наблюдается расщепление, в скобках символы аллелей
Fig. 4. Segregation by alpha-amylase individual grains in the population $F_{\rightarrow\infty}$ 33/12 winter wheat (Comp.Test-12, BelNIISKH): 1 – P₁; 2–5 – $F_{\rightarrow\infty}$ 33/12; 6 – P₂. Bold font marked chromosome on which a segregation. Brackets marked symbol of parent alleles

Родители отличались по двум зонам активности (см. рис. 4). У P₁ интенсивно выражен наименее подвижный компонент и отсутствовала ферментативная активность в зоне третьего (сверху) компонента, контролируемого длинным плечом хромосомы 6A. P₂ характеризовался наличием более слабой активностью в наименее подвижной зоне зимограммы, контролируемой длинным плечом хромосомы 6D и присутствием третьего компонента (сверху), контролируемого хромосомой 6A. В гомозиготной популяции $F_{\rightarrow\infty}$ 33/12 было обнаружено только два фенотипических класса, идентичных исходным родителям. Встречаемость их представлена в таблице 3.



Таблица 3

Table 3

Анализ расщепления по изоферментам альфа-амилазы в гомозиготных популяциях озимой пшеницы: F_{∞} 33/12 от сложного скрещивания и F_{∞} 38/12 (=Одесская 267 × Памяти Федина)
Analysis of the segregation by alpha-amylase isoenzymes in homozygous populations of winter wheat: F_{∞} 33/12 from composite cross and F_{∞} 38/12 (=Odesskaya 267 × Pamyati Fedina)

Популяция	Локус, контролирующий альфа-амилазу	Символы аллелей	Обозначение фенотипов		Размер выборки n	Ожидаемое соотношение	χ^2	P
			XX	xx				
33/12	α -Amy A1	$B \times B_1$	30	37	67	1 : 1	0.732	>0.25
38/12	α -Amy A1	$B + ?$	59	14	73	1 : 1	27.75	<0.01
						3 : 1	1.32	=0.25
	α -Amy D1	$D + ?$	52	21	73	1 : 1	13.16	<0.01
						3 : 1	0.55	>0.25

Как видно, соотношение выявленных фенотипов соответствует расщеплению 1 : 1. Следовательно, выявленные различия обусловлены аллелями одного локуса. Характерно, что аллель обозначенный как B , локуса α -Amy A1, контролирующий наличие компонента B , имеет альтернативный вариант, B_1 , обуславливающий дополнительную активность в зоне наименее подвижного варианта альфа-амилазы B_1 . Эти данные подтверждают результаты, полученные на комбинации F_{∞} 66/09 X Богданка. Таким образом, наименее подвижный компонент альфа-амилазы пшеницы, может контролироваться не только одним локусом α -Amy-D1, но также дополнительными – α -Amy A1, если он несет аллель B_1 . Следовательно, изоэнзимы, контролируемые аллелями разных локусов, могут иметь идентичные электрофоретические параметры. Подтверждением этому может служить комбинация F_{∞} 38/12 (=Одесская 267 X Памяти Федина). На рисунке 5 представлены варианты фенотипических классов альфа-амилаз, встречающихся в данной гомозиготной популяции.

Встречаемость компонентов по зонам активности ферментов представлена в табл. 3. Как видно, наследование по каждой зоне активности (B и D) имеет дигенный характер. Анализ наследования обоих компонентов показал, что присутствие ферментативной активности в обеих зонах одновременно к активности по каждой зоне отдельно составляет 2 : 1 : 1 (табл. 4). Такое соотношение возможно, если аллель B_1 локуса α -Amy A1 обуславливает синтез энзима идентичного по электрофоретической подвижности продукту D локуса α -Amy D1. В этом случае, аллель D_1 локуса α -Amy D1 контролирует синтез варианта идентичного по электрофоретическим параметрам продукту B локуса α -Amy A1. Таким образом, при этих условиях с учетом независимого наследования такое расщепление в F_{∞} возможно. Судя по величине χ^2 (1.46; $P > 0.25$) наблюдаемое отношение отмеченных фенотипических классов свидетельствует о независимом наследовании локусов, контролирующих синтез ферментов в этих зонах зимограмм. Кроме этого, подтверждается идентичность продуктов некоторых аллелей, изоэнзимам, контролируемым другими локусами.

Таблица 4

Table 4

Анализ сцепления локусов α -Amy A1 и α -Amy D1 в комбинации F_{∞} 38/12 (=Одесская 267 × Памяти Федина)
Linkage analysis of loci α -Amy A1 and α -Amy D1 in combination F_{∞} 38/12 (=Odesskaya 267 × Pamyati Fedina)

Символы локусов	Фенотипические классы в F_{∞}			χ^2	P
	BBDD + $B_1B_1 D_1D_1$	BB D_1D_1	B_1B_1DD		
α -Amy A1 + α -Amy D1	38	21	14	1.46	> 0.25

Таким образом, сложный генетический контроль изоферментного состава альфа-амилаз при массовом анализе не всегда позволяет установить полный аллельный состав, контролирующий синтез этого фермента в медленно подвижной зоне зимограмм.

В связи с этим, для оценки сопряженности изоэнзимного состава альфа-амилаз с количественными признаками и свойствами растений мягкой пшеницы имеются определенные сложности. Поэтому группировку растительного материала по данному ферменту проводили по зимотипам. Для этого обозначали зоны ферментативной активности буквами латинского алфавита в соответствии с рисунком 6.

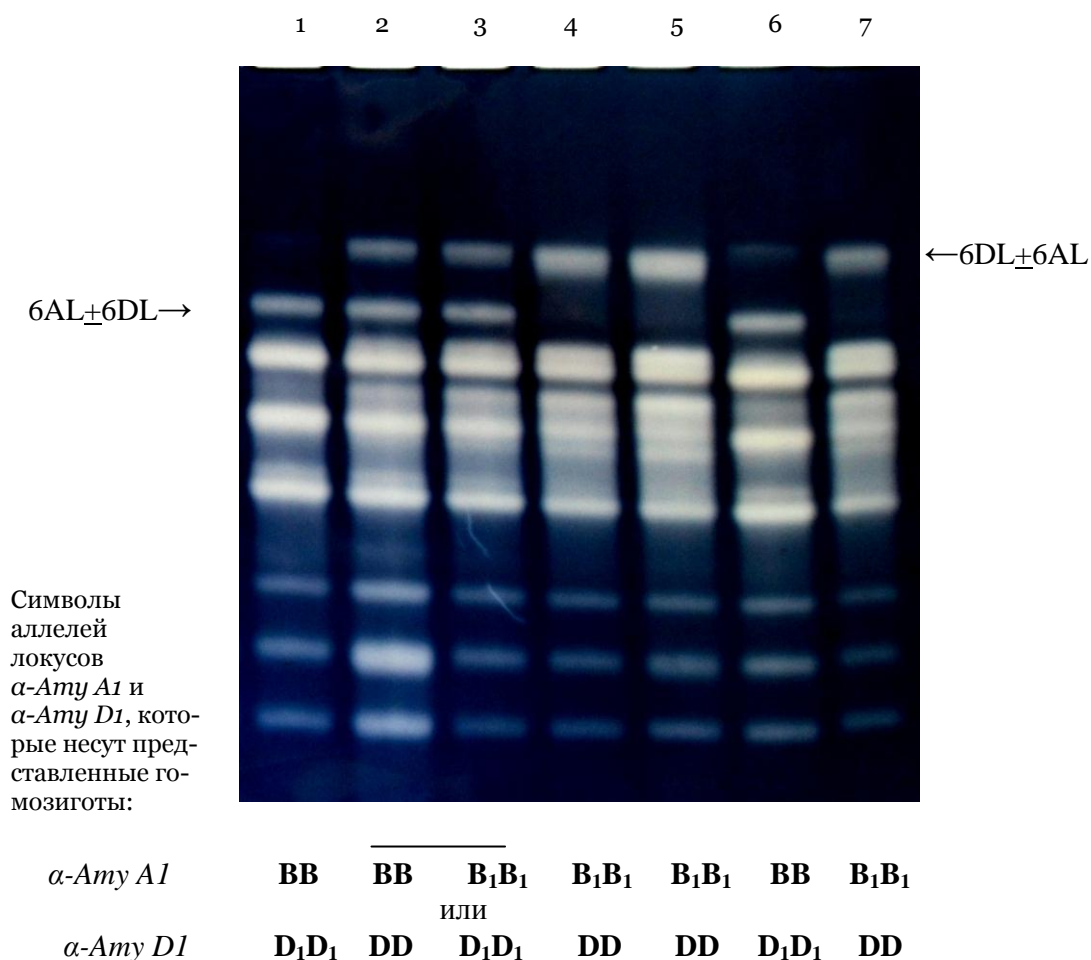


Рис. 5. Расщепление по альфа-амилазе отдельных зерен в популяции $F_{\infty} 38/12$ (=Одесская 267 X Памяти Федина) озимой пшеницы (КСИ-12, БелНИИСХ)
 Fig. 5. Segregation by alpha-amylase in individual grain population $F_{\infty} 38/12$ (= Odesskaya 267 X Memory Fedina) of winter wheat (Comp.Test-12, BelNIISKH)

С учетом такой группировки альфа-амилазы проведена оценка сопряженности ряда количественных признаков с выявленными сочетаниями изоферментов (табл. 5).

Таблица 5
Table 5

Анализ количественных признаков озимой мягкой пшеницы, отличающихся вариантами альфа-амилазы (КСИ-12, п. Гонки)
The analysis of quantitative traits in winter wheat with different variants of alpha-amylase (Comp.Test-12, v. Gonki)

Наличие вариантов α -амилазы	Число семей	Дата колошения в мае	Высота растения, см	Урожайность, ц/га	Проросшие зерна, %
А СУ	20	16.6±0.2	73.8±2.0	43.1±1.3	16.9±4.4
А У	12	16.1±0.2	80.0±2.3	43.4±1.9	16.4±5.5
А ВСУ	7	15.7±0.6	74.3±2.9	44.6±2.2	17.4±6.0
А* ВСУ	9	16.7±0.2	72.2±3.0	43.9±2.2	17.4±6.9
А СУ+Х	9	17.7±0.6	76.1±5.1	41.9±1.8	4.2±1.4
А* СУ	4	17.0±0.4	77.5±3.2	45.8±2.6	7.5±5.2
А У+Х	5	18.0±0.8	76.0±4.0	52.1±9.7	7.6±4.7
СУ	3	17.0±1.0	71.7±4.4	43.2±2.6	19.7±11.0
Безостые	11	16.6±0.3	80.5±3.5	41.9±1.8	7.6±4.1

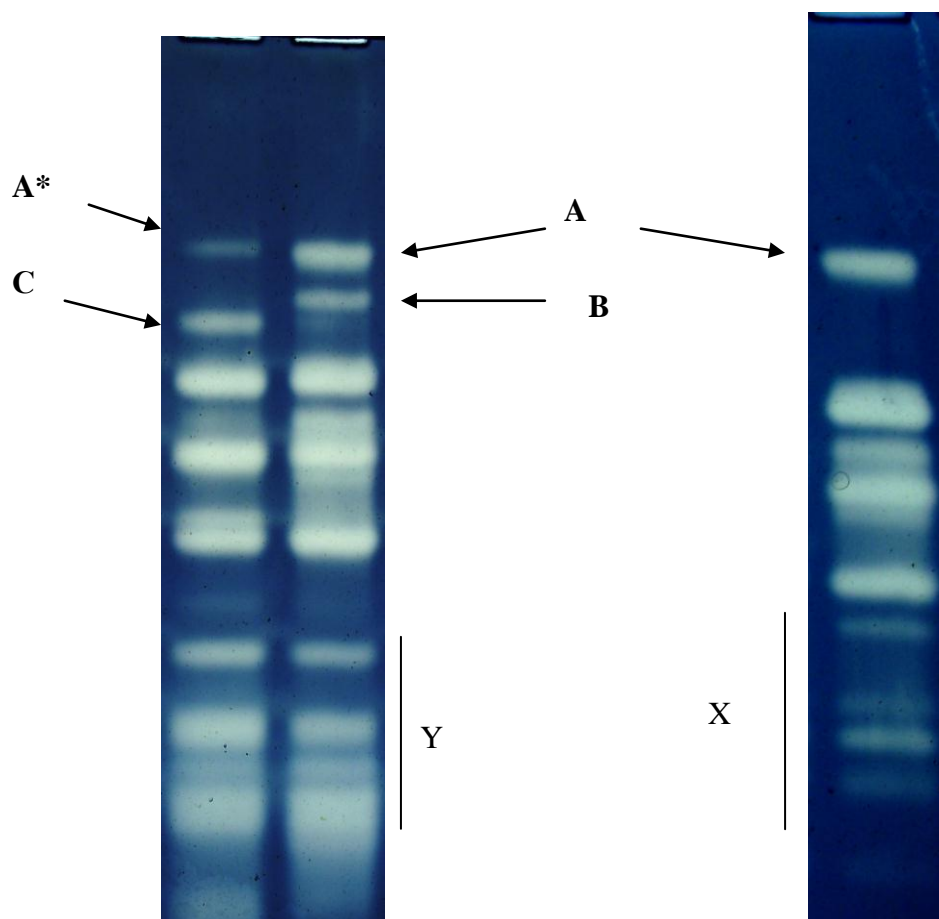


Рис. 6. Зимограммы альфа-амилазы мягкой пшеницы:
буквами обозначены тестируемые в КСИ-12 варианты
Fig. 6. Electrophoretic patterns alpha-amylase wheat:
letters refer to the test in the Comp. Test-12 variants

Представленные генотипы в 2012 году существенно не отличались между собой по дате колошения, высоте растений и урожайности. Следует отметить, что в период созревания посевов в этом году наблюдалась достаточно длительная дождливая погода. Это привело к тому, что часть созревшего зерна наклонулась. Соответственно, такое явление приводит к падению всхожести семенных партий пшеницы и снижению хлебопекарных свойств зерна, предназначенного для продовольственных целей. Так, согласно ГОСТ 9353-90, для пшеницы II и III класса качества, количество проросших зерен не должно превышать 3%. Для окончательного заключения о качестве полученной партии зерна пшеницы оценивают показатель «число падения», характеризующий амилолитическую активность муки данной партии (ГОСТ 30498-97). В связи с этим оценка относительной устойчивости к прорастанию в период уборки пшеницы является важным показателем наличия или отсутствия этого свойства создаваемых сортов озимой пшеницы. В табл. 5 представлены результаты анализа доли проросших зерен в анализируемом растительном материале. Как видно, генотипы, несущие следующие сочетания изоферментов альфа-амилаз: АСУ+Х, А*СУ, АУ+Х показали несколько меньшее число проросших зерен. Оценка существенности выявленных различий представлена в таблице 6.

Жирным шрифтом отмечены величины, достоверно превышающие различия по прорастаемости между сравниваемыми генотипами. Как видно, генотип с сочетанием вариантов альфа-амилаз АСХУ имел существенно более низкий показатель прорастаемости зерна по сравнению с некоторыми другими генотипами. Следовательно, данное сочетание вариантов амилазы является ценным при создании сортов обладающих большей устойчивостью к прорастанию на корню.

Таблица 6

Table 6

Оценка достоверности различий (критерий *t*) по проросшим зернам (%) в уборном урожае (2012 г.) между формами с разным сочетанием вариантов альфа-амилазы
Evaluation the significance of differences (criterion *t*) in the sprouted grains (%) in harvested (2012), between the forms with different combinations of variants of alpha-amylase

Сочетания	A*CY	A*BCY	ABCY	AY	AYX	CY	ACXY	Безостые
ACY	1.3	0.6	0.07	0.06	1.43	0.2	2.75*	1.55
A*CY		1.1	1.2	1.1	0.01	1.0	0.61	0.0
A*BCY			0.1	0.1	1.16	0.2	1.88	1.7
ABCY				0.1	1.26	0.2	2.11*	1.3
AY					1.21	0.3	2.15*	1.3
AYX						1.01	0.68	0.0
CY							1.39	1.0
ACXY								0.69

Примечание: *, ** – различия существенны, соответственно, при $P > 0.95$ и $P > 0.99$.

Note: *, ** – significant difference, respectively, $P > 0.95$ and $P > 0.99$.

Характерно, что безостые формы (см. табл. 5) обнаружили тенденцию к большей устойчивости к прорастанию зерна в колосе. Так, образцы с остистых растений имели прорастаемость зерна $14.0 \pm 1.5\%$ ($n=87$), а с безостых – $7.6 \pm 4.1\%$ ($n=11$). В то же время, различия между остистыми и безостыми формами по этому свойству находились в пределах ошибки опыта ($t=1.46$; $P < 0.95$). С целью более детального анализа наблюдаемых различий оценивали частоты встречаемости образцов имевших проросших зерен $\leq 3.0\%$. Среди остистых форм такие образцы составляли 34.48% ($n=87$). Среди безостых номеров, выявлено 72.72% форм, отвечающих аналогичным параметрам ($n=11$). В целом, оценка частот встречаемости образцов с низкой прорастаемостью на корню дала, соответственно, следующие величины: 0.3448 ± 0.0509 и 0.7272 ± 0.1343 . Различия в частотах встречаемости таких форм между этими группами оказались существенными ($t=2.66$; $P > 0.95$). Ранее было показано [Нецветаев, Нецветаева, 2004], что у сортов озимой пшеницы отечественной селекции безостость контролируется одним доминантным геном. Тест на аллельность не выявил дополнительных генов, влияющих на этот признак. Следовательно, судя по этим данным, наиболее распространенный доминантный локус В1 (безостость) ассоциирован с геном(ами), обуславливающим низкую реакцию на прорастаемость зерна при созревании.

Анализ сопряженности альтернативных вариантов альфа-амилазы с количественными признаками в 2012 году представлен в таблице 7.

Таблица 7

Table 7

Оценка сопряженности вариантов альфа-амилазы мягкой озимой пшеницы с некоторыми количественными признаками в 2012 г.
Evaluation contumacy variants of alpha-amylase soft winter wheat with some quantitative traits in 2012

Символы вариантов альфа-амилазы	n	Дата колошения в мае	Высота растений, см	Урожайность, ц/га	Проросшие зерна, %
A	39	16.9 ± 0.3	74.1 ± 1.7	42.7 ± 0.9	12.9 ± 2.5
A*	13	16.9 ± 0.2	74.6 ± 2.4	45.2 ± 1.5	13.2 ± 4.7
НСР _{0.95}		1.1	5.9	3.5	10.3
t		0.07	0.16	1.42	0.05
B	17	16.4 ± 0.3	72.4 ± 2.1	43.8 ± 1.5	15.5 ± 4.2
b	42	16.9 ± 0.2	75.5 ± 1.5	43.3 ± 0.9	12.5 ± 2.3
НСР _{0.95}		0.8	5.2	3.5	9.5
t		1.19	1.20	0.29	0.63
C	47	16.7 ± 0.2	74.3 ± 1.5	43.4 ± 0.8	14.5 ± 2.3
c	14	16.8 ± 0.4	76.6 ± 1.9	43.8 ± 1.7	11.2 ± 3.5
НСР _{0.95}		1.0	4.9	3.8	8.4
t		0.09	0.97	0.22	0.79
Y	55	16.4 ± 0.1	75.1 ± 1.2	43.7 ± 0.8	13.8 ± 2.1
Y+X	14	17.8 ± 0.5	76.1 ± 3.5	42.6 ± 1.4	6.1 ± 2.2
НСР _{0.95}		1.0	7.3	3.2	6.1
t		2.78**	0.271	0.67	2.51*



В данном случае заглавная буква обозначает активный фермент, прописная – отсутствие ферментативной активности в этой зоне зимограммы. Как видно, в 2012 году не обнаружена достоверная связь изученных количественных показателей с альтернативными вариантами фермента. За исключением зимотипа X, с которым связано более позднее наступление фазы колошения. В то же время, отсутствие активности в зонах B и C показало тенденцию на уменьшение прорастаемости зерна. Существенное снижение прорастаемости семени на корню обусловлено присутствием зимотипа X, который контролируется двумя кодоминантными аллелями локусов α -Аmy-B6 и α -Аmy-B7.

В 2013 году продолжили исследования по оценке сопряженности вариантов альфа-амилазы с количественными признаками. Полученные результаты демонстрируют таблицы 8 и 9.

Таблица 8

Table 8

**Анализ количественных признаков мягкой озимой пшеницы, отличающихся
изоферментами альфа-амилазы (КСИ-13, п. Гонки)
The analysis of quantitative traits of soft winter wheat with different isoenzymes alpha-amylase
(Comp.Test-13, v. Gonki)**

Наличие изоферментов α -амилазы	Число семей	Дата колошения в мае	Высота растения, см	Урожайность, ц/га
A C Y	13	18.6±0.3	82.3±2.8	37.0±1.2
A Y	7	18.7±0.6	78.6±3.6	37.9±2.9
A B C Y	5	18.6±0.5	81.0±5.1	39.7±1.3
A* B C Y	5	18.8±0.4	86.0±2.5	40.9±1.6
A C Y+X	6	20.3±0.8	76.7±8.9	33.8±2.7
A* C Y	3	19.7±0.9	76.7±7.3	41.0±3.6
A Y+X	5	20.4±0.5	88.0±4.6	43.3±3.9

Таблица 9

Table 9

**Оценка сопряженности вариантов альфа-амилазы мягкой озимой пшеницы
с некоторыми количественными признаками в 2013 г.
Evaluation contingency variants of alpha-amylase of soft winter wheat with some quantitative
traits in 2013**

Символы вариантов альфа-амилазы	n	Дата колошения в мае	Высота растений, см	Урожайность, ц/га
A	32	19.0±0.3	84.2±1.8	39.3±0.9
A*	8	19.1±0.4	82.5±3.2	41.0±1.5
НСР _{0.95}		0.9	7.7	3.7
t		0.27	0.46	0.92
B	10	18.7±0.3	83.5±2.8	40.3±1.0
b	30	19.1±0.3	82.8±1.8	39.6±1.1
НСР _{0.95}		0.8	6.8	3.1
t		0.91	0.22	0.51
C	30	18.9±0.2	83.5±1.9	38.7±0.8
c	10	19.2±0.5	85.0±2.7	42.4±2.1
НСР _{0.95}		1.1	6.8	4.7
t		0.61	0.45	1.63
Y	35	18.8±0.2	81.7±1.6	38.5±0.8
Y+X	11	20.4±0.5	81.8±5.4	38.1±2.6
НСР _{0.95}		1.0	11.3	5.6
t		3.01**	0.02	0.15

Примечание: заглавная буква – наличие активности, строчная – отсутствие активности; ** – значим при $P > 0.99$.

Note: capital letter – for activity, small letter – the lack of activity; ** – significant at $P > 0.99$.

В 2013 году также в целом не обнаружено связи между генотипами, имеющими разные сочетания изоферментов альфа-амилазы и приведенными количественными признаками (см. табл. 8). В этом году условия вегетации были благоприятны для формирования полноценного зерна. Прорастания зерен в колосе не наблюдалось. В такие годы невозможно оценить растительный материал на устойчивость к прорастанию зерна на корню. В то же время, изоферментный анализ альфа-амилазы позволяет целенаправленно вести отбор по этому свойству.

Данные таблицы 9 свидетельствуют о том, что присутствие варианта X альфа-амилазы существенно удлиняло начало даты колошения, что согласуется с результатами предшествующего года.

Заключение

Таким образом, установлено, что полиморфизм изоферментного состава альфа-амилазы мягкой пшеницы ограничивается присутствием разных локусов, продукты которых близки по электрофоретическим параметрам. В связи с этим, один компонент энзима может контролироваться как одним, так и двумя или тремя генами.

Идентифицирован локус, контролирующий изоэнзим E альфа-амилазы в быстро подвижной части электрофореграммы, обозначенный как α -Amy-V7. Он расположен в хромосоме 6BL на расстоянии $0.95 \pm 0.39\%$ рекомбинации от фактора α -Amy-V6.

С целью создания новых сортов озимой мягкой пшеницы, обладающих большей устойчивостью к прорастанию зерна в колосе целесообразно вести отбор генотипов с сочетанием вариантов альфа-амилазы: АСУХ. В целом, присутствие гена V1 (Безостость) и кодоминантных аллелей локусов α -Amy-V6 и α -Amy-V7, расположенных в хромосомах 5A и 6BL, обуславливает снижение степени прорастания зерна в колосе. Использование данных генетических маркеров может быть эффективно в связи с тем, что погодные условия вегетационного периода не всегда способствуют проявлению этого количественного признака.

Присутствие активных аллелей локусов α -Amy-V6 и α -Amy-V7 приводит к задержке времени колошения растений. В то же время, особенности изоферментного состава альфа-амилазы не влияют на рост растений и урожайность в условиях Белгородской области.

Список литературы References

- ГОСТ 9383-90 Пшеница. Требования при заготовках и поставках. Дата введения 01.07.1991. GOST 9383-90 Wheat. Requirements for purchases and deliveries. Date of introduction 01.07.1991. (in Russian)
- ГОСТ 30498-97 Зерновые культуры. Определение числа падения. Дата введения 01.07.1998. GOST 30498-97 Cereals. Determining the number of falls. Date of introduction 01.07.1998. (in Russian)
- Илличевский Н.Н., Метакровский Е.В., Созинов А.А. 1989. Полиморфизм и генетический контроль α -амилазы у отечественных сортов яровой мягкой пшеницы. Генетика, 25 (12): 2176–2186. Illichevsky N.N., Metakovskiy E.V., Sozinov A.A. 1989. Polymorphism and genetic control of α -amylase from domestic varieties of spring wheat. Genetika [Russian Journal of Genetics], 25 (12): 2176–2186. (in Russian)
- Нецветаев В.П., Нецветаева О.В. 2004. Выявление наследственной изменчивости зерновых по зимостойкости. Генетика, 40 (11): 1502–1508. Netsvetaev V.P., Netsvetaeva O.V. 2004. Identification of genetic variation for cereals hardiness. Genetika [Russian Journal of Genetics], 40 (11): 1502–1508. (in Russian)
- Нецветаев В.П. 2008. Руководство по генетическому анализу растений. Белгород, БелГУ, 34. Netsvetaev V.P. 2008. Rukovodstvo po geneticheskomu analizu rastenij [Manual for genetic analysis of plants]. Belgorod, BelGU, 34. (in Russian)
- Нецветаев В.П., Акиншина О.В., Бондаренко Л.С. 2012. Генетический контроль некоторых изоферментов альфа-амилазы озимой мягкой пшеницы. Генетика, 48 (3): 401–404. Netsvetaev V.P., Akinshina O.V., Bondarenko L.S. 2012. Genetic control of several α -amylase isoenzymes in winter hexaploid wheat. Genetika [Russian Journal of Genetics], 48 (3): 401–404.
- Рыбалка А.И., Боделан О.П., Литвиненко Н.А. 1989. Генетический анализ α -амилазы зерна пшеницы. Генетика, 25 (12): 2187–2198. Rybalka A.I., Bodelan O.P., Litvinenko N.A. 1989. Genetic analysis of α -amylase wheat. Genetika [Russian Journal of Genetics], 25 (12): 2187–2198. (in Russian)
- Ainsworth C.C., Doherty P., Edwards K.G.K., Martienssen R.A., Gale M.D. 1985. Allelic variation at α -Amylase loci in hexaploid wheat. Theoretical and Applied Genetics, 70: 400–406.
- Gale M.D., Law C.N., Chojecki A.J., Kempton R.A. 1983. Genetic control of α -amylase production in wheat. Theoretical and Applied Genetics, 64: 309–316.
- Mrva K., Mares D.J. 1999. Regulation of high pI alpha-amylase synthesis in wheat aleurone by a gene(s) located on chromosome 6B. Euphytica, 109: 17–23.
- Netsvetaev V.P., Sozinov A.A. 1984. Location of a hordein G locus, Hrd G, on chromosome 5 of barley. Barley Genetics Newsletter, 14: 4–6.
- Nishikawa K., Nobuhara M. 1971. Genetic studies on α -amylase isozymes in wheat 1. Location of genes and variation in tetra- and hexaploid wheat. Japanese Journal of Genetics, 46: 345–358.
- Nishikawa K. 1991. Chromosome mapping by use of aneuploids in wheat. Wheat Information Service, 72: 60–63.
- Nishikawa K., Ban T., Furuta Y. 1993. Telocentric mapping of alpha-amylase loci in wheat. Wheat Information Service, 77: 39–45.



УДК 332.36

ДИНАМИКА ПЛОЩАДЕЙ ОСТАВЛЕННЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ КОРМОВЫХ УГОДИЙ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ ЗА ПЕРИОД 1990–2010 гг.**DYNAMICS OF AREAS ABANDONED GRASSLAND IN THE BELGOROD REGION OF THE PERIOD 1990–2010****М.В. Китов****M.V. Kitov**

Департамент природопользования и охраны окружающей среды Белгородской области, Россия, 308000, г. Белгород, ул. Попова, 24

Department of Natural Resources and Environmental Protection of the Belgorod region, 24 Popov St, Belgorod, 308000, Russia

E-mail: kitov.bo@yandex.ru

Ключевые слова: оставленные естественные кормовые угодья, постагроденные залежи, динамика изменения поголовья скота, Белгородская область, район-парк.

Key words: abandonment of grassland, fallow land, dynamic changes in livestock Belgorod region, district-park.

Аннотация. В настоящей работе проведена обзорная оценка оставления естественных кормовых угодий (ЕКУ) по регионам Европейской части России, а территория Белгородской области оценена подробно по 21 муниципальному образованию и 326 сельским территориям. В результате проведенного исследования выявлено, что ситуация с темпами снижения поголовья скота в области не специфична и аналогична другим регионам со сходными природно-климатическими условиями. Установлено, что в настоящее время не используется более 2/3 ЕКУ области, но для ряда территорий доля оставленных ЕКУ существенно различается. Группировка сельских территорий по водосборам девяти крупных рек позволила определить направления поиска перспективных природоохранных территорий. Разработанный автором порядок действий с использованием геоинформационных программ свободного доступа, открытых векторных данных и официальной статистической информации из стандартных форм, универсален для решения подобных задач для других территорий России. Примененный способ размещения результатов исследования позволяет использовать их широкому кругу лиц для дальнейших научных исследований и принятия управленческих решений.

Resume. Sustainable development of rural territories of Russia is paid special attention to, however, geographic and socio-economic disparities in the country territory determined the formation of regional policies to address this problem. One of the main objectives of regional policy certainly is the rational use of land resources. A significant proportion of the Belgorod region is occupied by agricultural landscapes that are characterized by a pronounced fragmentation by gullies and ravines (0.9 to 2.5 km/km²). Since the beginning of intensive development of the region (17–18 centuries) the network of gullies and ravines with floodplains has become a kind of matrix of rural settlement, after that the natural steppes and meadows of these places have been converted into hayfields and pastures.

The aim of our study was to evaluate the area of grasslands and pastures that are not currently used for their intended purpose (abandoned), identify the main trends and to identify areas that can actually be attributed to the fallow lands. Evaluation was made on the basis of official statistics on the livestock of cattle and small cattle during the period 1990–2011.

Reduction of conditional livestock in 1990–2010, noted in all regions of Russia, with the exception of the southern republics (Chechnya, Ingushetia, Dagestan), where is noted a slight increase. The most significant reduction in cattle occurred in the northern and north-western parts of the country, while in the Central Chernozem region, the level of reduction is close to the average. Decline in number of cattle and small cattle in the Belgorod region for the above mentioned period are comparable with those in other regions of the Central Chernozem region, but still slightly less (3.9 times). However, having considered the reduction in livestock numbers in the context of regional municipalities, we found significant territorial differences.

Reducing the number of livestock in the Belgorod region can be divided into two phases: (1) 1990–2000 – a period of uniform reduction of livestock in all municipalities of the region, and (2) 2000–2010 – a period of stabilization of the decrease in the number on one the municipalities and the sharp downturn on others. The greatest reduction in the number in the first phase was observed in the three municipalities of the region, which geographically are not united and belong to western, central and eastern parts of the region. In these municipalities livestock reduction for years 1990–2010 was more than 8 times, which is caused, first of all, by the elimination of collective and state farms, who grazed cattle.

In this research in a program Qgis version 2.6.1 we created an administrative-basin database on the use of hayfields and pastures, which includes 28 fields and 330 records. Fields contain information about administrative (7) and basin (2) the characteristics of the settlements, the livestock of cattle and small cattle (14), as well the use of hayfields and pastures (4). Entries correspond to rural districts (322), inter-settlement territories (3), and the regional center (1). Abandonment of hayfields and pastures in the Belgorod region was the result of a significant reduction in the number of livestock and manifested itself in the municipalities differently. So in Stary Oskol city district share of abandoned hayfields and pastures is – 36%, and in the Belgorod city district – 87% of hayfields and pastures. As you zoom out of the territory to the level of rural districts range of values increases.

The results can be seen through the Internet browser by clicking the link <https://qgiscloud.com/deppriroda/cons> or by GIS program through WMS – Protocol to the address <https://qgiscloud.com/deppriroda/cons/wms>.

Введение

Устойчивому развитию сельских территорий России уделяется особое внимание [Мерзлов, 2006], вместе с тем географические и социально-экономические различия территории страны предопределили формирование региональных политик по решению этой проблемы [Медолазов, 2009; Барбылаев, 2011; Беликова, 2011; Маренкова, 2012; Молчаленко, 2013].

В Белгородской области вслед за концепцией бассейнового природопользования [Кузьменко и др., 2012] распоряжением Правительства области № 391-рп от 15.09.2014 г. утверждено Положение о «районе-парке», согласно которому предлагается провести преобразование сельских территорий путем экологизации основных аспектов хозяйственной деятельности. Под «район-парком» понимается органичная в своих естественных границах территория природного и культурного ландшафта, цель развития которой заключается в создании долгосрочных систем природопользования на основе регулируемого природно-антропогенного режима и сотворчества человека с природой [Лисецкий, Чугунова, 2012]. Одной из основных задач «район-парка» является рациональное использование земельных ресурсов.

Значительную долю территории Белгородской области занимают агроландшафты, которые отличаются сильной расчлененностью овражно-балочной сетью, густота которой колеблется от 0.9 до 2.5 км/км², увеличиваясь с северо-запада на юго-восток [Голеусов и др., 2003; Лисецкий и др., 2005]. С момента начала интенсивного освоения территории области (XVII–XVIII в.) овражно-балочная сеть вместе с поймами рек стала своеобразной матрицей сельского расселения, а естественные степи и луга этих территорий были преобразованы в сенокосы и пастбища (естественные кормовые угодья (ЕКУ)). Трансформация агроландшафтов за это время является результатом длительного периода развития страны, который включил в себя три разных варианта политико-экономического устройства. За этот исторический промежуток времени ЕКУ использовались с различной степенью интенсивности, но в целом, в отличие от пашни, они сохранили в своей основе природный растительный покров и в настоящее время нередко являются местом произрастания краснокнижных видов растений [Чернявских и др., 2010].

По состоянию на 1989 г. в Белгородской области на землях сельскохозяйственного назначения ЕКУ занимали площадь 447.9 тыс. га, что составляло 99.2% от общей площади ЕКУ на землях всех категорий. На 1 января 2014 г. в области на землях с.-х. назначения площадь ЕКУ сократилась до 366.1 тыс. га, т. е. до 76.7%, остальные ЕКУ – были включены в границы населенных пунктов при составлении проектов перераспределения земель.

Анализ структуры земельного фонда по Центрально-Черноземному району (ЦЧР) показал, что Белгородская область характеризуется наибольшей долей ЕКУ от общей площади [Лисецкий, Спесивый, 2014]. Основная часть (54%) ЕКУ на землях с.-х. назначения находится в собственности физических и юридических лиц, 21% – в собственности Белгородской области, остальные 25% – в муниципальной и неразграниченной государственной собственности.

Доля ЕКУ на землях сельскохозяйственного назначения между муниципальными районами и городскими округами различается: от 11.7% площади ЕКУ в Старооскольском городском округе до 23.2% в Алексеевском районе. При этом заметна тенденция увеличения доли сенокосов и пастбищ с запада на восток, что вызвано, прежде всего, различиями в геоморфологическом строении территории и климатическими условиями.

Данные о площадях пашни, ЕКУ, многолетних насаждений заимствованы из официальных сведений о состоянии и использовании земель [Росреестр, 2010], которые в последнее время все чаще подвергаются критике [Смелянский, 2012]. Тем не менее, во всех исследованиях отмечается, что площадь ЕКУ за последние 20 лет могла только вырасти, в первую очередь за счет многолетней залежи. Оценки площади залежи в Европейской части России проводили как российские, так и зарубежные ученые. Исследования отечественных авторов [Люри и др., 2010; Смелянский, 2012] основывались в основном на анализе статистических данных, в то время как их зарубежные коллеги предпочитали использовать данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ) из космоса [Kuemmerle et al., 2008; Prishchepov et al., 2012; Schierhorn et al., 2013; Razúg et al., 2014]. Использование ДДЗ, с одной стороны, позволяло работать с фотографическим представлением состояния агроландшафта на определенную дату, с другой стороны, точность интерпретации этого представления была ограничена из-за отсутствия «полевой» калибровки [Маринина и др., 2013; Терехин, 2013; Prishchepov et al., 2014; Buryak et al., 2014], которая повышает достоверность дешифрирования ДДЗ [Рогова, Скворцов, 2014].

Рост площади залежи в странах бывшего СССР был связан с масштабностью изменений национального законодательства [Prishchepov et al., 2012], при этом в странах, которые выбрали стратегию максимальной приватизации сельскохозяйственных земель (Латвия, Россия) в период с 1992 по 2002 гг. наблюдались самые высокие темпы заброса (оставления) пашни. Си-

туация с оставлением пашни для ряда государств и территорий во многом усугублялась сложными агроклиматическими условиями [Prishchepov et al., 2012; Pazúr et al., 2014].

Оценку площади оставленных ЕКУ за аналогичный период ни российские, ни зарубежные авторы не проводили, что, по-видимому, вызвано следующими причинами: 1) приоритетом пашни над другими видами угодий; 2) доступностью и объемом статистической информации; 3) сильным контрастом яркости и спектрального отклика ДДЗ между пашней и степью (лугом).

Ввиду отсутствия достоверной статической информации и сложностью подсчета площади залежей по ДДЗ косвенно о динамике площадей оставленных ЕКУ можно судить по сокращению поголовья крупного рогатого скота (КРС) и мелкого рогатого скота (МРС) в России: за период с 1990 по 2010 гг. – в 4 раза [Манелля, Трегубов, 2009]. Проблема оставления ЕКУ характерна и для Белгородской области. Оставление ЕКУ в лесостепной зоне приводит к сукцессионным изменениям растительности, при которых часть ЕКУ преобразуется в степь, часть в луг, а часть зарастает древесно-кустарниковой растительностью, значительно трансформируя среду обитания объектов животного мира [Венгеров, 2010].

Целью нашего исследования была оценка площади ЕКУ, не использующихся в настоящее время по их прямому назначению (оставленных), определение основных тенденций и выявление территорий, находящихся в режиме фактической консервации.

Материалы, объекты и методы исследования

Объектом исследования стали ЕКУ в разрезе 326 сельских и городских поселений (сельских территорий) 21 муниципальных районов и городских округов (муниципальных образований) Белгородской области.

Оценку сокращения поголовья КРС и МРС всех регионов Европейской части России за 1990–2010 гг. для хозяйств всех категорий выполняли, используя материалы официальной статистики [Росстат, 2002–2011].

Пересчет поголовья КРС ($Lcat$), включая коров ($Lcow$) и МРС ($Lscat$) на условное поголовье (CL) определялся исходя из рекомендаций [Болдырь и др., 2013] по формуле:

$$CL = Lcow \times K1 + (Lcat - Lcow) \times K2 + Lscat \times K3, \quad (1)$$

где $K1, K2, K3$ – коэффициенты пересчета, равные 1, 0.6, 0.15 соответственно.

Рассмотрение динамики изменения поголовья скота в пределах Европейской части России позволило сравнить темпы сокращения поголовья скота в Белгородской области, как по отношению к сходным регионам, так и отличным по природно-климатическим условиям.

Наличие электронного доступа к официальной статистической информации, публикуемой Федеральной службой государственной статистики (ФСГС) в разрезе субъектов России, в значительной степени упростило задачу. К сожалению, аналогичная информация в разрезе муниципальных образований области официально не была опубликована, поэтому она получена по запросу в территориальный орган ФСГС по Белгородской области (ФСГС по БО). Результаты запроса переведены на условное поголовье скота (у. г.) и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Table 1

Изменение общего поголовья КРС и МРС в разрезе муниципальных образований Белгородской области за 1990–2010 гг., тыс. у. г. (данные ФСГС по БО)
Changing the number of cattle and small cattle in the context of municipalities Belgorod region for 1990–2010 years, thousands of conditional heads (data Rosstat for Belgorod region)

Наименование муниципального образования (района)	Годы				
	1990	1995	2000	2005	2010
1	2	3	4	5	6
Алексеевский	44195	33302	23964	13690	10132
Белгородский	46647	31622	24662	19640	11233
Борисовский	15036	10292	7081	3924	1460
Валуйский	48171	30060	17361	12433	9588
Вейделевский	31727	22569	17281	12195	8631
Волоконовский	38248	29366	17920	10843	4709
Грайворонский	24681	16063	10835	9558	11280
Губкинский	38946	34744	25898	17978	13248
Ивнянский	29587	19757	12305	4341	8119
Корочанский	44720	27660	15805	11196	5924
Красненский	32157	14026	10429	4856	3368
Красногвардейский	49211	35297	23927	19547	13040



Окончание таблицы 1
End of table 1

1	2	3	4	5	6
Краснояржский	14391	8246	5773	5273	2659
Новооскольский	39355	27191	16598	13169	6889
Прохоровский	35693	24081	17434	8342	8262
Ракитянский	27637	22279	14257	9431	9919
Ровеньский	35411	26173	22486	18552	18380
Старооскольский	39627	29377	23732	14245	16374
Чернянский	39481	29969	18700	14848	15288
Шебекинский	48610	32448	23285	15870	10232
Яковлевский	33936	24573	20635	17650	15510

На заключительном этапе исследования предстояло не только оценить условное поголовье скота в разрезе 326 сельских территорий Белгородской области, но и определить площади оставленных ЕКУ. К сожалению, информация о поголовье скота на сельских территориях доступна только в территориальных отделениях ФСГС по соответствующим муниципальным образованиям области, поэтому мы подготовили и обработали 21 запрос на получение необходимых сведений, ставших в последующем основным источником информации, созданной нами базы данных об использовании ЕКУ.

Для оценки доли оставленных ЕКУ нами была определена общая площадь ЕКУ в пределах каждой сельской территории. Для получения данной информации были изучены материалы систем адаптивно-ландшафтного земледелия, выполненных в 1985–1990 гг. для территории всех колхозов и совхозов области. На данный момент это наиболее информационно насыщенные текстовые, табличные и картографические документы, находящиеся в государственном фонде данных Белгородской области и содержащие сведения по каждому отдельно взятому контуру угодий, в том числе ЕКУ на землях сельскохозяйственного назначения.

Границы сельских и городских поселений Белгородской области формировались по границам соответствующих колхозов и совхозов на момент их реорганизации, и, в большинстве случаев, до настоящего времени не подвергались изменениям. Однако с 1992 г. в ряде муниципальных образований области происходили существенные изменения границ сельских территорий, причем не только путем разделения или объединения нескольких территорий, но и более сложные преобразования.

Актуальные границы муниципальных образований и сельских территорий были оцифрованы, исходя из сведений, содержащихся в федеральной географической информационной системе территориального планирования [Минрегион, 2014]. Для уточнения сведений о площадях ЕКУ по сельским территориям, изменившим свои границы, нами по ним заново пересчитывались балансы площадей сельскохозяйственных угодий. Сумма площадей ЕКУ в разрезе сельских территорий нами была проверена по сведениям Росреестра в разрезе муниципальных образований области (форма 22-2).

Оценка оставленных ЕКУ (*Scons*) исходя из актуального условного поголовья скота (*CL*), произведена по формуле:

$$Scons = Seky - (CL \times N), \tag{2}$$

где *N* – норма выпаса на 1 у. г., равная 1.5 га; *Seky* – площадь естественных кормовых угодий в сельской территории, га.

Кроме того, нами была произведена оценка площади оставленных ЕКУ в пределах естественных границ – водосборов девяти крупных рек Белгородской области, границы которых взяты из [Нарожняя, 2011].

Долю оставленных ЕКУ (*Dcb*), % в пределах бассейнов рек оценивали по формуле:

$$Dcb = 100 \times \left(\frac{\sum_{i=1}^n Scons_i}{\sum_{i=1}^n Seky_i} \right), \tag{3}$$

где *Scons_i* – площадь оставленных ЕКУ сельской территории в пределах бассейна реки, *Seky_i* – площадь ЕКУ сельской территории в пределах бассейна реки, *n* – общее число сельских территорий в пределах бассейна.

Формирование базы данных (БД) по сельским территориям проводили при помощи программы QGIS, версия 2.6.1. Результаты работ были опубликованы на общедоступном геопортале <https://qgiscloud.com/> при помощи модуля QGIS Cloud Plugin версия 0.11.17.

Результаты и их обсуждение

За период статистических наблюдений с 1915 по 2010 гг. выделяется несколько локальных экстремумов численности поголовья скота [Росстат, 2012], при этом абсолютный минимум приходится не на 1915 г., и даже не на военные годы, а на 2010 г. Таким образом, современный период можно охарактеризовать как период наименьшей нагрузки на ЕКУ за прошедшие 100 лет.

Вопреки общераспространенному мнению о том, что сокращение поголовья скота вызвано распадом СССР, можно отметить тот факт, что поголовье скота в России начало снижаться уже с 1984 г [Росстат, 2012], а распад СССР и последующая реорганизация колхозов и совхозов только ускорила этот процесс. Сокращение условного поголовья в границах России за последние 20 лет [Регионы..., 2002] происходило в основном за счет сельскохозяйственных организаций (СХО), поголовье скота в которых сократилось в 5.5 раза, в то время как суммарное поголовье в хозяйствах населения (ЛПХ) и крестьянско-фермерских хозяйствах (КФХ) осталось на близком уровне (рост на 10%).

Сокращение условного поголовья в 1990–2010 гг. характерно для всех регионов России, за исключением южных республик (Чечня, Ингушетия, Дагестан), в которых отмечается незначительный рост. Наиболее сильное сокращение скота произошло в северных и северо-западных районах страны, в то время как в ЦЧР показатели близки к среднероссийским (рис. 1). Показатели снижения условного поголовья КРС и МРС в Белгородской области за вышеуказанный период сравнимы с показателями других регионов ЦЧР, но все же несколько меньше (3.9 раз). Однако, рассмотрев сокращение поголовья скота в разрезе муниципальных образований области (см. табл. 1), мы обнаружили значительные территориальные различия.

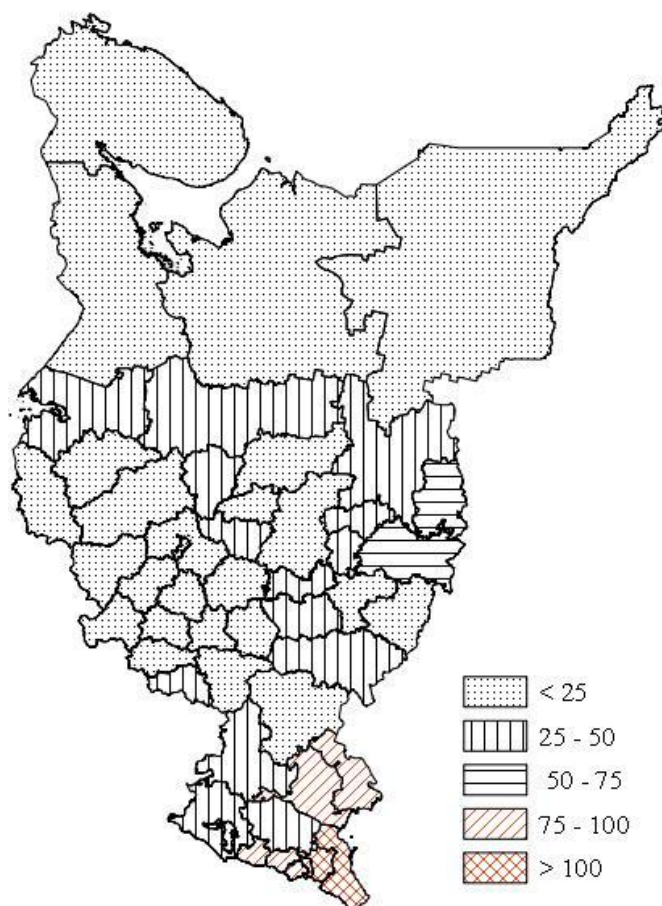


Рис. 1. Доля условного поголовья КРС и МРС в Европейской части России в 2010 г. по отношению к 1990 г., %

Fig. 1. The proportion of conditional livestock cattle and small cattle in the European part of Russia in 2010 to 1990, %

Сокращение поголовья скота в Белгородской области можно условно разделить на два этапа: 1) 1990–2000 гг. – период равномерного снижения поголовья по всем муниципальным



образованиям области и 2) 2000–2010 гг. – период стабилизации снижения поголовья по одним муниципальным образованиям и резкого спада по другим (табл. 2). Наибольшее сокращение поголовья за 2-й период наблюдалось в трех муниципальных образованиях области, при этом географически они никак не объединены и представляют западную, центральную и восточную части области. В этих муниципальных образованиях снижение поголовья скота за 1990–2010 гг. составило более 8 раз, что вызвано, в первую очередь, ликвидацией СХО, выпавших скот.

Таблица 2
Table 2

**Динамика изменения нагрузки на ЕКУ в муниципальных образованиях
Белгородской области**
Dynamic of changes load on the grassland in the municipalities of the Belgorod region

Наименование муниципального образования (района)	Сокращение поголовья скота, раз			Площадь ЕКУ, га/у. г.		
	Периоды, годы			Годы		
	1990–2000	2000–2010	1990–2010	1990	2000	2010
Алексеевский	1.8	2.4	4.4	0.9	1.7	4.1
Белгородский	1.9	2.2	4.2	0.5	0.9	1.9
Борисовский	2.1	4.8	10.3	0.6	1.2	5.9
Валуйский	2.8	1.8	5.0	0.6	1.8	3.2
Вейделевский	1.8	2.0	3.7	0.9	1.7	3.4
Волоконовский	2.1	3.8	8.1	0.6	1.2	4.5
Грайворонский	2.3	1.0	2.2	0.5	1.1	1.0
Губкинский	1.5	2.0	2.9	0.5	0.8	1.6
Ивнянский	2.4	1.5	3.6	0.4	1.0	1.5
Корочанский	2.8	2.7	7.5	0.5	1.5	3.9
Красненский	3.1	3.1	9.5	0.5	1.7	5.1
Красногвардейский	2.1	1.8	3.8	0.8	1.6	2.9
Краснояржужский	2.5	2.2	5.4	0.6	1.4	3.0
Новооскольский	2.4	2.4	5.7	0.6	1.5	3.7
Прохоровский	2.0	2.1	4.3	0.6	1.3	2.8
Ракитянский	1.9	1.4	2.8	0.4	0.8	1.2
Ровеньский	1.6	1.2	1.9	0.8	1.3	1.5
Старооскольский	1.7	1.4	2.4	0.5	0.8	1.2
Чернянский	2.1	1.2	2.6	0.5	1.1	1.3
Шебекинский	2.1	2.3	4.8	0.5	1.1	2.6
Яковлевский	1.6	1.3	2.2	0.5	0.8	1.0

Снижение поголовья скота в Белгородской области происходило в первую очередь за счет СХО, которые имели серьезные сложности в адаптации к новой модели экономического устройства и государственного управления страны. В тех муниципальных образованиях, в которых был ликвидирован скот СХО, отмечался так же резкий спад поголовья скота в хозяйствах других категорий, в особенности коров в ЛПХ. За последние 10 лет в Белгородской области отмечается рост поголовья скота в КФХ, который обусловлен увеличением количества фермерских хозяйств, образовавшихся за счет крупных ЛПХ. Динамика сокращения поголовья скота усугубляется оттоком людей из села, что обусловлено повышением роли городов и неблагоприятными результатами экономической составляющей скотоводства.

При стабильном снижении условного поголовья скота по Белгородской области отмечается увеличение доли МРС. Так, если в России доля МРС в ЛПХ практически всегда составляла около 20%, то в Белгородской области за последние 5 лет доля МРС резко выросла с 9.2 до 21.5%. Доля МРС в условном поголовье КФХ также увеличилась за аналогичный период времени с 5.8 до 12.1%.

Сокращение поголовья скота снизило интенсивность использования ЕКУ: так, если в 1990 г. на 1 у. г. приходилось от 0.4 до 0.9 га ЕКУ, то в 2010 г. этот показатель между муниципальными образованиями варьировал от 1 до 5.9 га. Судя по оперативной информации ФСГС по БО на 1.10.2014 г., в муниципальных районах, где к 2010 году отмечалось наибольшее сокращение поголовья скота, эта тенденция сохранилась, а площадь ЕКУ, приходящаяся на 1 у. г., составила уже 8.2 га (Красненский), 8.1 га (Корочанский), 7.0 га (Борисовский), 6.7 га (Волоконовский).

Это средние районные значения, но ведь в каждом муниципальном образовании области к 1990 г. насчитывалось от 10 до 30 колхозов и совхозов, «продолжительность жизни» которых после реорганизации от территории к территории могла существенно различаться. Границы бывших колхозов и совхозов послужили основой при формировании границ сельских

территорий области, а на заключительном этапе предстояла задача оценить долю оставленных ЕКУ для каждой такой территории.

В рамках данной работы в программе Qgis версия 2.6.1 нами была создана административно-бассейновая БД об использовании ЕКУ, которая включает 28 полей и 330 записей. Поля содержат информацию об административных (7) и бассейновых (2) характеристиках поселений, поголовье КРС и МРС (14), а также об использовании ЕКУ (4). Записи соответствуют сельским территориям (322), межселенным территориям (3) и областному центру (1). На карте-схеме (рис. 2) представлено графическое отображение части информации, содержащейся в базе данных.

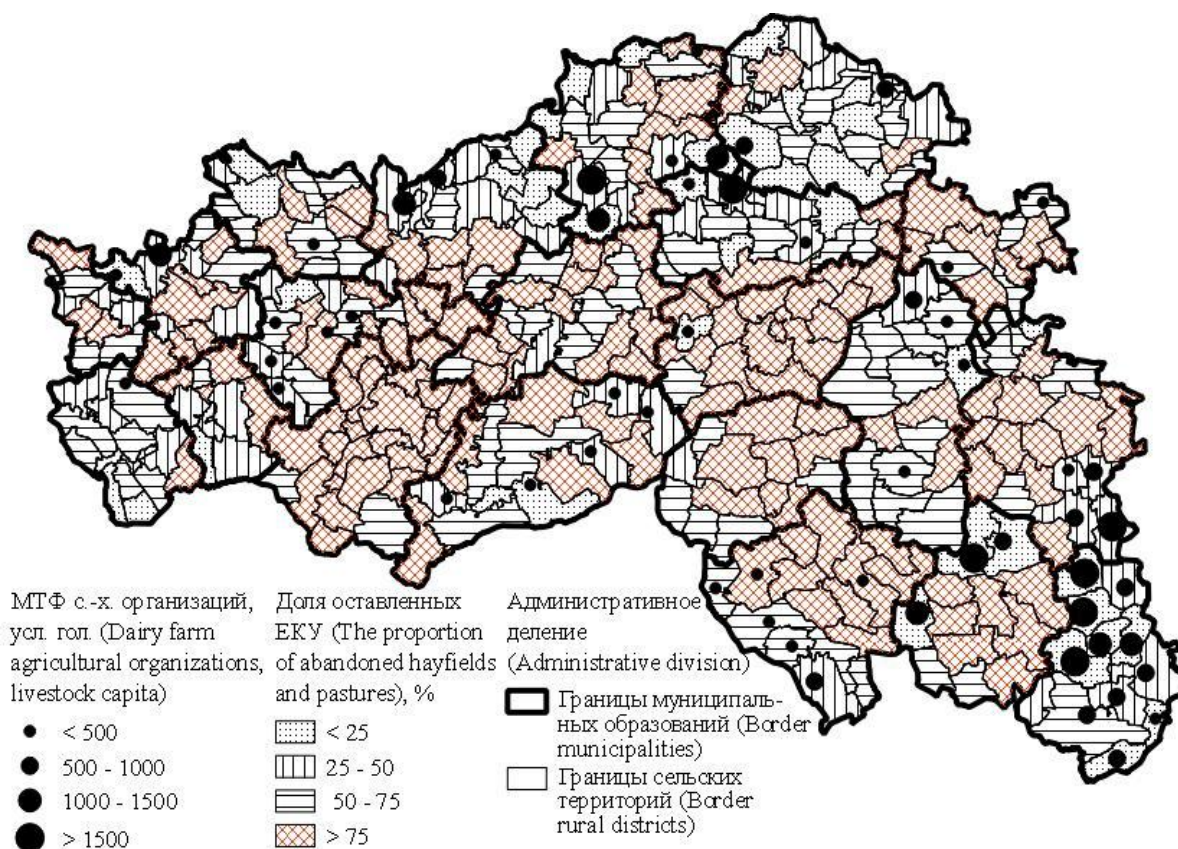


Рис. 2. Распределение доли оставленных естественных кормовых угодий от их общей площади на территории Белгородской области

Fig. 2. The distribution of the share abandoned natural grassland of the total area in the Belgorod region

Установлено, что в настоящее время в Белгородской области, исходя из условного поголовья, оставлено более 65% ЕКУ, при этом только в трех муниципальных образованиях области доля оставленных естественных кормовых угодий меньше 50%. Как видно из рисунка 2, ситуация внутри границ муниципальных образований может существенно различаться, так же прослеживается серьезная зависимость доли оставленных ЕКУ от наличия на сельских территориях молочных СХО.

В муниципальных образованиях, где средняя доля оставленных ЕКУ составляет 70–80%, это же значение в разрезе сельских территорий отклоняется от среднего по муниципальному образованию не более чем на 20%. Между тем в таких муниципальных образованиях, как Прохоровский, доля оставленных ЕКУ варьирует между сельскими территориями от 20 до 94%.

Так же применение инструментов ГИС, позволило нам оценить долю консервации ЕКУ не только в административных, но и в естественных границах – водосборах крупных рек (рис. 3).



Рис. 3. Доля оставленных ЕКУ по основным водосборам Белгородской области, %
 Fig. 3. The proportion of abandoned grassland on the main catchments of the Belgorod region, %

В соответствии с нашими расчетами наибольшее количество оставленных ЕКУ сосредоточено в бассейнах рек Потудань и Северский Донец, в то время как в бассейнах рек Сейм и Айдар доля оставленных ЕКУ наименьшая по области, но даже в этих бассейнах оставлено более 30% ЕКУ.

Чтобы увеличить масштаб картографических материалов, сделать комплект различных тематических карт, отобразить подложку в виде данных ДЗЗ или OpenStreetMap и предоставить доступ к нашей работе, мы разместили ее результаты на общедоступном геопортале с помощью приложения QGIS Cloud Plugin версия 0.11.17. Таким образом, результаты работы можно увидеть через интернет-браузер пройдя по ссылке <https://qgiscloud.com/deppriroda/cons> или в ГИС программе через WMS – протокол по электронному адресу <https://qgiscloud.com/deppriroda/cons/wms>.

Заключение

Поголовье скота в России за 1990–2010 гг. сократилось в четыре раза. При рассмотрении темпов снижения поголовья скота в Европейской части России выявлено, что показатели снижения поголовья скота в Белгородской области и в регионах страны с близкими природно-климатическими условиями сходны.

Оставление ЕКУ стало следствием значительного сокращения поголовья скота и проявилось в муниципальных образованиях области по-разному. Так в Старооскольском городском округе доля оставленных ЕКУ составляет – 36%, а в Белгородском районе – 87% ЕКУ. При уменьшении масштаба рассматриваемой территории до уровня сельских территорий диапазон значений увеличивается.

В рамках данного исследования с помощью бесплатной ГИС программы нами разработана уникальная БД о площади оставленных ЕКУ в разрезе 326 сельских территорий Белгородской области, причем приемные подходы и источники получения исходной информации могут быть тиражированы для других регионов страны. Доступ к базе данных открыт через общедоступный геопортал и через WMS-сервер, что позволяет использовать результаты исследования специалистами с разным уровнем знания ГИС-технологий.

Результаты исследования могут быть использованы для поиска перспективных участков расширения сети ООПТ и иных природоохранных территорий, а также для принятия управленческих решений при развитии скотоводства, пчеловодства, создании защитных лесных насаждений и других целей.

Список литературы References

1. Барлыбаев У.А. 2011. Институциональные аспекты устойчивого развития сельских территорий в условиях становления инновационной экономики. Автореф. дис. ... канд. эконом. наук. М., 25.
 Barlybaev U.A. 2011. Institutsional'nye aspekty ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy v usloviyakh stanovleniya innovatsionnoy ekonomiki [Institutional aspects of sustainable rural development in the conditions of formation of an innovative economy]. Abstract. dis. ... cand. econom. sciences. Moscow, 25. (in Russian)
2. Беликова Е.В. 2011. Повышение устойчивости развития сельских территорий региона. Автореф. дис. ... канд. эконом. наук. М., 22.

- Belikova E.V. 2011. Povyshenie ustoychivosti razvitiya sel'skikh territoriy regiona [Improving the sustainability of rural development of the region]. Abstract. dis. ... cand. econom. sciences. Moscow, 22. (in Russian)
3. Болдырь Д.А., Буянкин В.И., Солонкин А.В. 2013. Методические рекомендации по научно-обоснованным нормам нагрузки на природные пастбища, пашню богарную и орошаемую для обеспечения животных кормами по видам сельскохозяйственных животных. Волгоград, 73.
- Boldyr' D.A., Buyankin V.I., Solonkin A.V. 2013. Metodicheskie rekomendatsii po nauchno-obosnovannym normam nagruzki na prirodnye pastbishcha, pashnyu bogarnuyu i oroshaemuyu dlya obespecheniya zhyvotnykh kormami po vidam sel'skokhozyaystvennykh zhyvotnykh [Methodical recommendations on evidence-based standards of pressure on grassland, rainfed and irrigated arable land to ensure forage animals by type of farm animals]. Volgograd, 73. (in Russian)
4. Венгеров П.Д. 2010. Использование сельскохозяйственных земель и состояние степной фауны позвоночных в Воронежской области после 1991 года. Степной бюллетень, (29): 42–48.
- Vengerov P.D. 2010. The use of agricultural lands and the condition of the steppe fauna of vertebrates in the Voronezh region after 1991. Stepnoy byulleten' [Steppe Bulletin], (29): 42–48. (in Russian)
5. Голуусов П.В., Гусев А.В., Дегтярь А.В., Лисецкий Ф.Н. и др. 2003. География Белгородской области. Часть I. Природа. М., Изд-во МГУ, 64.
- Goleusov P.V., Gusev A.V., Degtyar' A.V., Lisetskiy F.N. et al. 2003. Geografija Belgorodskoj oblasti. Chast' I. Priroda [Geography Belgorod region. Part I. Nature]. Moscow, Izd-vo MGU, 64. (in Russian)
6. Кузьменко Я.В., Лисецкий Ф.Н., Нарожняя А.Г. 2012. Применение бассейновой концепции природопользования для почвоводоохранного обустройства агроландшафтов. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 14 (1): 2432–2435.
- Kuz'menko Ya.V., Lisetskiy F.N., Narozhnyaya A.G. 2012. Application the basin concept of environmental management for soil-water safety arrangement of agrolandscapes. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk, 14 (1): 2432–2435. (in Russian, with English summary)
7. Лисецкий Ф.Н., Пересадько В.А., Лукин С.В. и др. 2005. Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области: атлас. Белгород, Белгородский государственный университет, 179.
- Lisetskiy F.N., V.A. Peresad'ko, S.V. Lukin i dr. 2005. Prirodnye resursy i ekologicheskoe sostoyanie Belgorodskoy oblasti: atlas. [Natural resources and the ecological state of the Belgorod region: Atlas]. Belgorod, Belgorod state university, 179. (in Russian)
8. Лисецкий Ф.Н., Чугунова Н.В. 2014. Расселение муниципальных образований Белгородской области как основной фактор в реализации концепции «Район-парк». Научные ведомости БелГУ. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика, 29-1 (1): 46–54.
- Lisetskiy F.N., Chugunova N.V. 2014. Resettlement of the population of municipalities Belgorod region as the main factor in the implementation of the concept «District-park». Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Istoriya. Politologiya. Ekonomika. Informatika [Belgorod State University Scientific Bulletin. History. Political science. Economics. Information technologies], 29-1 (1): 46–54. (in Russian, with English summary)
9. Лисецкий Ф.Н., Спесивый О.В. 2014. Оценка интенсивности и нормирования эрозионных потерь в Центрально-черноземном районе на основе бассейнового подхода. Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки, 27 (10): 125–133.
- Lisetskiy F.N., Spesivyy O.V. 2014. Estimate of the intensity and regulation of erosion soil losses in central chernozem region based on the basin approach. Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 27 (10): 125–133. (in Russian, with English summary)
10. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нefeldова Т.Г. 2010. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М., ГЕОС, 416.
- Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. 2010. Dinamika sel'skokhozyaystvennykh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'nosti i pochv [Dynamics of agricultural lands of Russia in XX century and postagrogenic restoration of vegetation and soils]. Moscow, GEOS, 416. (in Russian, with English summary)
11. Манелля А.И., Трегубов В.А. 2009. О состоянии животноводства в Российской Федерации. Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, (9): 63–68.
- Manellya A.I., Tregubov V.A. 2009. Status of agricultural husbandry in Russia Federation. Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatij [Economy of agricultural and processing enterprises], (9): 63–68. (in Russian, with English summary)
12. Маринина О.А., Терехин Э.А., Кириленко Ж.А., Курлович Д.М., Ковальчик Н.В. 2013. Особенности дистанционного выявления залежных участков и проблемы целевого использования земель сельскохозяйственного назначения. Современные проблемы науки и образования, (5).
- Marinina O.A., Terekhin E.A., Kirilenko Zh.A., Kurlovich D.M., Koval'chik N.V. 2013. Characteristics remote detection fallow land trust and problems of agricultural land use. Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education], (5). (in Russian, with English summary)
13. Медолазов А.С. 2009. Устойчивое социально-экономическое развитие сельских территорий как фактор роста качества жизни сельского населения. Автореф. дис. ... канд. эконом. наук. Орел, 35.
- Medolazov A.S. 2009. Ustoychivoe sotsial'no-ekonomicheskoe razvitie sel'skikh territoriy kak faktor rosta kachestva zhizni sel'skogo naseleniya [Sustainable socio-economic development of rural areas as a factor in the growth of quality of life of the rural population]. Abstract. dis. ... cand. econom. sciences. Orel, 35. (in Russian)
14. Мерзлов А.В. 2006. Устойчивое развитие сельских территорий (теория, методология и практика). Дис. ... д-ра. эконом. наук. М., 319.

- Merzlov A.V. 2006. Ustoychivoe razvitie sel'skikh territoriy (teoriya, metodologiya i praktika) [Sustainable development of rural areas (theory, methodology and practice)]. Dis. ... doct. econom. sciences. Moscow, 319. (in Russian)
14. Меренкова И.Н. 2012. Устойчивое развитие сельских территорий: теория, методология и практика. Автореф. дис. ... д-ра. эконом. наук. Воронеж, 52.
- Merenkova I.N. 2012. Ustoychivoe razvitie sel'skikh territoriy: teoriya, metodologiya i praktika [Sustainable development of rural areas: theory, methodology and practice]. Abstract. dis. ... doct. econom. sciences. Voronezh, 52. (in Russian)
15. Минрегион. 2014. Федеральная географическая информационная система территориального планирования. URL: <http://fgis.minregion.ru/fgis> (19 сентября 2014).
- Minregion. 2014. Federal'naya geograficheskaya informatsionnaya sistema territorial'nogo planirovaniya [Federal geographical spatial planning system]. Available at: <http://fgis.minregion.ru/fgis> (accessed 19 September 2014). (in Russian)
16. Молчаленко С.А. 2013. Обеспечение устойчивого развития сельских территорий на основе повышения занятости населения. Автореф. дис. ... канд. эконом. наук. Ставрополь, 23.
- Molchalenko S.A. 2013. Obespechenie ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy na osnove povysheniya zanyatosti naseleniya [Ensuring the sustainable development of rural areas on the basis of increasing employment]. Abstract. dis. ... cand. econom. sciences. Stavropol, 23. (in Russian)
17. Нарожняя А.Г. 2011. Экологическая и энергетическая оценки агроландшафтов при их адаптивном землеустройстве. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Белгород, 23.
- Narozhnyaya A.G. 2011. Ekologicheskaya i energeticheskaya otsenki agrolandshaftov pri ikh adaptivnom zemleustroytve [Environmental and energy assessment of agrolandscapes in their adaptive land management]. Abstract. dis. ... cand. geogr. sciences. Belgorod, 23. (in Russian)
18. Рогова Н.В., Скворцов В.Э. 2014. Выделение степных массивов в Европейской части России по спутниковым снимкам. Степной бюллетень, (42): 23–30.
- Rogova N.V., Skvortsov V.E. 2014. Isolation steppe arrays in the European part of Russia on satellite imagery. Steppoy byulleten' [Steppe Bulletin], (42): 23–30. (in Russian)
19. Росреестр. 2010. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2009 году. URL: <http://pda.rosreestr.ru/upload/www/files/Государственный%20Доклад%20за%202009%20г..pdf> (8 декабря 2014).
- Rosreestr. 2010. Gosudarstvennyy (natsional'nyy) doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' v Rossiyskoy Federatsii v 2009 godu [State (national) report on the status and use of land in the Russian Federation]. Available at: <http://pda.rosreestr.ru/upload/www/files/Gosudarstvennyy%20Doklad%20za%202009%20g..pdf> (accessed 8 December 2014). (in Russian)
20. Росстат. 2002–2011. Регионы России. Социально-экономические показатели в 2002–2010 гг.: статистический сборник. URL: <http://www.gks.ru/> (8 декабря 2014).
- Rosstat. 2002–2011. Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli v 2002–2010 gg.: statisticheskij sbornik [Regions of Russia. Socio-economic indicators in 2002–2010. Statistical collection]. Available at: <http://www.gks.ru/> (accessed 8 December 2014). (in Russian)
21. Росстат. 2012. Сельское хозяйство, охота и охотничье хозяйство, лесоводство в России: статистический сборник. URL: <http://www.gks.ru/> (12 декабря 2014).
- Rosstat. 2012. Sel'skoe khozyaystvo, okhota i okhotnich'e khozyaystvo, lesovodstvo v Rossii: statisticheskij sbornik [Agriculture, hunting, forestry in Russia. Statistical collection]. Available at: <http://www.gks.ru/> (accessed 12 December 2014). (in Russian)
22. Смелянский И.Э. 2012. Сколько в степном регионе России залежей? Степной бюллетень, (36): 4–7.
- Smelyanskiy I.E. 2012. As in the steppe region of fallow land. Steppoy byulleten' [Steppe Bulletin], (36): 4–7. (in Russian)
23. Терехин Э.А. 2013. Анализ спектральных свойств сельскохозяйственной растительности Белгородской области по спутниковым данным MODIS. Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки, 23 (10): 150–156.
- Terekhin E.A. 2013. Analysis of spectral properties of agricultural vegetation of the Belgorod region on MODIS satellite data. Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 23 (10): 150–156. (in Russian, with English summary)
24. Чернявских В.И., Дегтярь О.В., Дегтярь А.В., Думачева Е.В. 2010. Растительный мир Белгородской области. Белгород, Белгородская областная типография, 472.
- Chernyavskikh V.I., Degtyar' O.V., Degtyar' A.V., Dumacheva E.V. 2010. Rastitel'nyy mir Belgorodskoy oblasti [The flora of the Belgorod region]. Belgorod, Belgorodskaya oblastnaya tipografiya, 472. (in Russian)
25. Buryak, Zh.A., Grigoreva O.I., Pavlyuk Ya.V. 2014. GIS maintenance of rural territories geoplanning under basin principles. International Journal of Advanced Studies, 4 (2): 56–60.
26. Kuemmerle T., Hostert P., Radeloff V. 2008. Cross-border comparison of post-socialist farmland abandonment in the Carpathians. Ecosystems, 11: 614–628.
27. Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Baumann M. 2012. Effects of institutional changes on land use: Agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven Economies in post-Soviet Eastern Europe. Environmental Research Letters, 7: 1–13.



28. Prishchepov A.V., Radeloff V.C., Dubinin M., Alcantara C. The effect of Landsat ETM/TM+ image acquisition dates on detection of agricultural land abandonment in Eastern Europe. Available at: <http://www.R-project.org> (accessed 15 November 2014).

29. Pazúr R., Lieskovský J., Feranec J., Ořahel J. Spatial determinants of abandonment of large-scale arable lands and managed grasslands in Slovakia during the periods of post-socialist transition and European Union accession. *Applied Geography*, 10 (54): 118–128.

30. Schierhorn F., Müller D, Beringer T. 2013. Post-Soviet cropland abandonment and carbon sequestration in European Russia, Ukraine, and Belarus. *Global Biogeochemical Cycles*, 27: 1175–1185.

ХИМИЯ

УДК 547.758:544

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ КРАСИТЕЛЯ МЕТИЛОВОГО ФИОЛЕТОВОГО

OXIDATIVE DEGRADATION OF METHYL VIOLET DYE

Чан Тхи Тхуй, К.С. Ерохин, О.Е. Лебедева
Tran Thi Thuy, K.S. Yerokhin, O.E. Lebedeva

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: OLebedeva@bsu.edu.ru

Ключевые слова: метиловый фиолетовый, окисление, деструкция, ионы кобальта, фентоноподобная система.

Key words: methyl violet, oxidative degradation, Fenton-like process, cobalt ions.

Аннотация. Изучена окислительная деструкция красителя метилового фиолетового в водных растворах перексидом водорода в присутствии ионов кобальта.

Показано, что в слабнокислой среде метиловый фиолетовый устойчив к окислению, однако ионы кобальта оказывает каталитическое воздействие на процесс окислительной деструкции метилового фиолетового при значениях *pH*, близких к нейтральным. Зафиксировано обесцвечивание раствора и выделение газообразного продукта. Скорость и эффективность окислительной деструкции зависит от соотношения компонентов окислительной смеси. Как повышение концентрации пероксида водорода, так и повышение содержания ионов кобальта приводит к росту скорости деструкции.

Resume. Dyes are common models for the investigation and development of methods for cleaning water. In the last decade discoloration of dyes in aqueous solutions has been widely studied using Fenton reagent (Fe^{2+}/H_2O_2) as well as combined photo-Fenton, electro-Fenton processes etc. It was of interest to study Fenton-like processes using salts of other transition metals, in particular cobalt salts.

In the present study oxidative discoloration of methyl violet dye in aqueous solution has been studied using such systems as Fe^{3+}/H_2O_2 and Co^{2+}/H_2O_2 . Cobalt (II) sulfate was used as a source of cobalt. Spectrophotometry was applied to measure concentration of methyl violet.

It was shown that oxidative degradation of methyl violet dye by hydrogen peroxide in the presence of Fe^{3+} ions exhibited a high efficiency at $pH=3.1-3.2$. In the presence of cobalt ions methyl violet was stable in weakly acidic media. However Co^{2+} ions were demonstrated to affect oxidative degradation of methyl violet at pH values close to neutral ones. Discoloration of the dye was followed by gas evolution. The rate and efficiency of oxidative degradation depended on the ratio of oxidative reagents. Both an increase of hydrogen peroxide concentration and an increase of cobalt content resulted in enhanced rate of the dye degradation.

Введение

Красители являются распространенной моделью при изучении и разработке процессов водоочистки. Деколоризация красителей представляет не только методический, но и практический интерес, поскольку имеет большое значение для снижения влияния отходов текстильной промышленности на окружающую среду.

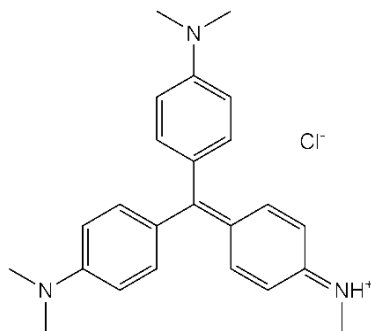
В последнее десятилетие широко изучаются возможности применения системы Фентона для обесцвечивания красителей – как чисто химического окисления, так и его сочетания с фотодеструкцией, электродеструкцией и т. п. [Malik, Saha, 2003; Nunez et al., 2007].

Классическая система Фентона использует ионы железа для каталитического радикального распада пероксида водорода. Считается, однако, что в качестве катализаторов разложения H_2O_2 могут быть также использованы соли меди, хрома, ванадия, кобальта и других переходных металлов [Нагиев, 1985].

Окислительная деструкция красителя метилового фиолетового системой Фентона подробно изучена в статье [Hashemian et al., 2013]. В настоящей работе предпринята попытка выполнить окисление метилового фиолетового пероксидом водорода в присутствии ионов кобальта. Использование кобальтсодержащих окислительных систем для обесцвечивания красителей описано, например, в работе [Khan, Bhutto, 2010], в которой выполнена окислительная деструкция ксиленола оранжевого и показано, что скорость деструкции зависит от температуры, pH , соотношения компонентов окислительной смеси.

Объекты и методы исследования

В работе использовался краситель метиловый фиолетовый марки «чда».



Также без дополнительной очистки использовали медицинский пероксид водорода, точное значение концентрации которого определяли методом косвенного окислительно-восстановительного титрования тиосульфатом натрия в кислой среде. В качестве компонентов окислительной системы применяли $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ марки «чда» либо $Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$ производства Acros Organics. Для регулирования pH использовался гидроксид натрия марки «чда».

Изменение концентрации метилового фиолетового в процессе окисления оценивали на спектрофлуориметре CM 2203. pH реакционной смеси измеряли с помощью pH -метра Mettler Toledo.

Во всех экспериментах изучали протекание окисления метилового фиолетового в водных растворах объемом 25 мл при температуре 25°C. Исходная концентрация метилового фиолетового составляла 17.8 мкмоль/л.

Обсуждение результатов

При использовании в качестве катализатора соли железа (III) процесс деструкции метилового фиолетового идет с высокой скоростью (рис. 1). Полученный результат подтверждает данные авторов [Hashemian et al., 2013]. Необходимо пояснить, что в указанной работе изучалась классическая система Фентона, содержащая соль железа (II). Тем не менее, сравнение окислительной способности двух систем не лишено смысла, поскольку, как известно, в системе Фентона в циклических окислительно-восстановительных превращениях железо (II) переходит в железо (III) и обратно.

При замене ионов железа на ионы кобальта в слабокислой среде метиловый фиолетовый устойчив к окислению: при pH 5.7 концентрация красителя в реакционной смеси практически не меняется (рис. 2). Интенсивное окисление субстрата начинается при повышении pH до значений, близких к нейтральным, 6.6–6.8 (рис. 3). В этих условиях визуально наблюдается не только обесцвечивание раствора, но и выделение пузырьков газа из реакционной смеси.

Деструкция метилового фиолетового при повышенном pH изучалась более детально. Варьировали концентрацию пероксида водорода и концентрацию соли кобальта. Анализ полученных кинетических кривых (см. рис. 3) показал, что с увеличением содержания пероксида водорода и солей кобальта в реакционной смеси скорость и эффективность окисления существенно возрастают.

Заключение

Таким образом, в настоящей работе показано, что ион Co^{2+} оказывает каталитическое воздействие на процесс окислительной деструкции метилового фиолетового пероксидом водорода в близких к нейтральным средах. Скорость и эффективность окислительной деструкции зависят от соотношения компонентов окислительной смеси.

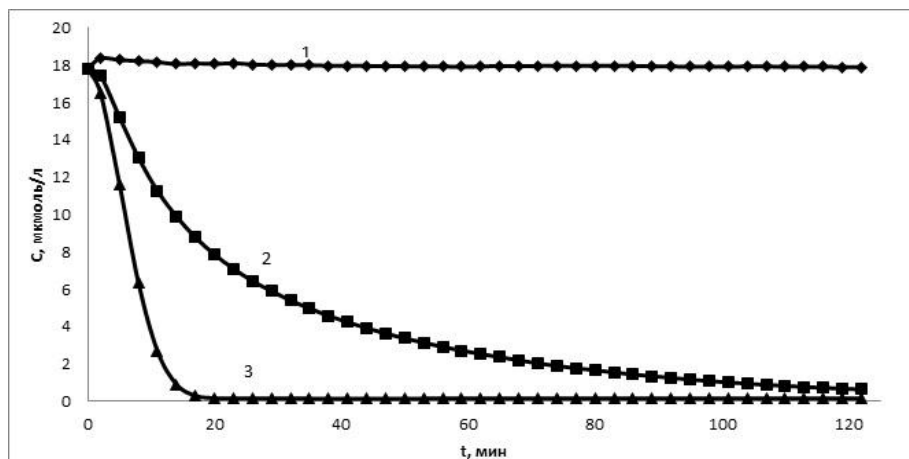


Рис. 1. Кинетические кривые окисления метилового фиолетового H_2O_2 в присутствии $Fe(NO_3)_3$ ($pH_{исх}=3,1-3,2$): 1 – $C(Fe^{3+})=0,5$ ммоль/л; 2 – $C(H_2O_2)=40$ ммоль/л, $C(Fe^{3+})=0,25$ ммоль/л; 3 – $C(H_2O_2)=40$ ммоль/л, $C(Fe^{3+})=0,5$ ммоль/л

Fig. 1. Kinetics of methyl violet degradation by H_2O_2 in the presence of $Fe(NO_3)_3$ ($pH_{initial}=3,1-3,2$): 1 – $C(Fe^{3+})=0,5$ mmol/l; 2 – $C(H_2O_2)=40$ mmol/l, $C(Fe^{3+})=0,25$ mmol/l; 3 – $C(H_2O_2)=40$ mmol/l, $C(Fe^{3+})=0,5$ mmol/l

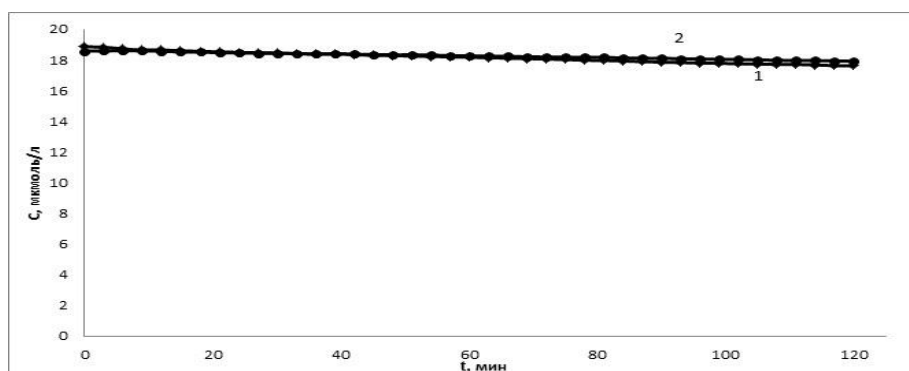


Рис. 2. Кинетические кривые окисления метилового фиолетового H_2O_2 в присутствии $CoSO_4$ ($pH_{исх}=5,7$): 1 – $C(H_2O_2)=40$ ммоль/л, $C(Co^{2+})=0,5$ ммоль/л; 2 – $C(H_2O_2)=40$ ммоль/л, $C(Co^{2+})=1$ ммоль/л

Fig. 2. Kinetics of methyl violet degradation by H_2O_2 in the presence of $CoSO_4$ ($pH_{initial}=5,7$): 1 – $C(H_2O_2)=40$ mmol/l, $C(Co^{2+})=0,5$ mmol/l; 2 – $C(H_2O_2)=40$ mmol/l, $C(Co^{2+})=1$ mmol/l

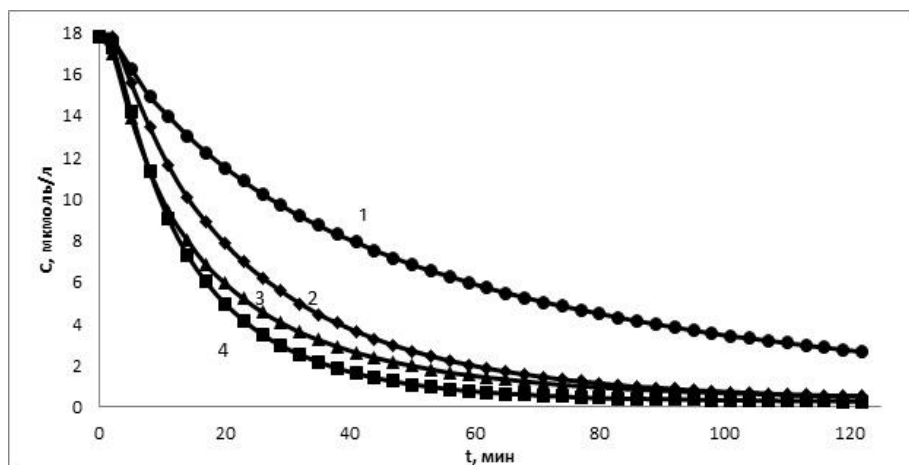


Рис. 3. Кинетические кривые окисления метилового фиолетового H_2O_2 в присутствии $CoSO_4$ ($pH_{исх}=6,6-6,8$): 1 – $C(H_2O_2)=20$ ммоль/л, $C(Co^{2+})=1$ ммоль/л; 2 – $C(H_2O_2)=40$ ммоль/л, $C(Co^{2+})=1$ ммоль/л; 3 – $C(H_2O_2)=20$ ммоль/л, $C(Co^{2+})=2$ ммоль/л; 4 – $C(H_2O_2)=40$ ммоль/л, $C(Co^{2+})=2$ ммоль/л

Fig. 3. Kinetics of methyl violet degradation by H_2O_2 in the presence of $CoSO_4$ ($pH_{initial}=6,6-6,8$): 1 – $C(H_2O_2)=20$ mmol/l, $C(Co^{2+})=1$ mmol/l; 2 – $C(H_2O_2)=40$ mmol/l, $C(Co^{2+})=1$ mmol/l; 3 – $C(H_2O_2)=20$ mmol/l, $C(Co^{2+})=2$ mmol/l; 4 – $C(H_2O_2)=40$ mmol/l, $C(Co^{2+})=2$ mmol/l

Благодарности

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания вузу № 2014/420-154.



Список литературы References

1. Нагиев Т.М. 1985. Сопряженные реакции окисления перекисью водорода. Успехи химии, 54 (10): 1654–1673.
Nagiev T M. 1985. The Coupled Reactions of Oxidation by Hydrogen Peroxide. Uspеhi himii [Russian Chemical Reviews], 54 (10): 974–985. (in Russian)
2. Hashemian S., Tabatabaee M., Gafari M. 2013. Fenton Oxidation of Methyl Violet in Aqueous Solution. Journal of Chemistry, 2013: Article ID 509097. Available at: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/509097> (accessed 7 February 2015)
3. Khan M.N., Bhutto. S. 2010. Kinetic study of the oxidative decolorization of xlenol orange by hydrogen peroxide in micellar medium. Journal of the Chilean Chemical Society, 55 (2): 170–175.
4. Malik P.K., Saha S.K. 2003. Oxidation of direct dyes with hydrogen peroxide using ferrous ion as catalyst. Separation and Purification Technology, 31 (3): 241–250.
5. Nunez L., Garcia-Hortal J.A., Torrades F. 2007. Study of kinetic parameters related to the decolourization and mineralization of reactive dyes from textile dyeing using Fenton and photo-Fenton processes. Dyes and Pigments, 75 (3): 647–652.

УДК 547.76837.1.07

**СИНТЕЗ НИТРОПРОИЗВОДНЫХ
1,2-ДИГИДРОПИРРОЛО[3,2,1-DE]АКРИДИН-6-ОНА
SYNTHESIS OF NITRO DERIVED
1,2-DIHYDROPIRROLO[3,2,1-DE]ACRIDINE-6-ON**

**Т.М. Алябьева
T.M. Alyabieva**

*Белгородский университет кооперации, экономики и права, Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116-а
Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 116A Sadovaya St, Belgorod, 308023, Russia*

E-mail: kaf-end-zav@bukep.ru

Ключевые слова: акридин, акродон-9, 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он, 8-нитро-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он, 4,8-динитро-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он.

Key words: acridine, acrodon-9, 1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on, 8-nitro-1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on, 4,8-dinitro-1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on.

Аннотация. С целью поиска физиологически активных соединений, осуществлен синтез нитропроизводных 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она. При нитровании 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она в уксусной кислоте с двумя эквивалентами HNO_3 в качестве основного продукта выделен 8-нитро-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он и побочного – 4,8-динитро-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он. Проведение нитрования в условиях, используемых для синтеза 2,7-динитро-10-метилакридона-9, позволило выделить только один продукт – 4,8-динитро-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он. Исследованы физико-химические и спектральные характеристики синтезированных структур.

Resume. Acridine heterocyclic system in practical terms is considered as one of the most important and interesting. First of all, it is connected with such high physiological activity of acridine and its derivatives as antimalaria, antibacterial, tuberculostatic and psychoactive. A new heterocyclic system of 1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on, which we had synthesized before, also showed its wide spectrum of physiological effect. In this connection we continued the work on the synthesis of new derivatives of the said system, study of their chemical and biological properties as well as their spectral characteristics.

The present paper provides the results of the synthesis of nitroderivatives of 1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on. Nitration reaction in dihydropirrolacridine was carried out in the conditions applied for 10-methylacridone-9. 8-nitro-1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on (62%) and 4,8-dinitro-1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on were educed as respectively main and side products while nitrating 1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on in acetic acid with two equivalents HNO_3 ($d=1.4$). Nitrating of 1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on in the conditions applied for the synthesis of 2,7-dinitro-10-methylacridone-9, made it possible to educe only one product – 4,8-dinitro-1,2 dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on(82%). The structure of 8-nitro-1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on and 4,8-dinitro-1,2-dihydropirrol[3,2,1-de]acridine-6-on is proved by the element analysis and spectral data. The location of substitutes with nitrating is proved by the nuclear magnetic resonance spectroscopy.

Введение

Гетероциклическая система акридина в практическом отношении признана одной из наиболее важных и интересных. Широкие научные исследования, проводимые в настоящее время в разных странах мира, указывают на значительный интерес к химии этого соединения [Chiron, Galy, 2004; Meesala, Nagarajan, 2010].

Прежде всего, это связано с высокой физиологической активностью акридина и его производных, такой как антималярийная (акрихин), антибактериальная (риванол, профлавин), туберкулоостатическая (тиосемикарбазоны акридона-9) [Алябьева, 2006]. Многие производные обладают антипротозойной и психотропной активностью [Gribble, 2000].

Не меньший интерес в биологическом отношении представляют собой и конденсированные производные акридина, в том числе и ранее полученная новая гетероциклическая система 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она [Алябьева, 2004], которая также показала широкий спектр физиологического действия.

В связи с этим нами продолжена работа по синтезу новых производных 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она, изучению их химических и биологических свойств, а также спектральных характеристик. Ранее были синтезированы бромпроизводные этой гетероциклической системы [Алябьева, 2014], в настоящей работе осуществлён синтез нитропроизводных 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она.

Объект и методы исследования

Для синтеза соединений использовались химически чистые реактивы и их растворы.

ИК спектры сняты на приборе UR-20 в суспензии с вазелиновым маслом или в растворителе, который указан в каждом конкретном случае.

УФ спектры получены на приборе Specord в этаноле.

Спектры ЯМР ¹H сняты на спектрометрах HA-100Д фирмы «Varian» и WP-360 фирмы «Bruker», внутренний стандарт ГМДС, растворитель указан в каждом конкретном случае.

8-нитро-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он (2) и 4,8-динитро-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он (3).

а) 2.2 г (10 ммоль) 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она растворяют в 20 мл уксусной кислоты и при перемешивании медленно прибавляют 0.9 мл (20 ммоль) HNO₃ (d=1.4), поддерживают температуру 40–50°, а затем реакционную смесь нагревают при сильном перемешивании на кипящей водяной бане в течение 15 минут. Образовавшийся осадок отфильтровывают, промывают водой, сушат, растворяют в 100 мл ацетон и нагревают до кипения. Нерастворившуюся часть осадка отфильтровывают и после перекристаллизации из уксусной кислоты получают 0.56 г (20%) соединения 3, температура плавления 302°. ИК спектр (вазелиновое масло), ν_{макс.}: 1647 см⁻¹. УФ спектр λ_{макс.}(lgε): 204 (4.16), 239 (4.52), 256 (4.38), 263 (4.3), 361 (4.18), 395 нм (4.15). Найдено: C 57.72; H 2.61; N 13.12%. C₁₅H₉N₃H₅. Вычислено: C 57.87; H 2.89; N 13.17%. Ацетоновый фильтрат упаривают и остаток хроматографируют на колонке с силикагелем, элюируя этилацетатом. Получают 1.75 г (62%) соединения 2, которое не дает депрессии при плавлении пробы смешения с образцом 2, полученным из индолина и 2-хлор-5-нитробензойной кислоты. ИК спектр (вазелиновое масло), ν_{макс.}: 1643 см⁻¹. УФ спектр, λ_{макс.}(lgε): 204 (4.19), 243 (4.37), 263 (4.32), 301 (4.14), 369 (4.16), 398 нм (4.14). Найдено: C 67.52; H 3.58; N 10.51%. C₁₅H₁₀N₂O₃. Вычислено: C 67.67; H 3.76; N 10.53%. Данные ЯМР ¹H спектра представлены в таблице.

б) 2.2 г (10 ммоль) 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она растворяют в 5 мл серной кислоты и при сильном перемешивании постепенно добавляют 0.9 мл HNO₃ (d=1.51), температура при этом не должна превышать 35°. Реакционную смесь выдерживают при этой температуре 15 минут, затем на кипящей водяной бане еще 10 минут, охлаждают и выливают в 100 мл воды. Выпавший осадок отфильтровывают, промывают водой, сушат. После перекристаллизации из уксусной кислоты получают 2.52 г (82%) соединения 3. Вещество не дает депрессии при плавлении пробы смешения с образцом 3, полученным по методу а).

Результаты и их обсуждение

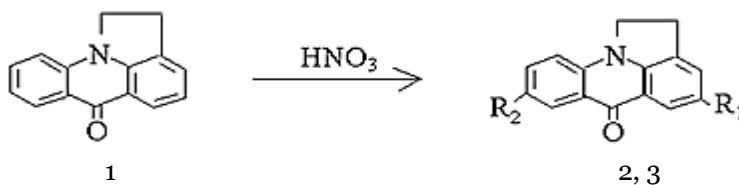
Реакция нитрования в дигидропирролоакридоне проводилась в условиях, используемых для нитрования 10-метилакридона-9.

Впервые нитрование 10-метилакридона-9 описано Дукером и Думаном [Deker, Dumant, 1989], которым удалось выделить продукт, состоящий из смеси 2- и 4-нитро-10-метилакридонов-9 после кипячения 10-метилакридона-9 в 30%-ной азотной кислоте.

Проведение реакций в уксусной кислоте [Lehmstent, Hundertmark, 1990] с двумя эквивалентами HNO₃ (d=1.4) также приводило к 2- и 4-нитро-10-метилакридонам-9 с выходом соответственно 82 и 15%.

Используя условия, описанные в последней работе, для нитрования 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она, в качестве основного продукта выделен 8-нитро-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он (2) и побочного – 4,8-динитро-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он (3).

Разделить смесь моно- и динитропроизводных удалось, используя различную растворимость их в ацетоне. Оранжевые кристаллы соединения 2 были получены с 20% выходом после перекристаллизации, нерастворимого в ацетоне остатка, из уксусной кислоты.



2–R₁=H; R₂=NO₂

3–R₁=R₂=NO₂

Из ацетонового фильтрата, после хроматографической очистки, выделено соединение 2 с 62% выходом, которое идентично с образцом соединения 2, полученным из индолина и 2-хлор-5-нитробензойной кислоты.

Проведение нитрования 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она в условиях, используемых для синтеза 2,7-динитро-10-метилакридона-9, позволило выделить только один продукт – 4,8-динитро-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он, идентичный с соединением 3, выделенным из смеси продуктов нитрования.

Структура соединений 2 и 3 доказана элементным анализом и спектральными данными. Положение заместителей при нитровании доказано ЯМР'Н спектроскопией (табл.).

Таблица
Table

Химические сдвиги (δ м.д.) и константы спин-спиновой взаимодействия (J, Гц) нитропроизводных 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она
Chemical shifts (δ p.p.m.) and constants of spin-spin interaction (J, Hz) of nitro derivatives of 1,2-dihydropirrolo[3,2,1-de]acridine-6-ona

Со-единение	Растворитель	Химические сдвиги протонов (м.д.)									Константы спин-спиновой взаимодействия (J, Гц)
		H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_7	H_8	H_9	H_{10}	
1	(CD ₃) ₂ CO	CH ₂ ср. 4.51	CH ₂ ср. 3.58	7.38	7.23	8.00	8.36	7.11	7.68	7.38	$J_{CH_2,CH_2} = 7.5$ $J_{3,4} = 14.5 = 8$; $J_{7,8} = 19.10 = 7.5$; $J_{8,9} = 7.0$
2	(CD ₃) ₂ CO	CH ₂ ср. 4.74	CH ₂ ср. 3.67	7.68	7.29	7.97	9.2	-	8.51	7.61	$J_{CH_2,CH_2} = 8.5$ $J_{3,4} = 7.9$; $J_{4,5} = 7.1$; $J_{3,5} = 1.3$; $J_{9,10} = 9.3$; $J_{7,9} = 2.6$
3	DMCO-d ₆	CH ₂ ср. 4.81	CH ₂ ср. 3.82	8.2	-	8.83	9.29	-	8.45	7.62	$J_{CH_2,CH_2} = 8.3$ $J_{3,5} = 2.0$; $J_{7,9} = 2.5$; $J_{9,10} = 9.3$

На то, что нитрогруппа в соединении 2 находится в положении 8, указывает:

- отсутствие мультиплетного сигнала протона H_8 и констант спин-спиновой взаимодействия $J_{7,8}$, $J_{8,9}$, $J_{8,10}$;
- смещение в область слабого поля, за счет дезэкранирующего влияния группы NO₂, сигналов протонов H_7 и H_9 , причем величина смещения ($\Delta\delta$) для обоих протонов одинакова.

Анализ значений химических сдвигов и мультиплетности сигналов протонов в соединении 3 указывает, что замещение атомов водорода на группу NO₂ прошло в положениях 4 и 8.

Присутствие двух нитрогрупп в соединении 3 приводит к дальнейшему смещению частоты колебания карбонильной группы в ИК спектре в область высоких частот (1647 см⁻¹) по сравнению с соединением 2. Таким образом, можно заключить, что реакции замещения атомов водорода сильными электрофилами в дигидропирролоакридоне проходят несколько отлично от 10-метилакридона-9 и направление вступления заместителей согласуется с величинами химических сдвигов протонов в спектре ЯМР 'H соединения 1 (см. табл.), которые для протонов H_4 и H_8 имеют наименьшее значения.

Выводы

Осуществлен синтез нитропроизводных 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она и подобраны оптимальные условия проведения этих реакций. Исследованы физико-химические и спектральные характеристики нитропроизводных 1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она.

Список литературы References

1. Алябьева Т.М. 2004. Синтез и спектральные характеристики пирроло[3,2,1-de]акридин-6-она и некоторых его производных. Вестник Белгородского университета потребительской кооперации, (1): 138–144.



- Alyab'eva T.M. 2004. Synthesis and spectral characteristics of the pyrrolo [3,2,1-de] acridine-6-one and some of its derivatives. *Vestnik Belgorodskogo universiteta potrebitel'skoj kooperatsii*, (1): 138–144. (in Russian)
2. Алябьева Т.М. 2006 Некоторые реакции карбонильной группы в дигидропирроло-акридонах. *Современные наукоемкие технологии*, (2): 44–45.
- Alyab'eva T.M. 2006 Some reaction of the carbonyl group-dihydro pyrrolo acridone. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern high technologies], (2): 44–45. (in Russian)
3. Алябьева Т.М. 2014. Исследование реакций электрофильного замещения в 1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-оне. *Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки*, 26 (3): 119–122.
- Alyab'eva T.M. 2014. Investigation of electrophilic substitution reactions of 1-methyl-1,2-dihydro-pyrrolo [3,2,1-de] acridine-6-one. *Nauchnye vedomosti BelGU. Estestvennye nauki* [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 26 (3): 119–122. (in Russian)
4. Chiron J., Galy J. 2004. Reactivity of the acridine ring: a review. *Synthesis*, (3): 313–325.
5. Deker H., Dunant G. 1989. Synthesis nitroderived acridona-9. *Chemische Berichte*, 42 (1): 1176–1177.
6. Gribble G. 2000. Recent developments in indole ring synthesis – methodology and applications. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1*, (7): 1045–1076.
7. Lehmstent K., Hundertmark H. 1990. Nitroderived acridona-9. *Chemische Berichte*, 52: 1232–1233.
8. Meesala R., Nagarajan R. 2010. A short route to the synthesis of pyrroloacridines via ullmann-goldberg condensation. *Tetrahedron Letters*, 51 (2): 422–424.

УДК 544.77.051.62

ОБЪЕМНЫЕ И ПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА БИНАРНЫХ И ТРОЙНЫХ СМЕСЕЙ АЛКИЛПОЛИГЛЮКОЗИДОВ С АНИОННЫМ И НЕИОНОГЕННЫМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ
BULK AND SURFACE PROPERTIES OF THE BINARY AND TERNARY MIXTURES OF ALKYL POLYGLUCOSIDE WITH ANIONIC AND NON-IONIC SURFACTANTS

А.П. Дремук, К.И. Киенская, Г.В. Авраменко, Т.Ю. Колдаева
A.P. Dremuk, K.I. Kienskaya, G.V. Avramenko

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Россия, 125047, г. Москва, Миусская пл., д. 9
D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, 9 Miusskaya Sq., Moscow, 125480, Russia

E-mail: dremuk-alena@mail.ru; sonoio@mail.ru; avrPXTY@yandex.ru; tkoldaeva@muctr.ru

Ключевые слова: поверхностно-активное вещество (ПАВ), алкилполиглюкозид (АПГ), двойные смеси ПАВ, тройные смеси ПАВ, синергизм.

Key words: surfactant, Alkyl Polyglucosides (APG), binary surfactant mixtures, ternary surfactant mixtures, synergism.

Аннотация. Изучены процессы адсорбции и мицеллообразования в водных растворах бинарных и тройных смесей поверхностно-активных веществ различной природы, установлены значения критической концентрации мицеллообразования для всех исследованных систем. С использованием термодинамических подходов Рубина и Розена рассчитаны параметры взаимодействия в смесях, определен состав смешанных мицелл и адсорбционных слоев. Для анализа поведения тройных смесей ПАВ применяли псевдобинарные подходы Рубина и Розена. Отрицательные значения параметров взаимодействия свидетельствуют о наличии синергизма при мицеллообразовании и адсорбции на границе раствор-воздух в изученных бинарных и тройных смесях поверхностно-активных веществ различной природы.

Resume. Usually surfactant mixtures against individual surfactants appear to be more effective in interface and surface tension decrease. The majority of scientists explain such behaviour as a result of specific interaction between the molecules and ions of different nature.

Nowadays cosmetic market is highly focused on ecological profiles of raw materials used in cosmetics. As a result the surfactants of new generation, so called "green image surfactants" have the leading position on the cosmetic market. Nonionic alkyl polyglucosides (APG) based on natural source could serve as an example of ingredients discussed above. The binary and ternary mixtures of commercial APGs with other surfactants are not widely investigated.

In this work, binary and ternary mixtures behavior at water/air interface have been studied using tensiometry.

The surface properties of the nonionic surfactants (Caprylyl/Capryl Glucoside; Laureth 2) and anionic surfactant (Sodium Lauryl Sulfate) in their binary and ternary mixed states have been studied. Adsorption and micellization in binary and ternary mixed solutions of surfactants have been investigated. The critical micelle concentration (CMC) have been analysed by surface tension. The interaction parameters in surfactant mixtures have been calculated using Rubingh and Rosen models, the compositions of mixed micelles and adsorption layers have been determined.

In all investigated cases the values of interaction parameters in mixed micelles and adsorption layers are negative and comparatively high absolute values what proves the synergistic effect. It appears that adding of nonionic surfactant promotes anionic surfactants inclusion to the micelles and adsorption layers since massive glucoside fragments diminish electrostatic repulsion of ionic groups. Moreover the hydrogen bound formation between hydroxyl groups of nonionic surfactants and sulfate-anions of anionic surfactants could also be the probable reason.

Введение

Смеси поверхностно-активных веществ (ПАВ) по сравнению с индивидуальными ПАВ часто оказываются эффективнее при снижении поверхностного и межфазного натяжения, что связывают с наличием специфических взаимодействий между молекулами или ионами различной природы [Zhou, Rosen, 2003]. В большинстве публикаций последних лет изучается поведение бинарных смесей традиционных и нетрадиционных ПАВ на различных границах раздела фаз [Соболева, Кривобокова, 2004; Wang, Li et al., 2005]. Практический интерес представляют системы, которые включают ПАВ, синтезируемые из воспроизводимого природного сырья. В частности, представителями популярной сейчас «зеленой химии» являются алкилполиглюкозиды (АПГ). Это неионогенные ПАВ, для которых характерны хорошее моющее действие и высокая пенообразующая способность. Такие ПАВ обладают дерматологической мягкостью, что обуславливает их применение при разработке косметических составов [Hill, Rybinski, 1997].

Большинство публикаций, в которых рассматривается поведение тройных смесей ПАВ, описывают и анализируют взаимодействие ПАВ сходной природы [Shiloach, Blankschtein, 1998; Das et al., 2010]. Несомненный интерес представляет исследование свойств растворов тройных смесей алкилполиглюкозидов с поверхностно-активными веществами различной природы.

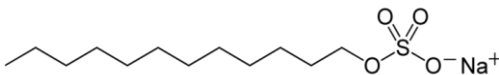
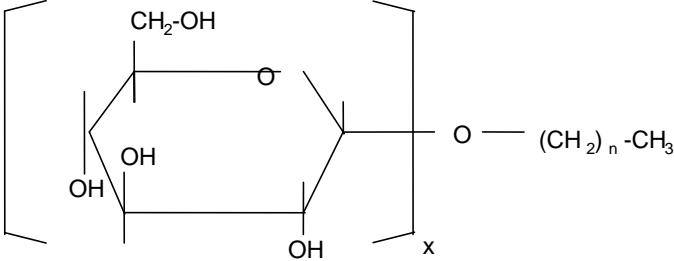
Цель настоящей работы заключалась в количественной оценке параметров взаимодействия в бинарных и тройных смесях ПАВ, исследование поведения многокомпонентных смесей ПАВ на границе раствор-воздух.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись анионное ПАВ (АПАВ) Техарон К 12 G (BASF, Германия), неионогенное ПАВ (НПАВ₁) Plantacare 810 UP (Cognis, Германия), а также их смесь в соотношении 1/5, исследованная ранее [Дремук, Киенская и др., 2014]. В качестве третьего компонента тройной смеси было выбрано неионогенное ПАВ (НПАВ₂) – Arlypon F (BASF, Германия). Структурные формулы и краткая характеристика исходных компонентов приведены в таблице 1.

Таблица 1
Table 1

Краткая характеристика исходных компонентов
Short characteristics of used raw materials

Торговая марка, производитель	Наименование по INCI, структурная формула	Характеристики
<i>Техарон К 12 G</i> BASF, Германия	Лаурилсульфат натрия 	Анионное поверхностно-активное вещество (АПАВ) ККМ 10.0 ммоль/л
<i>Plantacare 810 UP</i> Cognis, Германия	Каприлил/каприл глюкозид  x=1.3÷2.0	Неионогенное поверхностно-активное вещество (НПАВ ₁) ККМ 8.0 ммоль/л
<i>Arlypon F</i> BASF, Германия	Лаурет 2 $H_{25}C_{12}-O-(CH_2-CH_2-O)_2-H$	Неионогенное поверхностно-активное вещество (НПАВ ₂) ККМ 7.0 ммоль/л

Выбор именно этих реагентов обусловлен тем, что все они являются индивидуальными веществами, с высоким содержанием основного вещества, что необходимо для физико-химических расчетов.

Для исследования влияния состава смеси водорастворимых ПАВ на поверхностное натяжение использовались водные растворы тройных смесей различных концентраций, при этом варьировалось содержание третьего компонента. Поверхностное натяжение растворов ПАВ измеряли методом висящей капли на тензиометре DSA 20E KRUSS. Все эксперименты проводили при комнатной температуре $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$.

Результаты экспериментов и их обсуждение

Для определения состава смешанных мицелл и параметра взаимодействия в бинарных смесях ПАВ чаще всего используется термодинамический подход Рубина [Holland, Rubingh, 1983]. Расчеты проводятся согласно уравнениям:

$$\frac{X_1^2 \ln(\alpha_1 C_{12} / X_1 C_1)}{(1 - X_1)^2 \ln[(1 - \alpha_1) C_{12} / (1 - X_1) C_2]} = 1 \quad ; \quad (1)$$

$$\beta = \frac{\ln(\alpha_1 C_{12} / X_1 C_1)}{(1 - X_1)^2} \tag{2}$$

где X_1 и $(1-X_1)$ – мольная доля 1-го и 2-го ПАВ в мицелле; α_1 и $(1-\alpha_1)$ – мольные доли 1-го и 2-го ПАВ в смеси; C_{12} – критическая концентрация мицеллообразования смеси; C_1, C_2 – критические концентрации мицеллообразования 1-го и 2-го ПАВ соответственно; β_m – параметр взаимодействия ПАВ в смешанных мицеллах.

Для описания поведения тройных смесей было решено использовать псевдобинарный подход Рубина, когда тройную смесь рассматривают как двойную [Szymczyk et al., 2014.]. Таким образом, за C_1 принимали поочередно ККМ каждого из индивидуальных ПАВ, за C_2 – ККМ оставшейся бинарной смеси ПАВ, а за C_{12} – ККМ тройной смеси.

Изотермы поверхностного натяжения рассмотренных тройных смесей ПАВ (рис. 1) имеют вид, типичный для коллоидных ПАВ: при малых концентрациях ПАВ в растворе поверхностное натяжение снижается резко, но с ростом концентрации степень его снижения уменьшается и при достижении критической концентрации мицеллообразования (ККМ) σ стремится к постоянному значению. Как видно из рисунка, сильнее всего поверхностное натяжение снижает тройная смесь Техарон К 12 G / Plantacare 810 UP / Arlypon F при соотношении 1/5/5.

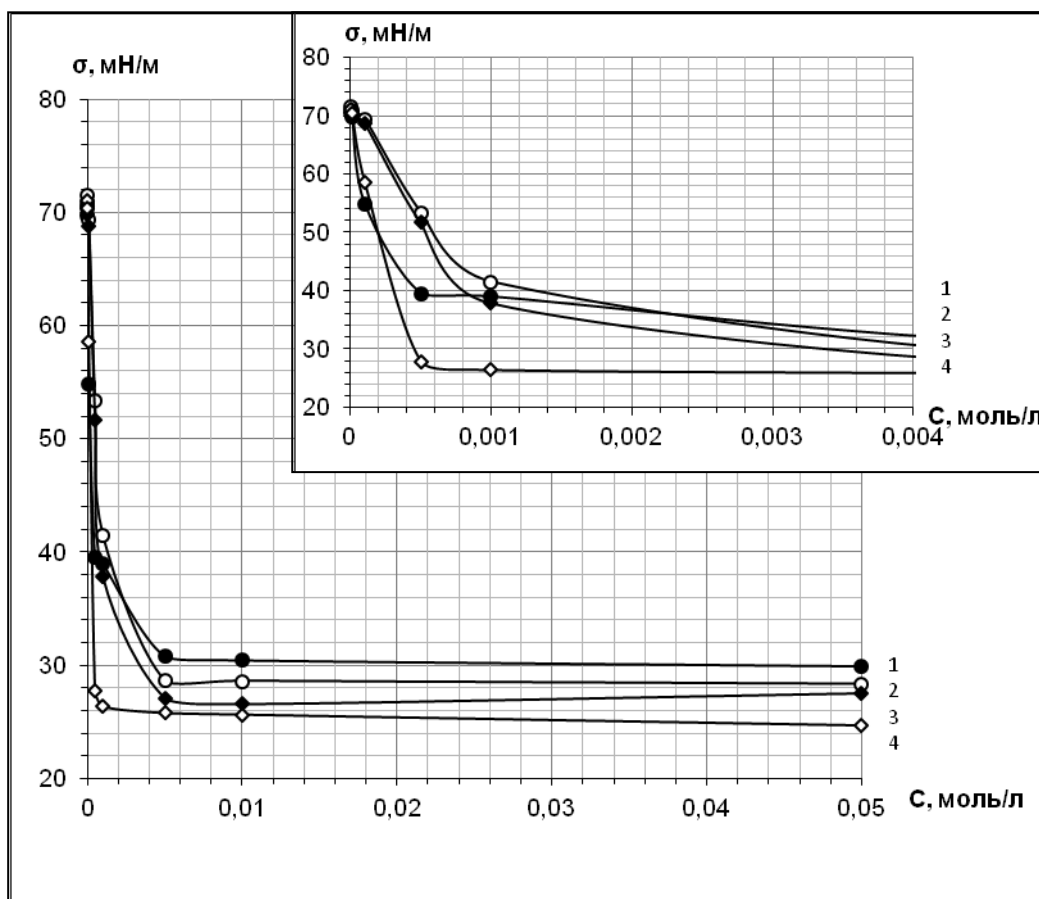


Рис. 1. Изотермы поверхностного натяжения тройных смесей Техарон К 12 G / Plantacare 810 UP / Arlypon F при различных соотношениях:
1 – 1/5/0.2; 2 – 1/5/1; 3 – 1/5/2; 4 – 1/5/5

Fig. 1. Isotherms of surface tension of ternary mixtures Texaron K 12 G / Plantacare 810 UP / Arlypon F at various ratios:
1 – 1/5/0.2; 2 – 1/5/1; 3 – 1/5/2; 4 – 1/5/5 ($t = 23 \pm 0.5^\circ\text{C}$)

Для расчета состава смешанных мицелл и параметра взаимодействия между поверхностно-активными веществами в тройных смесях необходимо было определить критические концентрации мицеллообразования. Значения ККМ индивидуальных ПАВ и их смесей определяли универсальным способом для всех ПАВ – как концентрацию, соответствующую излому на изотерме поверхностного натяжения, построенной в координатах $\sigma - \ln C$. Значения ККМ трой-

ных смесей сведены в таблицу 2. Для всех рассмотренных тройных смесей Техарон К 12 G / Plantacare 810 UP / Arlypon F за исключением соотношения 1/5/0.2 значения ККМ ниже, чем значения ККМ каждого из индивидуальных ПАВ (см. табл. 1). Из приведенных данных следует, что увеличение содержания третьего компонента в смеси значительно снижает значение ККМ. Среди всех рассмотренных нами систем смесь при соотношении 1/5/5 имеет минимальное значение ККМ, равное 0.5 ммоль/л. Такое низкое значение ККМ свидетельствует о явлении синергизма при образовании смешанных мицелл.

Таблица 2

Table 2

Значения критической концентрации мицеллообразования (ККМ) тройных смесей ПАВ
Critical micellar concentrationa (cmc)
of ternary mixtures of surfactants

Смесь Техарон PK 45 / Plantacare 810 UP / Arlypon F	ККМ, ммоль/л
1 / 5 / 0.2	10.0
1 / 5 / 1	5.3
1 / 5 / 2	5.0
1 / 5 / 5	0.5

что было сделано с использованием соответствующих изотерм поверхностного натяжения (рис. 2).

В работе проводили расчет для тройной смеси Техарон К 12 G / Plantacare 810 UP / Arlypon F при соотношении 1/5/5. Было рассмотрено 3 случая: в случае 1 за индивидуальное ПАВ принимали бинарную смесь Техарон К 12G / Arlypon F; в случае 2 – бинарную смесь Plantacare 810 UP / Arlypon F; в случае 3 – бинарную смесь Техарон К 12G / Plantacare 810 UP. Для применения подхода Рубина к тройным смесям определяли ККМ и параметры взаимодействия между ПАВ в бинарных смесях, входящих в тройную смесь,

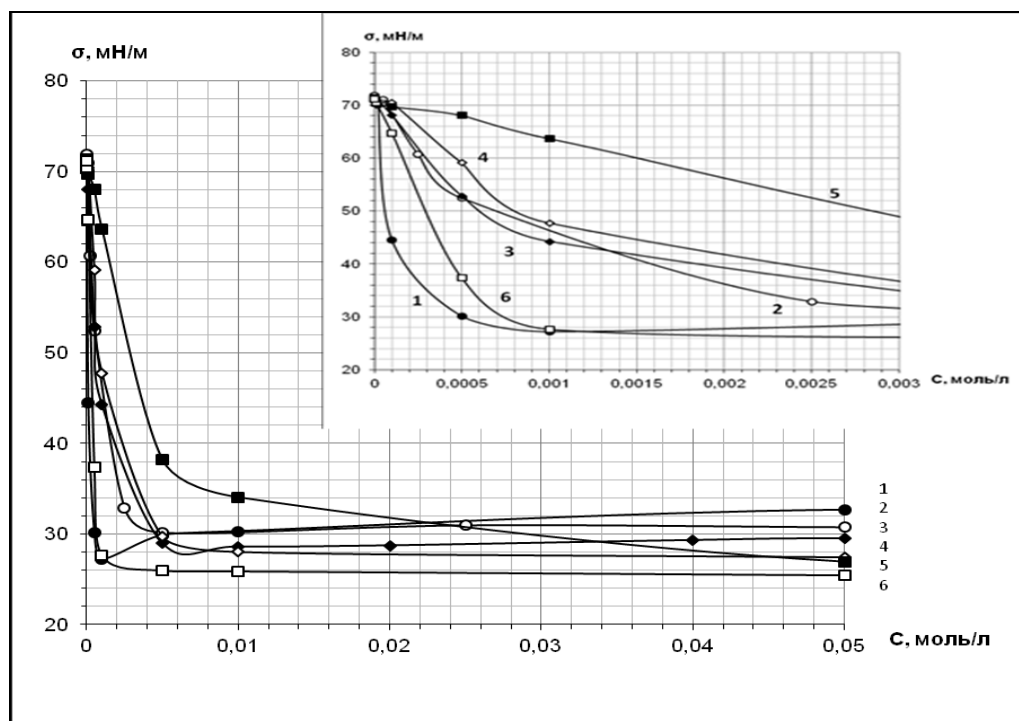


Рис. 2. Изотермы поверхностного натяжения индивидуальных ПАВ и их бинарных смесей ПАВ: 1 – Техарон К 12G; 2 – Техарон К 12G / Plantacare 810 UP (1/5); 3 – Plantacare 810 UP; 4 – Plantacare 810 UP / Arlypon F (1/1); 5 – Arlypon F; 6 – Техарон К 12G / Arlypon F (1/5)

Fig. 2. Isotherms of surface tension of individual surfactants and their binary mixtures: 1 – Technarone K 12G; 2 – Technarone K 12G / Plantacare 810 UP (1/5); 3 – Plantacare 810 UP; 4 – Plantacare 810 UP / Arlypon F (1/1); 5 – Arlypon F; 6 – Technarone K 12G / Arlypon F (1/5) ($t = 23 \pm 0.5^\circ\text{C}$).

Полученные отрицательные значения параметра взаимодействия β_m , свидетельствуют о взаимном притяжении ПАВ в мицеллах (таблица 3). Из литературных данных известно [Li et al., 2001], что о синергизме при мицеллообразовании в смесях ПАВ можно говорить при соблюдении двух условий: $\beta_m < 0$; $|\ln(C_1^m / C_2^m)| < |\beta_m|$. В данном случае им удовлетворяют все 3 рассмотренные системы. Наибольшее абсолютное значение параметра взаимодействия между



ПАВ в мицелле характерно для смеси Техарон К 12 G / Arlypon F в соотношении 1/5. По-видимому, добавление Arlypon F способствует вовлечению АПАВ в мицеллы, так как молекулы НПАВ уменьшают взаимное электростатическое отталкивание ионогенных групп. Вполне вероятно образование водородных связей между этоксиальными группами молекул НПАВ и сульфатными анионами АПАВ.

Результаты расчета параметров взаимодействия между ПАВ и состав мицелл в тройной смеси Техарон К 12 G / Plantacare 810 UP / Arlypon F при соотношении 1/5/5 приведены в таблице 3. Все три термодинамических параметра взаимодействия между ПАВ в мицелле являются отрицательными. Параметр β_m , рассчитанный при рассмотрении бинарной смеси Техарон К 12G / Arlypon F как индивидуального ПАВ (случай 1), несколько ниже случаев 2 и 3. Также можно отметить, что для всех случаев параметры взаимодействия в тройной смеси близки по значению к параметру взаимодействия в бинарной смеси Техарон К 12 G / Arlypon F в соотношении 1/5. Это означает, по-видимому, что явление синергизма в данной тройной смеси в большей степени обусловлено взаимодействием между Техарон К 12 G и Arlypon F.

Таблица 3

Table 3

Параметры межмолекулярного взаимодействия и состав мицелл для бинарных и тройных смесей по данным поверхностного натяжения
Molecular interaction parameters and the composition of the micelles for binary and ternary mixtures according to the surface tension

Смесь ПАВ ₁ / ПАВ ₂	α_1	ККМ _{см.} C ₁₂ , ммоль/л	X ₁ ^m	β_m
Plantacare 810 UP / Техарон К 12 G (5/1)	0.833	4.8	0.68	-2.99
Plantacare 810 UP / Arlypon F (1/1)	0.5	5.4	0.48	-1.30
Техарон К 12 G / Arlypon F (1/5)	0.167	1.5	0.43	-7.82
Смесь ПАВ ₁ / (ПАВ ₂ : ПАВ ₃)	β_1	ККМ _{см.} C ₁₂ , ммоль/л	X ₁ ^m	β_m
Случай 1. Plantacare 810 UP / (Техарон К 12G : Arlypon F)	0.455	0.5	0.31	-8.45
Случай 2. Техарон К 12G / (Plantacare 810 UP : Arlypon F)	0.091	0.5	0.47	-10.72
Случай 3. Arlypon F / (Техарон К 12G : Plantacare 810 UP)	0.455	0.5	0.48	-9.79

Розен с сотр. [Rosen, Ниа, 1982] распространили подход Рубина на описание взаимодействий ПАВ в адсорбционных слоях и предложили для расчета состава адсорбционного слоя и параметра взаимодействия в нем использовать уравнения, аналогичные (1) и (2):

$$\frac{X_1^{\sigma^2} \ln(\alpha_1 C_{12}^{\sigma} / X_1^{\sigma} C_1^{\sigma})}{(1 - X_1^{\sigma})^2 \ln[(1 - \alpha_1) C_{12}^{\sigma} / (1 - X_1^{\sigma}) C_2^{\sigma}]} = 1 \quad (3)$$

$$\beta_{\sigma} = \frac{\ln(\alpha_1 C_{12}^{\sigma} / X_1^{\sigma} C_1^{\sigma})}{(1 - X_1^{\sigma})^2} \quad (4)$$

где X_1^{σ} и $(1 - X_1^{\sigma})$ – мольная доля 1-го (НПАВ) и 2-го (АПАВ) ПАВ в адсорбционном слое; α_1 и $(1 - \alpha_1)$ – мольные доли 1-го и 2-го ПАВ в смеси; C_{12}^{σ} – концентрация раствора смеси при заданном значении поверхностного натяжения; C_1^{σ} , C_2^{σ} – концентрации растворов 1-го и 2-го ПАВ соответственно при заданном значении поверхностного натяжения; β_{σ} – параметр взаимодействия ПАВ в смешанных адсорбционных слоях.

Для определения состава адсорбционных слоев и параметров взаимодействия в бинарных смесях на изотермах поверхностного натяжения проводили секущие при выбранном значении σ , определяли концентрации растворов индивидуальных ПАВ (C_1^{σ} и C_2^{σ}) и смесей (C_{12}^{σ}), при которых достигается выбранное значение поверхностного натяжения. По полученным значениям находили состав смешанного адсорбционного слоя и β_{σ} .



Таблица 4

Table 4

**Параметры межмолекулярного взаимодействия и состав адсорбционного слоя
для бинарных и тройных смесей по данным поверхностного натяжения
Molecular interaction parameters and the composition of the adsorption layer for binary
and ternary mixtures according to the surface tension**

Смесь ПАВ ₁ / ПАВ ₂							
σ , мН/м		50		40		30	
	α_1	X_1^σ	β_σ	X_1^σ	β_σ	X_1^σ	β_σ
Техарон К 12 G / Arlypon F (1/5)	0.167	0.73	-2.55	0.66	-3.61	0.63	-6.61
Plantacare 810 UP / Arlypon F (1/1)	0.5	0.67	-1.31	0.65	-1.36	0.65	-2.13
σ , мН/м		60		50		40	
Plantacare 810 UP / Техарон К 12 G (5/1)	0.833	0.85	0.14	0.66	7.06	~1	-
Смесь ПАВ ₁ / (ПАВ ₂ : ПАВ ₃)							
σ , мН/м		60		50		40	
	α_1	X_1^σ	β_σ	X_1^σ	β_σ	X_1^σ	β_σ
Случай 1. Plantacare 810 UP / (Техарон К 12G : Arlypon F)	0.455	0.42	-3.31	0.45	-4.35	0.39	-5.04
Случай 2. Техарон К 12G / (Plantacare 810 UP : Arlypon F)	0.091	0.44	-3.73	0.44	-4.05	0.51	-6.09
Случай 3. Arlypon F / (Техарон К 12G : Plantacare 810 UP)	0.455	0.48	-2.05	0.51	-3.78	0.54	-5.58

Для определения состава смешанных адсорбционных слоев и параметров взаимодействия в слоях для смеси Техарон К 12 G / Plantacare 810 UP (в соотношении 1/5) были выбраны сечения 60, 50 и 40 мН/м, а для смесей Plantacare 810 UP / Arlypon F (в соотношении 1/1) и Техарон К 12 G / Arlypon F (в соотношении 1/5) – сечения 50, 40 и 30 мН/м. При выбранных значениях поверхностного натяжения секущие проходят через все рассматриваемые изотермы. Результаты расчета приведены в таблице 4. Как видно из таблицы, для смесей ПАВ, содержащих Arlypon F, при адсорбции на границе водный раствор/воздух можно говорить о наличии синергизма. При этом можно отметить, что с ростом концентрации раствора (т.е. при снижении σ) содержание Arlypon F в поверхностном слое ($1 - X_1^\sigma$) остается практически постоянным для этих смесей, хотя параметр взаимодействия растет по абсолютной величине. Для бинарной смеси Техарон К 12 G / Plantacare 810 UP (в соотношении 1/5) поверхностный слой существенно обогащен алкилполиглюкозидом. Объемные структуры АПГ в адсорбционном слое встраиваются между ионогенными группами АПАВ, тем самым уменьшая отталкивание одноименно заряженных групп [Прохорова, Глухарева, 2011].

При расчете параметров межмолекулярного взаимодействия ПАВ в адсорбционном слое для тройных смесей систему также рассматривали как комбинацию индивидуального ПАВ и бинарной смеси. Полученные результаты представлены в таблице 4. Видно, что при снижении σ (с увеличением концентрации смеси) параметр взаимодействия β_σ для всех случаев растет по абсолютной величине. Все рассчитанные параметры взаимодействия между молекулами разных ПАВ в адсорбционном слое являются отрицательными, что позволяет говорить о наличии синергизма.

Заключение

Таким образом, при рассмотрении поведения тройных смесей ПАВ Техарон К 12 G / Plantacare 810 UP / Arlypon F на границе раствор-воздух было установлено образование смешанных адсорбционных слоев и мицелл. Для процессов адсорбции на границе раствор-воздух и мицеллообразования была произведена оценка параметров взаимодействия между ПАВ различной природы: неионогенных ПАВ типа алкилполиглюкозидов и этоксилированных спиртов и анионного ПАВ типа алкилсульфатов. Отрицательные значения β_m и β_σ свидетельствуют об аттракционных взаимодействиях между неионогенными и анионным ПАВ в поверхностных слоях и мицеллах. Введение неионогенных молекул способствует более плотной упаковке ад-

сорбционного слоя и увеличению числа ассоциации мицелл. При внедрении молекул НПAB между ионами АПАВ, по-видимому, имеют место силы притяжения углеводородных радикалов и образование водородных связей с атомами кислорода полярных заряженных групп, что уменьшает электростатическое отталкивание.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобразования и науки России в рамках выполнения базовой части госзадания.

Список литературы

References

1. Дремук А.П., Киенская К.И., Жилина О.В., Махова Н.И., Ильюшенко Е.В., Авраменко Г.В. 2014. Разработка рецептуры модельной косметической эмульсии, стабилизированной смесью неионного и анионного ПАВ. Химическая технология, (8): 493–499.
2. Dremuk A.P., Kienskaya K.I., Zhilina O.V., Makhova N.I., Ilueshenko E.V., Avramenko G.V. 2014. Formulation of cosmetic emulsions stabilized with a mixture of nonionic and anionic surfactants. *Khimicheskaya Technologiya* [Chemical Engineering], (8): 493–499. (in Russian)
3. Прохорова Г.В., Глухарева Н.А. 2011. Мицеллообразование в водных растворах смесей ПАВ, включающих алкилполиглюкозиды. Коллоидный журнал, 73 (6): 842–846.
4. Prokhorova G.V., Glukhareva N.A. 2011. Micellization in Aqueous Solutions of Mixed Surfactants Containing Alkylpolyglucosides. *Kolloidnyj zhurnal* [Colloid Journal], 73 (6): 842–846. (in Russian)
5. Соболева О.А., Кривобокова М.В. 2004. Смешанные мицеллы и адсорбционные слои неионного поверхностно-активного вещества с катионным (мономерным и димерным). Вестник Московского Университета. Серия 2: Химия, 45 (5): 344–349.
6. Soboleva O.A., Krivobokova M.V. 2004. Mixed micelles and adsorption layers of nonionic surfactant with monomeric and dimeric cationic surfactants. *Vestnik Moskovskogo Universiteta. Seriya 2: Himiya* [Moscow University Chemistry Bulletin], 45 (5): 344–349. (in Russian)
7. Das Ch., Chakraborty T., Ghosh S., Das B. 2010. Physicochemistry of Mixed Micellization. Binary and Ternary Mixtures of cationic Surfactants in Aqueous Medium. *Colloid Journal*, 72 (6): 788–798.
8. Hill K., Rybinski W., Stoll G. 1997. Alkyl Polyglycosides. Technology, Properties and Applications. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, 242.
9. Holland P.M., Rubingh D.N. 1983. Nonideal multicomponent mixed micelle model. *The Journal of Physical Chemistry*, 87 (11): 1984–1190.
10. Li F., Rosen M.J., Sulthana S.B. 2001. Surface properties of cationic gemini surfactants and their interaction with alkylglucoside or maltoside surfactants. *Langmuir*, 17 (4): 1037–1042.
11. Rosen M.J., Hua X.Y. 1982. Surface concentrations and molecular interactions in binary mixtures of surfactants. *Journal of Colloid and Interface Science*, 86 (1): 164–172.
12. Shiloach A., Blankschtein D. 1998. Prediction of Critical Micelle Concentrations of Nonideal Ternary Surfactant Mixtures. *Langmuir*, 14 (15): 4105–4114.
13. Szymczyk K., Zdziennicka A., Krawczyk J., Janczuk B. 2014. Behaviour of cetyltrimethylammonium bromide, Triton X-100 and Triton X-114 in mixed monolayer at the (water-air) interface. *The Journal of Chemical Thermodynamics*, 69: 85–92.
14. Wang Z.N., Li G.Z., Zhang G.Y., Diao Z.Y., Chen L.S., Wang Z.W. 2005. Molecular interaction in binary surfactant mixtures containing alkyl polyglycoside. *Journal of Colloid and Interface Science*, 290 (2): 598–602.
15. Zhou Q., Rosen M.J. 2003. Molecular Interactions of Surfactants in Mixed Monolayers at the Air/Aqueous Solution Interface and in Mixed Micelles in Aqueous Media: The Regular Solution Approach. *Langmuir*, 19 (11): 4555–4562.



НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551.435.7(470.325)

ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭОЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

THE INTENSITY OF AEOLIAN PROCESSES IN THE BELGOROD REGION

В.А. Хрисанов¹, С.Н. Колмыков²

V.A. Hrisanov¹, S.N. Kolmykov²

¹ Белгородский юридический институт МВД России, Россия, 308024, г. Белгород, ул. Горького, 71

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

¹ Belgorod Law Institute of the Ministry of Interior of Russia, 71 Gorky St, Belgorod, 308024, Russia

² Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: khrisanov@bsu.edu.ru; kolmykov@bsu.edu.ru

Ключевые слова: ветровая эрозия, дефляция, дюны, песчаные гряды, пыльные бури, эоловые процессы, степень дефлированности почв, прогноз.

Key words: wind erosion, deflation, dunes, sand ridges, dust storms, aeolian processes, the degree of soil deflation, forecast.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы проявления эоловых процессов, анализируются природные и антропогенные факторы, обуславливающие ветровую эрозию почв и развевание пойменных песков, дается их количественная характеристика и раскрывается динамика ветровой эрозии почв, проявляющаяся в разрушении поверхности почв под действием сильных ветров и нередко проявляющаяся в виде пыльных бурь при скорости ветра более 12 м/с, когда пылевато-илистые частицы поднимаются вверх и переносятся на большие расстояния (сотни км) от очага выдувания в виде воздушной сухой суспензии. Отмечаются закономерности распространения различных форм эолового рельефа. Приводятся количественные данные, позволяющие сделать вывод о том, что за последние 50 лет значительно активизировались проявления всего комплекса эоловых процессов на территории Белгородской области и в значительной степени этому способствует хозяйственная деятельность человека, особенно распашка склонов, пойменных лугов, площадная рубка леса и несоблюдение современных агротехнических мероприятий. Отмечается также то, что в целях предотвращения негативных последствий ветровой эрозии, особую роль должны сыграть совершенствование почвозащитных мероприятий, основанных на экологических принципах и предусматривающих максимальный учет особенностей природных комплексов (ландшафтов). В статье также раскрываются принципы районирования эоловых процессов с соответствующей характеристикой выделенных областей и районов и дается прогноз их дальнейшего хода развития на территории Белгородской области.

Resume. The article examines the manifestations of aeolian processes, analyzes natural and anthropogenic factors causing soil erosion and waving floodplain sand, given their quantitative characteristics and dynamics revealed soil erosion, which is manifested in the destruction of the soil surface under the influence of strong winds and often manifests itself in the form of dust storms with a wind speed of 12 m/s when the silty-clay particles rise up and are transported over long distances (hundreds of kilometers) from the source in the form of blowing dry air suspension. Patterns of distribution of various forms of aeolian relief were observed. Quantitative evidence allows to conclude that over the last 50 years manifestations of the whole complex of aeolian processes in the Belgorod region have become much more active, and to a large extent this contributes to human activities, especially plowing slopes, floodplain meadows, areal logging and failure to comply with modern agronomic activities. It is also noted that in order to prevent the negative effects of wind erosion, a special role is played by improving soil protection measures based on ecological principles and provides a maximum account of the special natural complexes (landscapes). The article also describes the principles of zoning aeolian processes with the appropriate characteristics of selected regions and districts and provides a forecast of their future course of development in the Belgorod region.

Введение

Земельные угодья Белгородской области составляют 2713.4 тыс. гектаров. Разнообразие природных условий при почвообразовании на территории области привели к формированию различных типов почв, среди которых господствуют черноземные – они занимают около 77% площади. Почти 15% территории занято серыми лесными почвами. На долю других – лугово-

черноземных, черноземно-луговых, солонцов, солодей, пойменных, песчаных, дерново-намытых – приходится лишь около 8% площади Белгородской области.

Черноземная зона издавна была важнейшим районом производства товарного зерна в России. Огромные просторы черноземных степей всегда привлекали внимание исследователей. И не случайно именно в результате их изучения русский ученый В.В. Докучаев заложил основы почвоведения как науки. Он доказал, что почва является особым природным образованием, формирующимся в результате сложного взаимодействия природных факторов: горной породы, живых и отмерших организмов, климата, возраста страны и рельефа местности. Однако, издавна бедой для земледельца была и все еще остается эрозия почв как водная, так и ветровая. По водной эрозии почв Белгородской области опубликовано достаточно много статей, а нас в большей мере интересует ветровая эрозия почв (дефляция).

Динамика ветровой эрозии почв. Разрушение поверхности почв под действием сильных ветров нередко проявляется в виде пыльных бурь (частицы во взвешенном состоянии) и местной эрозии. Пыльные бури – высшая форма проявления ветровой эрозии. Обычно они возникают при скорости ветра более 12 м/с, когда пылевато-илистые частицы поднимаются вверх и переносятся на большие расстояния (сотни, тысячи км) от очага выдувания в виде воздушной сухой суспензии. Наши наблюдения на полях Борисовского района показывают, что первая фаза дефляции начинает проявляться при скорости ветра более 5 м/с, когда частички почвы поднимаются турбулентным движением воздуха, перекатываются по поверхности земли в виде скачков (частицы 0.1–0.5 мм) или скользят по поверхности (0.5–3.0 мм) [Хрисанов, 2000].

На черноземных полях Ново-Александровского участка Борисовского района нами установлено, что с разрушением слоя почвы толщиной 2.5 см с каждого гектара уносится около 15 тонн плодородной почвы. В результате ветровой эрозии выдуваются не только почвы, но и вместе с ней гибнут и повреждаются семена, гибнут и повреждаются посевы сельскохозяйственных культур, выносятся за пределы полей удобрения, загрязняется окружающая среда.

Наши наблюдения на полях Старооскольского района показывают, что ветер силою 12–15 м/с поднимает тучи пыли, почвы и несет их над степными просторами, и все это оседает, образуя различные микроформы эолового рельефа. Иногда наносы бывают до 2–3 м высотой. Гибнут посевы и сады. Ветер может выдувать слой почвы на 15–20 см и поднимает ее на высоту 1–2 км и переносит на огромные расстояния. Дефляция развита на территории области более чем на 800 тыс. га, а дефляционно-опасными территориями являются еще около 3 тыс. га. Таким образом, сегодня 36.5% сельскохозяйственных угодий опасны с позиции подверженности ветровой эрозии.

Отличие ветровой эрозии от водной выражается в том, что первая в основном не связана с условиями рельефа. Если водная эрозия наблюдается при определенном уклоне, то ветровая может наблюдаться даже на совершенно выровненных площадках. При водной эрозии продукты разрушения перемещаются только сверху вниз, а при ветровой – не только по плоскости, но и вверх.

Важным отличием этих двух типов эрозии является то, что при ветровой эрозии происходит выдувание лишь механических элементов почвы, а при водной – не только смываются частицы почвы, но одновременно происходит растворение в текущей воде питательных веществ, их удаление [Хрисанов, Бахаева, 2011].

Как уже отмечалось, разрушение и перенос почвы начинаются с некоторой критической величины скорости ветра 5 м/с. Достигнув этой скорости, ветер заставляет отдельные, выступающие над поверхностью почвы частицы перекатываться. Они сталкиваются с другими частицами, приводя их, в свою очередь, в движение. Таким образом, весь процесс приобретает характер цепной реакции. По нашим наблюдениям с увеличением расстояния от поверхности земли скорость ветра быстро возрастает, поэтому если частица под действием полученного импульса выскочила из пограничного слоя, расположенного у самой поверхности почвы, то она подхватывается ветром и переносится на некоторое расстояние. Тяжелые частицы, подскочив, вновь падают на землю, более легкие увлекаются турбулентными вихрями и переходят во взвешенное (аэрозольное) состояние.

Наши многочисленные исследования показывают, что в Борисовском, Грайворонском районах наличие в воздушном потоке выпадающих на землю частиц приводит в результате «бомбардировки» поверхности почвы не только к усилению эрозии, но и к ее возникновению даже в том случае, когда скорость ветра еще недостаточно велика. Силы, вовлекающие в движение частицы, лежащие на поверхности земли, обусловлены также существованием мелких турбулентных вихрей. В центре вращающегося вихря существует некоторое разрежение воздуха, которое и создает силу, стремящуюся оторвать частицу от поверхности почвы. Крупные частицы под действием этой силы как бы становятся легче и начинают перекатываться, а более мелкие могут быть сразу подняты в воздух.



Таким образом, движение частиц почвы происходят путем перекатывания, скачками и во взвешенном (аэрозольном) состоянии. Перекатыванием по поверхности земли передвигается в зависимости от скорости ветра и типа почвы от 5 до 25% (для песка – 16%, для суглинка – 7%) общего количества движущихся частиц, скачками – 55–70% (песок – 68%, суглинок – 55%), во взвешенном состоянии – 15–40% (песок – 17%, суглинок – 38%).

Основные факторы, влияющие на возникновение и интенсивность ветровой эрозии, можно разделить на две группы:

- 1) естественноисторические, или природные;
- 2) социально-экономические факторы, связанные с хозяйственной деятельностью человека.

На ранних стадиях развития земледелия дефляция определялась только естественноисторическими факторами. С развитием хозяйственной деятельности человека и освоением новых земельных территорий ветровая эрозия стала значительно усиливаться. Современная ветровая эрозия обычно проявляется при сочетании обеих групп факторов. Природные факторы создают условия для проявления эрозии, а хозяйственная деятельность человека является основной причиной, вызывающей активизацию ветровой эрозии почв. Это просматривается практически на всех распаханых площадях земли Белгородской области [Хрисанов, Михайликов, 2012].

Как известно к важнейшим естественноисторическим факторам относятся: климат, рельеф, почвы, растительность.

Климатический фактор. Общая циркуляция атмосферы, постоянное изменение погодных условий, сопровождающееся ветрами, способствуют дефляции почв. Ветры возникают из-за непрерывного изменения барометрического давления. Над юго-восточной частью Белгородчины проходит линия повышенного давления, так называемая ось Воейкова, которая является своеобразной ветрораздельной и климатораздельной границей. Эта ось на территории области проходит от Харькова через Валуйки, Алексеевку и далее в сторону Саратова и делит область на две неравновеликие части: западную циклоническую с преобладанием западных ветров, приносящих осадки, и юго-восточную с преобладанием ветров восточных направлений, которые приносят сухой воздух. Воздух, притекающий с Атлантического океана, зимой вызывает повышение температуры (наступает мягкая, пасмурная погода со снегопадами, временами оттепелями), а весной – похолодание, облачность, осадки. Воздух с Арктики вызывает зимой сильные морозы, осенью – ранние, а весной – поздние заморозки.

В теплое время года, когда ось Воейкова ослабевает, наша область попадает под влияние азиатского материка. В это время часто дуют суховеи, ветры юго-восточного направления, которые в короткое время иссушают, разрушают почву и наносят большой вред культурным растениям.

Среди отдельных элементов климата на дефляцию почвы большое значение имеет температура воздуха. Средняя годовая температура воздуха на Белгородчине колеблется от +5,9°C до +6,6°C. Температура воздуха возрастает с севера на юг. Максимальные значения ее достигают 41°C, а абсолютные минимумы падают до –38°. На фоне таких контрастов температурного режима происходит усиление дефляции почв.

В климатическом факторе ветер является весьма существенным агентом дефляции. Возникший в результате разности давлений над поверхностью земли ветер дует в направлении от областей с повышенным давлением к областям с более низким давлением. При этом направление и скорость ветра не остаются постоянными. Ветры всегда дуют неравномерно – толчками, порывами. Поэтому ветровой поток имеет турбулентный характер. Турбулентность возникает при обтекании воздушным потоком неровностей земной поверхности, а также в результате неодинакового нагревания отдельных участков земли.

Роль ветра в проявлении дефляции почв связана также с перераспределением снега на местности. Наши наблюдения в Ракитянском районе показывают, что на пространствах без растительности сильные ветры сдувают снег в овраги и другие понижения рельефа, в результате чего создаются условия для глубокого промерзания, разрушения почвы и наконец распылению её поверхности. Разрушающая сила ветра особенно проявляется в засушливых областях со слабым растительным покровом. Однако ветер может производить разрушительную работу в условиях разных климатов.

Температура и влажность воздуха в известной мере также влияют на испарение воды из почвы, поэтому можно отметить их воздействие на интенсивность ветровой эрозии почв. Высокая температура и низкая влажность воздуха способствуют иссушению поверхностных слоев почвы, которые становятся более податливыми действию ветра. В восточных районах области высокая температура и низкая влажность воздуха наблюдается ранней весной, для этих райо-

нов так же характерно очень быстрое нарастание температур в весенний период, наблюдается и пропорциональное нарастание ветровой эрозии почв.

Особенно активизируется ветровая эрозия в период низких значений относительной влажности. В Белгородской области это наблюдается в основном в мае, когда выпадает наименьшее количество осадков и земли слабо задернованы растениями. Именно весной за счет различий температуры воздуха «восток-запад» происходит не только иссушение почвы, но и понижение относительной влажности воздуха [Фурманова, Хрисанов, 2012].

Рельеф. Ветровая эрозия возникает на любой форме рельефа. Ветер разносит продукты эрозии в различном направлении и даже вверх по склону. Однако степень разрушения почвы зависит от топографии местности. В первую очередь ветровой эрозии подвергаются выпуклые участки поверхности и ветроударные склоны. Такие наклонные поверхности на пути воздушного потока сужают его сечение, что ведет к повышению скорости ветра. При этом, чем круче ветроударный склон, тем больше скорость ветра и сильнее разрушение почвы. На заветренных склонах и в понижениях действие ветра ослаблено, здесь может происходить отложение материала, выдутого с повышенных мест [Петин, 2005].

Микрорельеф также играет определенную роль в развитии ветровой эрозии. Наши наблюдения показывают, что особенно подвержены эрозии поля, например, прикатанные гладкими катками. Скорость ветра непосредственно над гладкой прикатанной поверхностью становится в 2 раза больше, чем над шероховатой, и выдувание почвы резко возрастает.

Механический состав почвы. Наряду с рельефом существенное воздействие на возникновение и развитие ветровой эрозии оказывает механический состав почв. В естественном состоянии выдуванию подвергаются почвы, легкие по механическому составу, – пески и супеси. Тяжелые почвы выдуваются только после их разрыхления распахкой или усиленным выпасом.

Сильному выдуванию подвергаются тяжелые распыленные и бесструктурные почвы однородного механического состава. Слабая противоэрозионная устойчивость этих почв объясняется распыленностью их с поверхности, что препятствует их увлажнению осадками. Даже небольшой ветер при отсутствии растительности легко развеивает сухой слой этих почв.

Ветроустойчивость почв значительно возрастает, если в ней имеются агрегаты и комки диаметром более 2 мм.

Легко подвергаются выдуванию распаханные карбонатные черноземы.

Увеличение содержания карбоната кальция в глинистых мелкопесчаных каштановых почвах до 10% приводит к уменьшению эродированности. Тяжелые по механическому составу и нераспыленные некарбонатные черноземы и каштановые почвы очень слабо подвергаются эрозии, устойчивы против нее также лугово-черноземные и лугово-каштановые почвы.

Очень устойчивы против выдувания солонцеватые почвы и солонцы. При их распашке на поверхность выворачивается уплотненный, обогащенный коллоидами солонцеватый горизонт с большой связностью и высоким объемным весом. Вспашка таких почв получается глыбистой, а сильно шероховатая поверхность уменьшает скорость ветра в приземных слоях.

Ветровая эрозия возникает при сухой или слегка увлажненной почве. Песчаные и супесчаные почвы, обладая значительной рыхлостью, свободно пропускают воду в глубокие слои, почти не удерживая ее в верхних горизонтах, в связи с чем они на поверхности всегда бывают сухими. Достаточно увлажненные почвы труднее выдуваются вследствие повышенной их связности. Поэтому почвы, хорошо удерживающие влагу и легко проводящие ее к поверхности, устойчивы против выдувания. Дефляционная податливость почв так же обусловлена распыленностью и бесструктурностью пахотного слоя. В наибольшей степени подвержены дефляции карбонатные легкосуглинистые, супесчаные и песчаные почвы, особенно весной, когда почвы не покрыты растительностью. Вредное действие ветра возрастает в периоды засух.

Растительный покров. Большое значение для защиты почвы от ветровой эрозии имеет растительность. Она снижает скорость ветра вблизи поверхности почвы и задерживает почвенные частицы, переносимые ветром, а это уменьшает разрушительную силу ветрового потока.

защитное действие сельскохозяйственных культур в разных районах области весьма различно. Оно в значительной степени определяется развитием надземной части и корневой системы растений. Наиболее надежно защищают почву от водной и ветровой эрозии многолетние травы, особенно бобово-злаковые травосмеси.

Бобово-злаковые травосмеси являются мощным средством сокращения процессов ветровой эрозии и восстановления плодородия эродированных почв. Многолетние травы на полях Белгородской области в течение всего года прикрывают почву, обогащают ее органическим веществом, восстанавливают структуру, способствуют коагуляции почвенных частиц, смываемых с вышележащего склона, улучшают водно-физические и биологические свойства почвы.



Густопокровные озимые культуры, высеянные в оптимальные сроки, хорошо защищают почву осенью, весной и летом (до середины июля). При слабом развитии озимых с осени эрозия может быть значительной. Нам это не раз приходилось наблюдать на полях в восточной части области.

Наряду с ветровой эрозией почв на территории Белгородской области наблюдается активизация в целом эоловых процессов по долинам рек. Особенно по долинам рек Оскол, Тихая Сосна, Нежеголь, Ворскла, а также на берегах водохранилищ и пляжных зонах. Эоловые формы рельефа выглядят в форме песчаной ряби, дюн и бугристых песков различных размеров. Интенсивно эоловые процессы также развиты в песчаных карьерах и в районе отвалов горных выработок [Петин, 2013].

Полученные нами количественные данные позволяют сделать вывод о том, что за последние 50 лет значительно активизировались эоловые процессы на территории Белгородской области и в некоторой степени этому способствует и хозяйственная деятельность человека, особенно распашка склонов, пойменных лугов, площадная рубка леса и несоблюдение агротехнических мероприятий.

В настоящее время в целях предотвращения негативных последствий процессов, возникающих при нерациональной организации землепользования, особую роль должно сыграть совершенствование почвозащитной организации территории, основанной на экологических принципах и предусматривающей максимальный учет особенностей природных комплексов (ландшафтов). Разработка новых систем землеустройства, учитывающих особенности природных ландшафтов и многоукладности сельского хозяйства [Петин, Хрисанов, 1999]. Для коллективных хозяйств и других собственников земли нужна принципиально новая, экологически сбалансированная система земледелия, которая позволила бы вначале погасить негативные процессы деградации почв, приводящих к ухудшению экологической обстановки, а затем – увеличить производство сельскохозяйственной продукции. Такая современная научно обоснованная система земледелия в Белгородской области должна удовлетворять следующим требованиям:

- 1) регулярно проводить мониторинг, учитывая местные почвенно-климатические и другие природные условия;
- 2) обеспечивать расширенное воспроизводство плодородия почв, защиту их от водной и ветровой эрозии и других негативных процессов;
- 3) создавать условия для устойчивого развития растениеводства и животноводства.

С целью противодэфляционных мероприятий необходимо осуществлять комплекс агротехнических и лесомелиоративных мероприятий. Так, вспашку почв и посев сельскохозяйственных культур проводить лишь в направлении, перпендикулярном господствующим ветрам. Обработка почв должна быть безотвальной, плоскорезной, в этом случае стерня и пожнивные остатки, оставленные на поверхности при обработке, уменьшают силу ветра, способствуют накоплению влаги. При борьбе с дефляцией эффективны сплошное или полосное оставление стерни на высоком срезе, специальные посевы высокостебельных культур (подсолнечник, кукуруза), создание шероховатой поверхности пашни при обработке и посеве, сохранение послеуборочных остатков. На легких почвах необходимо применять полосное размещение культур, то есть полосы однолетних культур или пара шириной 50–150 м чередуются с полосами многолетних трав, а на почвах, менее податливых эрозии, – буферные полосы шириной 30–50 м из многолетних трав. На дефлированных участках необходимо вводить почвозащитные севообороты, насыщенные многолетними травами и без пропашных, или же отводить их под залужение и лесные насаждения. Не разрешается распашка песков, грядово-бугристых, бугристых и других форм эолового происхождения. Необходимо ограничивать вспашку лугов и вырубку леса.

Районирование эоловых процессов. Анализ природных факторов, интенсивности проявления эоловых процессов, хозяйственной деятельности человека позволили произвести районирование территории Белгородской области по степени дефляции почв (рис.).

А. Западная область занимает площадь около 630 тыс. га и включает черноземы и лесные почвы. Преобладает плакорный тип местности. В результате достаточного увлажнения преобладает водная эрозия. Ветровая эрозия проявляется периодически в основном в начале лета и имеет слабые и средние показатели. Здесь выделяется два района, отличающиеся по степени дефлированности почв: 1 – район слабо дефлированных черноземных почв; 2 – район среднедефлированных черноземных и песчаных почв. На отдельных участках прибрежных зон и обустроенных пляжей в Борисовском, Грайворонском и Ивнянском районах заметно проявляются эоловые процессы в виде песчаных гряд и бугров.

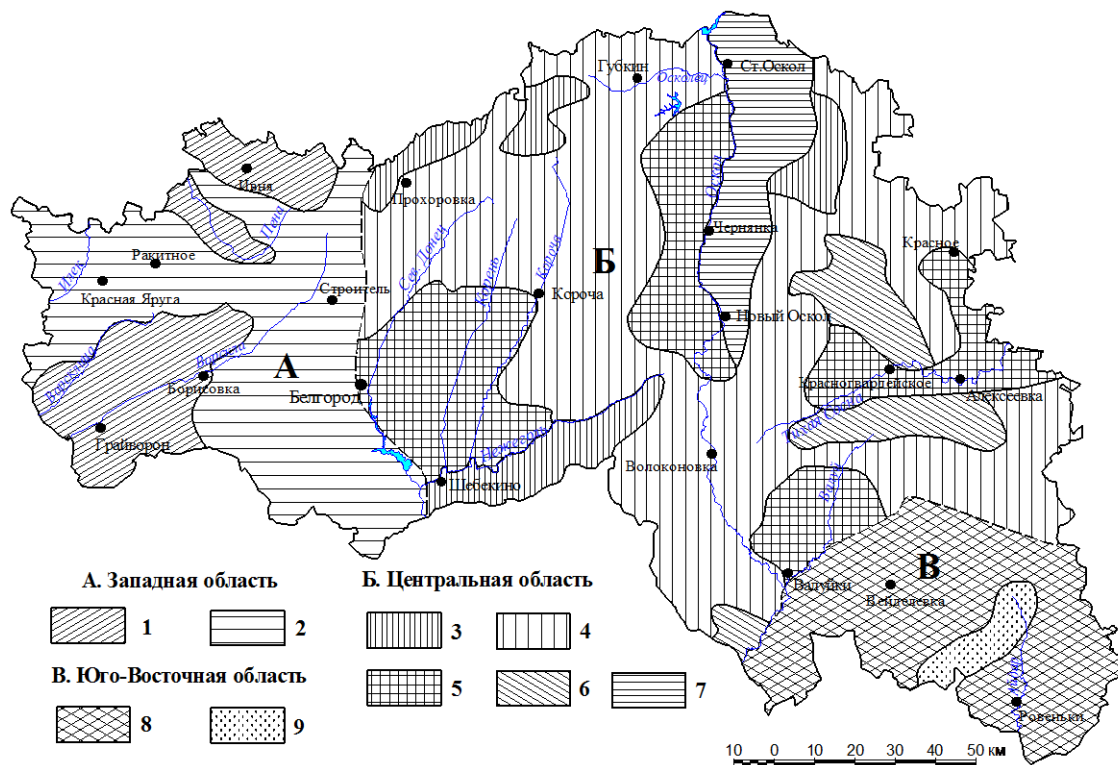


Рис. Карта-схема районирования эоловых процессов на территории Белгородской области
 Fig. Schematic map of zoning aeolian processes in the Belgorod region

Б. Центральная область занимает площадь 1653 тыс. га. В неё входит пять видов агроландшафтов: чернозёмные, карбонатные, лесные, чернозёмно-лесные, супесчаные и песчаные. Здесь широко распространён склоновый тип местности. Водной эрозии подвержено 60% территории. В этой области заметную роль играет и ветровая эрозия. В указанной области можно выделить 5 районов по степени дефляции почв: 3 – слабодефлированные чернозёмно-карбонатные почвы; 4 – слабо и среднедефлированные чернозёмно-карбонатные почвы; 5 – средне и сильнодефлированные чернозёмно-карбонатные почвы; 6 – сильнодефлированные чернозёмно-карбонатные почвы; 7 – весьма сильнодефлированные чернозёмно-лесные супесчаные и песчаные почвы.

На отдельных участках прибрежных зон рек Оскол, Тихая Сосна распространён песчаный рельеф эолового происхождения в виде песчаной ряби, бугров и дюн самых различных размеров. Вдоль железнодорожных насыпей, лесополос и автострад местами наблюдается почвенно-ветровые наносы в виде гряд.

В. Юго-Восточная область занимает 360 тыс. га и включает территории Ровенского, Вейделевского, Валуйского районов, состоит из двух видов агроландшафтов – чернозёмные солонцевато-карбонатно-меловые и чернозёмы обыкновенные разной степени эродированности. Из сопутствующих почв большое распространение получили почвы овражно-балочного комплекса и солонцеватые почвы, представленные пятнами в структурах почвенного покрова. В этой области выделяется два района отличающихся друг от друга по степени дефляции: 7 – среднедефлированные чернозёмные солонцевато-карбонатные почвы; 8 – сильнодефлированные чернозёмные солонцевато-карбонатные почвы.

Таким образом, в результате разнообразного сочетания природных факторов, различных структур почв, климатических факторов наблюдается на территории трёх областей заметные различия по интенсивности ветровой эрозии.

Прогнозирование. Что касается дальнейшего хода развития эоловых процессов на территории Белгородской области необходимо отметить то, что в дальнейшем, в связи с глобальным потеплением климата, с увеличением числа дней в году с относительной влажностью не более 30% ветровая эрозия почв и в целом эоловые процессы будут усиливаться. Их усиление будет происходить и в результате активизации антропогенных процессов. Поэтому при проведении агротехнических мероприятий необходимо все эти моменты учитывать и подходить к разработке мер борьбы с дефляцией почв комплексно.



Выводы

1. На территории Белгородской области эоловые процессы проявляются практически повсеместно, но с различной интенсивностью, в зависимости от сочетания природных факторов.

2. Наиболее интенсивно дефляция проявляется в центральной и юго-восточной частях области, что связано со структурой почв и засушливостью климата, сильными ветрами.

3. Ветровая эрозия почв (дефляция) как процесс выдувания и переноса ветром мелких сухих частиц почвы и подстилающих ее пород приводит к снижению плодородия земли и даже к полному уничтожению почвенного покрова. Развиваясь на сухих почвах с большим содержанием песчаных и пылеватых частиц, эрозия при сильных ветрах вызывает пыльные бури. Нередко эти бури принимают такие размеры, что массы частиц почвы переносятся воздушными потоками на десятки километров.

4. Эоловые формы рельефа – дюны, песчаные бугры, песчаная рябь образуются в основном в прибрежных зонах крупных рек незакрепленных растительностью. Дюны в основном обращены навстречу ветру, а выпуклый, узкий и крутой склон, располагается с подветренной стороны. Эти формы рельефа хорошо выражены по долине р. Ворскла и пляжной зоне Борисовского района.

5. Увлажнение почвы атмосферными осадками, особенно в западной области увеличивает ее противодефляционную стойкость и, как правило, снижает степень проявления ветровой эрозии. В то же время при достаточно сильном и сухом ветре противодефляционная стойкость почвы в результате иссушения довольно быстро уменьшается до величины, достаточной для возникновения ветровой эрозии.

6. Заметное влияние на дефляционную стойкость почвы оказывает и температурный режим. Чередование положительных и отрицательных температур в течение суток сопровождается промерзанием и оттаиванием поверхностного слоя почвы, при влажном ее состоянии происходит существенное уменьшение ее противодефляционной стойкости.

7. На почвах, подверженных дефляции, посевные площади под многолетними травами целесообразно доводить до 50% и более. На этих участках необходимо также проводить узкорядные и перекрестные посева, так как равномерное распределение растений по площади обеспечивают надежную защиту почвы от ветровой эрозии. В борьбе с дефляцией существенную роль играют кулисы из высокостебельных растений (подсолнечника, горчицы, кукурузы). Ветровая эрозия ослабляется также при мульчировании почв.

8. Важным средством защиты почвы от ветровой эрозии служит плоскорезная обработка с сохранением на поверхности поля около 70-80% стерни. Стерня защищает почву от ветровой эрозии, в зимнее время задерживает снег на полях, который защищает почву от ветровой эрозии.

Список литературы References

1. Петин А.Н., Хрисанов В.А. 1999. Техногенный морфогенез территории Белгородской области. В кн.: Белгородская область вчера сегодня (к 45-летию образования области). Материалы региональной научно-практической конференции в 2 т. Т. 2. Белгород: 72–73.

Petin A.N., Hrisanov V.A. 1999. The technogenic morphogenesis in Belgorod region. In: Belgorodskaja oblast' vchera segodnja (k 45-letiju obrazovanija oblasti). Materialy regional'noj nauchno-prakticheskoj konferencii v 2 t [Belgorod region yesterday today (to the 45 anniversary of the formation area). Materials of regional scientific-practical conference in 2 vol. Vol. 2]. Belgorod: 72–73. (in Russian).

2. Петин А.Н. 2005. Экзогенные геологические процессы. В кн.: Атлас Белгородской области. Природные ресурсы и экологическое состояние. Белгород: 32–33.

Petin A.N. 2005. Exogenous geological processes. In: Atlas Belgorodskoj oblasti. Prirodnye resursy i jekologicheskoe sostojanie [Atlas of the Belgorod region. Natural resources and ecological status]. Belgorod: 32–33. (in Russian).

3. Петин А.Н. 2013. Экзогенные процессы рельефообразования равнинных территорий (на примере Белгородской области). Белгород, КОНСТАНТА, 148.

Petin A.N. 2013. Jekzogenne processy rel'efobrazovanija ravninnyh territorij (na primere Belgorodskoj oblasti) [Exogenic processes of relief formation lowland areas (for example, the Belgorod region)]. Belgorod, KONSTANTA, 148. (in Russian).

4. Фурманова Т.Н., Хрисанов В.А. 2012. Геоэкологическая оценка воздействия добычи нерудных полезных ископаемых на окружающую среду (на примере Белгородской области). В кн.: Антропогенная геоморфология: наука и практика. Материалы XXXII Пленума Геоморфологической Комиссии РАН (г. Белгород, 25–29 сентября 2012 г.). М., Белгород, ИД «Белгород»: 368–370.

Furmanova T.N., Hrisanov V.A. 2012. Geocological assessment of the impact of industrial minerals mining on the environment (for example, the Belgorod region). In: Antropogennaja geomorfologija: nauka i

praktika. Materialy XXXII Plenuma Geomorfologicheskoy Komissii RAN [Anthropogenic Geomorphology: Science and Practice. Materials XXXII Plenum Geomorphological Commission RAS (Belgorod, 25–29 September 2012)]. М., Belgorod, ID “Belgorod”: 368–370. (in Russian).

5. Хрисанов В.А. 2000. Использование результатов геоморфологических исследований при гео-экологической оценке территории ЦЧО и сопредельных районов. В кн.: Проблемы экологической геоморфологии. Белгород, Изд-во БелГУ: 76–77.

Hrisanov V.A. 2000. Using the results of geomorphological studies with geo-ecological assessment of the territory of Central Black Earth region and adjacent areas. In: Problemy jekologicheskoy geomorfologii [Problems of ecological geomorphology]. Belgorod, Izd-vo BelGU: 76–77. (in Russian).

6. Хрисанов В.А., Бахаева Е.А. 2011. Современные геоморфологические процессы на территории Белгородской области и их антропогенная активизация. Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки, 16 (15): 209–215.

Hrisanov V.A., Bahaeva E.A. 2011. Modern geomorphological processes in the Belgorod region and activation of anthropogenic. Nauchnye vedomosti BelGU. Serija: Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 16 (15): 209–215. (in Russian).

7. Хрисанов В.А., Михайликов В.Л. 2012. О мерах по обеспечению экологической безопасности Белгородской области. Проблемы правоохранительной деятельности. Международный научно-теоретический журнал, (1): 38–44.

Hrisanov V.A., Mihajlikov V.L. 2012. On measures to ensure environmental safety of the Belgorod region. Problemy pravoohranitel'noj dejatel'nosti [Problems of law-enforcement activity], (1): 38–44. (in Russian).



УДК 622.026.5:550.8.012

**РАЙОНИРОВАНИЕ КАРЬЕРНОГО ПОЛЯ ПО ВЗРЫВАЕМОСТИ
ГОРНЫХ ПОРОД (НА ПРИМЕРЕ РУДНИКА «ЖЕЛЕЗНЫЙ»
ОАО «КОВДОРСКИЙ ГОК»)**

**METHODS OF ZONING OF QUARRY FIELD IN EXPLOSIVENESS OF ROCKS
(ON EXAMPLE MINE «ZHELEZNY» OF OJSC «KOVODORSKY GOK»)**

**А.Н. Овсянников¹, И.М. Игнатенко², В.А. Дунаев²
A.N. Ovsyannikov¹, I.M. Ignatenko², V.A. Dunayev²**

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85

² ОАО «ВИОГЕМ», Россия, 308007, г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, 86

¹ Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

² OJSC «VIOGEM», 86 B. Khmelnytsky av, Belgorod, 308007, Russia

E-mail: Owshome@yandex.ru

Ключевые слова: карьер, взрываемость горных пород, районирование, методика, компьютерная технология, интерактивная карта.

Key words: quarry, explosiveness of rocks, zoning, methods, computer technology, interactive map.

Аннотация. Изложена разработанная авторами и апробированная в условиях рудника «Железный» Ковдорского ГОКа методика районирования карьерного поля по взрываемости горных пород, основанная на применении современных технических средств и дистанционных способов фиксации первичной информации, компьютерных технологий её обработки на базе ГИС ГЕОМИКС (ВИОГЕМ). Конечный продукт реализации данной методики – интерактивная карта взрываемости пород карьерного поля, применение которой позволяет автоматизировать процесс проектирования буровзрывных работ.

Resume. Authors' methods of zoning of quarry field for explosiveness of rocks was set out. It was tested in conditions of mine «Zhelezny» of OJSC «Kovdorsky GOK». The methods are based on the use of modern technology and remote methods of fixation of primary information, computer technologies of its processing based on GIS GEOMIKS (OJSC «VIOGEM»). The final product implementation of this technique – interactive map of explosiveness of rocks in quarry field. It automates the process of planning drilling and blasting works.

Введение

Основная часть (не менее 70%) минерального сырья в мире добывается открытым способом с применением буровзрывного разрушения горных пород (здесь и далее под горными породами, как объектами взрывного разрушения, понимаются, в том числе, руды), которое является наиболее дорогостоящей процедурой в комплексе работ по добыче полезного ископаемого. Отсюда следует важность достоверной геометризации (карты) карьерного поля эксплуатируемого месторождения по взрываемости горных пород как основы для проектирования буровзрывных работ.

Предлагаемая методика районирования карьерного поля по взрываемости горных пород (рис. 1) разработана и апробирована на примере карьера рудника «Железный» ОАО «Ковдорский ГОК», эксплуатирующего Ковдорское апатит-магнетитовое месторождение в Мурманской области. При этом авторы руководствовались следующими основными положениями:

- комплексность натуральных исследований, гарантирующая получение всей необходимой (геолого-структурной и инженерно-геологической) первичной информации;
- безопасность геолого-структурных исследований (обеспечивается применением дистанционных методов фиксации информации);
- оперативная компьютерная обработка информации (достигается использованием многофункциональной горно-геологической ГИС ГЕОМИКС, разработанной институтом ВИОГЕМ).

Получение первичной координатно привязанной информации, необходимой для реализации последующих процедур (см. рис. 1), достигается проведением фотогеологической документации уступов карьера и видеометрических исследований стенок скважин (эксплуатационно-разведочных и инженерно-геологических) с отбором образцов, а также монолитов для физико-механических испытаний. Суть фотогеологической документации уступов карьера заключается в следующем. Маршрут (документируемый участок по простиранию уступа) трассируется по нижней бровке уступа пикетами (металлическими кольшками с бирками, на кото-

рых указано расстояние от начала маршрута), расположенными через 20 м друг от друга. Фото-съемка уступа выполняется обычно с противоположного борта карьера, а при отсутствии такой возможности – с бермы уступа (в том случае, если ее ширина не менее 15 м).

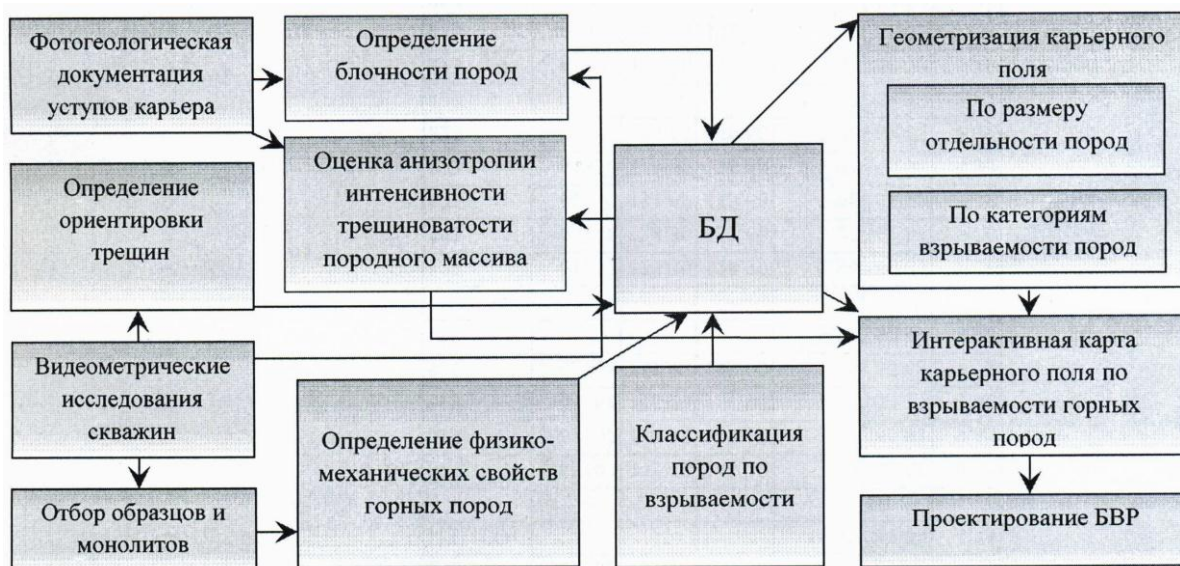


Рис. 1. Принципиальная блок-схема районирования карьерного поля по взрываемости горных пород

Fig. 1. Schematic block diagram of zoning career field for explosive rock

Для устранения искажений, связанных с фотографированием неровной поверхности стенки откоса, тахеометром или лазерным сканером снимают характерные точки на нижней и верхней бровках уступа, соответствующие началу и концу 20-метрового интервала. Далее по результатам выполненной съемки строится трехмерная поверхность стенки откоса, которая с помощью перспективных преобразований трансформируется в двухмерную (плоскую). Затем плоская поверхность совмещается с фотоснимком по координатам отснятых точек. Снимок «растягивается» по плоскости, в результате чего устраняются перспективные искажения, полученные при фотографировании неровной поверхности откоса.

Фотогеологическая документация уступов карьера проводится с использованием планшетного компьютера. Вначале для каждого 20-метрового интервала маршрута осуществляется подготовка страниц полевого журнала, основным элементом которых является масштабированный и преобразованный фотоснимок откоса уступа в заданном интервале (рис. 2). Далее вместо традиционной зарисовки выполняют дешифрирование фотоснимка с выделением различным цветом и типом линий элементов геологического строения документируемого интервала.

Измерения азимутально-угловых параметров трещин, создающих блочную структуру породного массива, в откосах рабочих уступов, для которых обычно характерно наличие обнаженных плоскостей (стенок трещин) выполняется дистанционно. Высокоточным тахеометром или лазерным сканером в безотражательном режиме производят съемку нескольких (не менее 3) точек на плоскости. Угловые и линейные параметры съемки точек трансформируются в их координаты (x, y, z) . Затем с помощью функциональных возможностей ГИС ГЕОМИКС по полученным координатам плоскости определяются ее азимут и угол падения [Дунаев и др., 2011]. На участках «гладкого» откоса ориентировку трещин устанавливают путем непосредственного измерения их азимута и угла падения гироскопическим трещиномером конструкции ВЮГЕМ.

Оценка блочности породного массива в каждом 20-метровом интервале осуществляется по обработанному фотоснимку откоса уступа двумя способами в зависимости от характера проявления блокообразующей трещиноватости в данном интервале. Если она выражена четко проявленными системами трещин, то на странице полевого журнала трещины каждой системы фиксируются линиями различного цвета. С помощью функций ГИС ГЕОМИКС по перпендикуляру между трещинами каждой системы измеряют искомые расстояния. Далее дается оценка анизотропии интенсивности трещиноватости породного массива. Она основана на тензорно-вероятностной модели такой анизотропии в плоском (горизонтальном) варианте [Редькин, 2007], наиболее соответствующем открытому способу разработки месторождений.

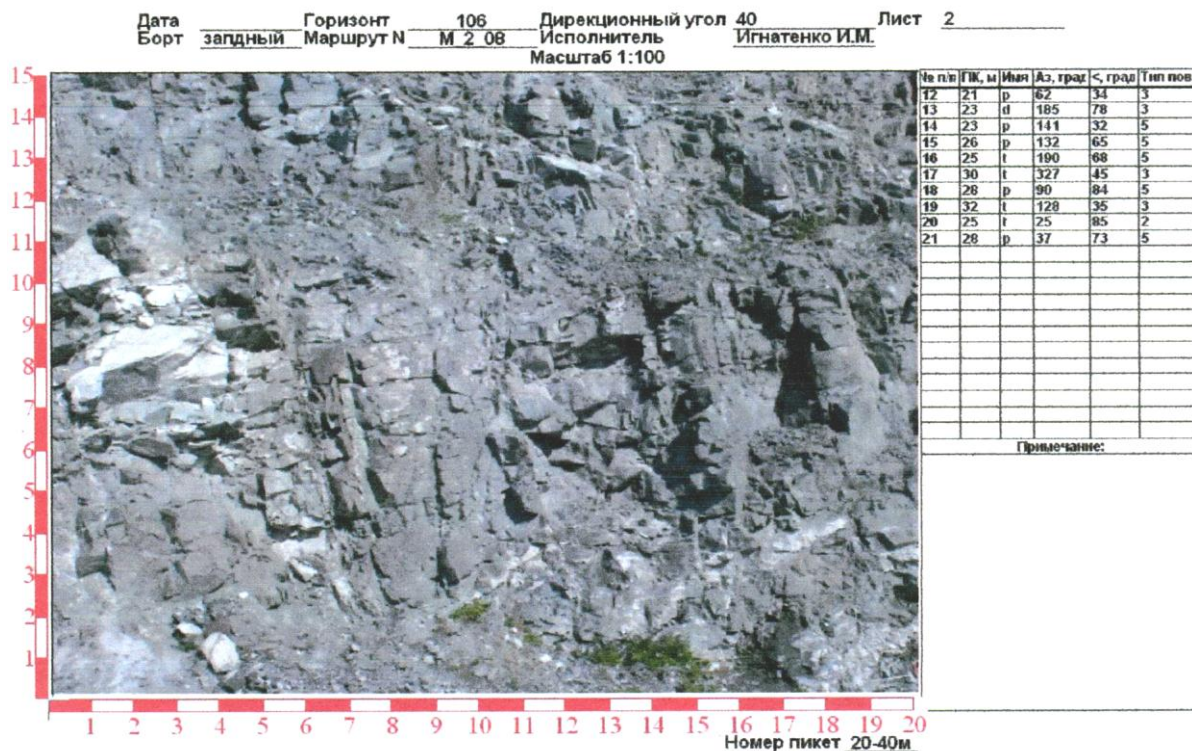


Рис. 2. Страница полевого журнала
 Fig. 2. Page of field book

Если системность трещиноватости выражена нечетко или практически отсутствует, то после векторизации контуров отдельностей пород на фотоснимке (рис. 3) линейным способом [Барон, 1960], реализованным в программном модуле CountorAnalyzer ГИС ГЕОМИКС, оценивается распределение отдельностей различного размера в исследуемом участке породного массива.



Рис. 3. Фотоснимок участка откоса уступа после векторизации
 Fig. 3. Photograph of a section of the slope of the ledge after vectorization

Сравнительный анализ данных ручного и дистанционного измерения блочности пород в откосах уступов двух участков карьера рудника «Железный» Ковдорского ГОКа показал их хорошую сходимость (коэффициент корреляции 0.97; 0.92) (рис. 4).

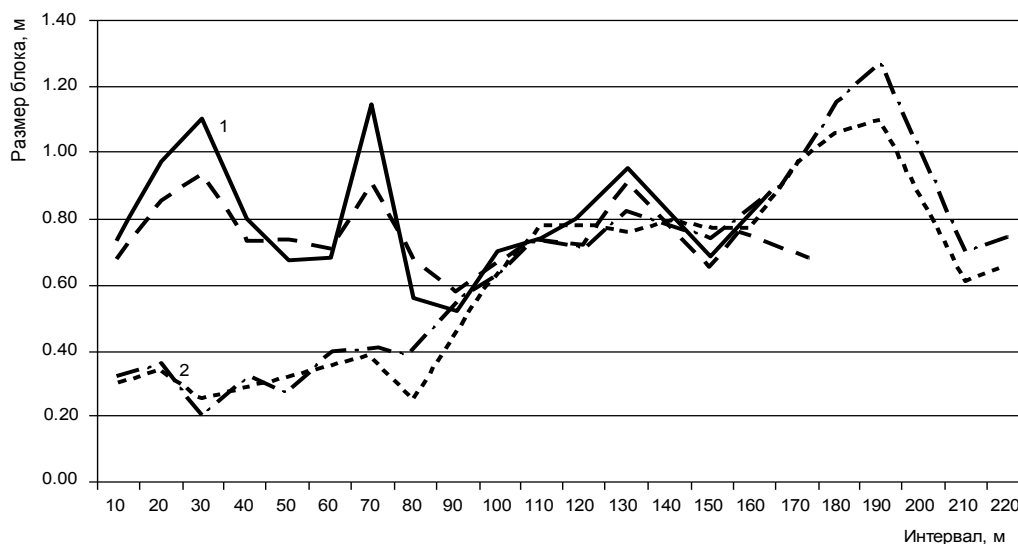


Рис. 4. Графики распределения среднего размера отдельности пород на участках карьера MB1_12_-35 (1) и MB3_12_-65 (2) по данным ручных измерений (сплошная линия) и дистанционных (пунктирная линия)

Fig. 4. Distribution graphs of the average size of individual rocks at quarry sites MV1_12_-35 (1) and MV3_12_-65 (2) according to the manual measurements (solid line) and distance (dashed line)

Наряду с откосами уступов карьера важным объектом изучения с целью получения исходной информации, необходимой для районирования карьерного поля по взрываемости слагающих его горных пород, являются эксплуатационно-разведочные и инженерно-геологические скважины колонкового бурения. Видеомерметрические исследования стенок таких скважин позволяют установить позицию и ориентировку блокообразующих трещин, оценить размеры элементарных блоков горных пород.

В карьере рудника «Железный» такие исследования проведены с использованием аппаратуры и методики, разработанными институтом ВИОГЕМ [Серый, 2009]. Уточнение блочности породного массива по стволу скважины с учетом петрографического типа пород осуществлялось по данным фотогеологической документации керна. Образцы керна различных петрографических типов пород и категорий их блочности использовались в качестве монолитов для физико-механических испытаний (оценки предела прочности при сжатии).

Вся первичная координатно привязанная информация, необходимая для районирования карьерного поля по взрываемости горных пород, концентрируется в базе данных (см. рис. 1), с использованием которой реализуются последующие этапы методики такого районирования. Прежде всего, на маркшейдерском плане карьера осуществляется его геометризация по блочности горных пород. Для этого по каждому 20-ти метровому интервалу пройденных маршрутов рассчитывается средний размер отдельности горных пород, а затем в соответствии с критериальными значениями размера отдельности для различных категорий блочности [Межведомственная комиссия ..., 1968] в электронной базе данных каждому интервалу автоматически присваивалась категория блочности.

Оконтуривание участков пород различной блочности проводится путем увязки границ интервалов одной категории блочности между смежными задокументированными уступами с учетом данных по исследованным скважинам. По относительной доле площади карьерного поля рудника «Железный», занимаемой породами той или иной категории блочности, явно преобладают (47%) крупноблочные породы III категории, представленные главным образом ийолитами, пироксенитами и апатит-форстерит-магнетитовыми рудами. Затем идут среднеблочные породы II категории (29%), преимущественно ийолиты, фениты и пироксениты. Весьма крупноблочные породы IV категории (19%) и исключительно крупноблочные V категории (5%) представлены, как правило, пироксенитами, апатит-форстерит-магнетитовыми рудами и ийолитами.

Далее в соответствии с принятой на Ковдорском ГОКе классификацией пород по взрываемости, учитывающей их блочность и крепость, каждому 20-ти метровому интервалу марш-

рутов по запросу к базе данных автоматически присваивается своя категория взрываемости пород. Путем последовательного соединения на визуализированном плане карьера границ указанных интервалов, представленных одной категорией, достигается геометризация карьерного поля по взрываемости горных пород (рис. 5).

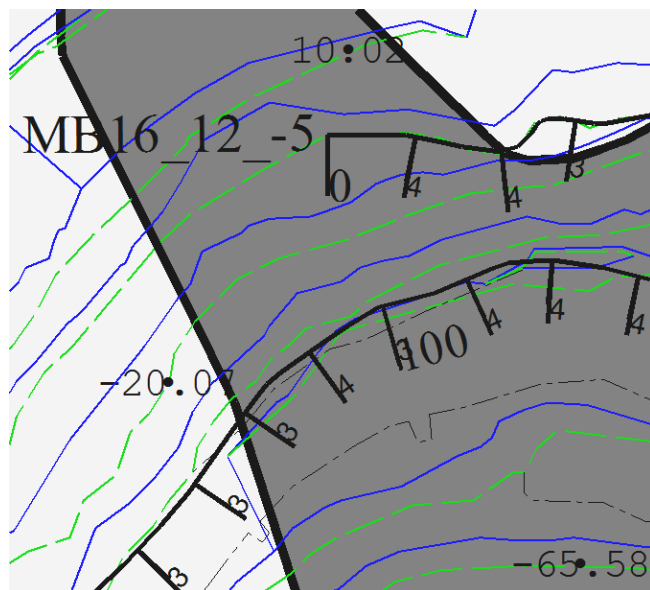


Рис. 5. Схема районирования карьера рудника «Железный» по взрываемости горных пород: 1 – интервал маршрута с указанием категории взрываемости пород; 2, 3 – породы различных категорий взрываемости

Fig. 5. Zoning scheme quarry mine “Zhelezny” by explosion rocks: 1 – the interval of the route with the type of explosive rocks; 2, 3 – explosion rocks of different categories

Заключительным этапом разработанной авторами методики является создание интерактивной карты взрываемости горных пород. Для этого в базу данных контуров схемы районирования карьерного поля по взрываемости вносятся значения крепости и размера отдельности пород по каждому контуру. Тогда чтобы получить схему размещения в пределах запроектированного блока участков пород различной категории взрываемости достаточно подгрузить в отдельный ее слой контур соответствующего взрывного блока. При этом на экран автоматически выводится вся необходимая для проектирования взрыва информация: петрографический тип пород, значения их блочности и крепости, удельный расход ВВ, параметры сети взрывных скважин (рис. 6).

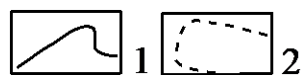


Рис. 6. Фрагмент интерактивной карты взрываемости: 1 – границы категорий взрываемости пород; 2 – контур взрывного блока

Fig. 6. Fragment of an interactive map explosion: 1 – boundaries of categories Explosion rocks; 2 – circuit blasting unit

Положительные результаты апробации разработанной авторами методики районирования карьерного поля по взрываемости горных пород на руднике «Железный» Ковдорского ГОКа свидетельствуют о том, что в адаптированном к конкретным условиям варианте она может быть использована на любом горном предприятии, осуществляющем открытую добычу минерального сырья в массиве скальных пород. В заключение отметим, что создание интерактивной карты взрываемости горных пород карьерного поля является первым шагом к переходу на автоматический режим формирования всей документации проекта массового взрыва блока в строгом соответствии с принятой на горном предприятии технологической инструкцией по организации и ведению взрывных работ в карьере.

Список литературы References

1. Барон Л.И. 1960. Кусковатость и методы ее измерения. М., Изд-во АН СССР, 123.
Baron L.I. 1960. Kuskovatost' i metody ee izmerenija [Lumpiness and methods of measurement]. Moscow, Izd-vo AN SSSR, 123.
2. Дунаев В.А., Олейник О.В., Игнатенко И.М., Яницкий Е.Б. 2011. Дистанционное определение элементов залегания трещин при натурном изучении деформаций уступов карьеров. Известия ТулГУ. Серия: Науки о земле, 1: 107–112.
Dunaev V.A., Olejnik O.V., Ignatenko I.M., Janickij E.B. 2011. Remote definition of dip cracks during full-scale study of the deformation Bench. Izvestija TulGU. Serija: Nauki o zemle, 1: 107–112.
3. Межведомственная комиссия по взрывному делу. 1968. Временная классификация горных пород по степени трещиноватости в массиве. Информационный выпуск №199. М., ИГД, 30.
Mezhvedomstvennaja komissija po vzryvnomu delu. 1968. Temporary classification of rocks in the degree of fracture in the array. Newscast №199. Moscow, IGD, 30.
4. Редькин Г.М. 2007. Нестационарное анизотропное математическое моделирование неоднородностей систем минерального сырья. М., Изд-во Ассоциации строительных вузов, 500.
Red'kin G.M. 2007. Nestacionarnoe anizotropnoe matematicheskoe modelirovanie neodnorodnostej sistem mineral'nogo syr'ja [Unsteady anisotropic mathematical modeling of inhomogeneous systems of mineral resources]. Moscow, Izd-vo Associacii stroitel'nyh vuzov, 500.
5. Серый С.С., Кожуховский А.В., Яницкий Е.Б., Дунаев А.В. 2009. Опыт применения скважинной видеометрии для изучения структуры массива скальных пород. Маркшейдерия и недропользование, (3): 52–55.
Seryj S.S., Kozhuhovskij A.V., Janickij E.B., Dunaev A.V. 2009. Experience of using downhole telemetry to study the structure of the array of rock. Markshejderija i nedropol'zovanie [Mine surveying and subsurface use], (3): 52–55.



УДК 622.83

ОЦЕНКА СКЛОННОСТИ МАССИВА ПОРОД НА КМА К ГОРНЫМ УДАРАМ ASSESSMENT OF ROCK MASS ADDICTION TO KMA TO ROCK BURSTS

**С.В. Сергеев¹, И.В. Синица², В.Ф. Карякин³
S.V. Sergeev¹, I.V. Sinitza², V.F. Karyakin³**

¹ Белгородский государственный университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

² ОАО «ВИОГЕМ», Россия, 308007, г. Белгород, ул. Б. Хмельницкого, 86

³ Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

¹ Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, 308015, Belgorod, Russia,

² ОАО "VIOGEM", 86 B. Khmelniisky St, Belgorod, 308007, Russia

³ V.G. Shukhov Belgorod State Technological University
46 Kostyukov St, Belgorod, 308012, Russia

E-mail: Sergeev@bsu.edu.ru

Ключевые слова: массив пород, деформации, напряжения, метод щелевой разгрузки.

Key words: rock mass, deformation, stress, method of discharge slit.

Аннотация. Изложена методика оценки склонности пород к горным ударам на месторождениях КМА. Приведены результаты измерения вертикальных и горизонтальных напряжений в кварцитах Михайловского месторождения в выработках дренажной шахты ГОКа. Измерения проводились методом щелевой разгрузки и методом определения напряжений на больших базах. Исследованиями установлено, что напряжения в массиве не превышают предельно-допускаемых. Поэтому массив пород в районе выработок дренажной шахты не относится к склонным к горным ударам.

Resume. The technique estimates the propensity to rock bursts in the fields of KMA. The results of measurements of the vertical and horizontal stresses in the quartzites of Mikhailovsky deposit in the workings of the mine drainage GOK. The measurements were performed by a slit discharge and method for determining stress on large databases. Research has shown that the stresses in the array does not exceed the maximum allowed. Therefore, an array of rocks in the workings of the mine drainage does not belong to prone to rock bursts.

Введение

В связи с увеличением глубины разработки железных руд на КМА до 500 м возникла необходимость оценки склонности массива пород и руд к горным ударам. Такие явления возникают в зонах литологических разновидностей пород, на участках складчатого залегания массива и местах сопряжений горных выработок. На КМА еще в 70-х годах прошлого века было установлено наличие горизонтальных тектонических напряжений в кварцитах шахты им. Губкина на глубинах 350 м [Казикаев, 1983].

Лабораторией горного давления и сдвижения горных пород ОАО «ВИОГЕМ» проведены измерения напряжений в кварцитах, на основе которых, выполнена оценка склонности их к горным ударам. Исследования проведены согласно [Федеральная служба ..., 2013, 2014].

Методы исследований

Для определений напряжений в массиве нами применялся метод щелевой разгрузки, который относится к геомеханическим методам. Этот метод применяется в крепких, упругих, слабо-трещиноватых породах и рудах, когда вблизи контура выработки не образуется зона неупругих деформаций. С помощью метода щелевой разгрузки определяют напряжения в борту подготовительной выработки: вертикальные (σ_v), действующие вдоль контура выработки, и горизонтальные (σ_h) действующие вдоль оси выработки.

Метод щелевой разгрузки основан на измерении деформаций массива, возникающих при создании в нем полости в виде щели продолговатой формы. Измерения абсолютных деформаций производились механическим тензометром конструкции ЦНИИС, с точностью до 0.01 мм. Схемы определений деформаций приведены на рисунке 1.

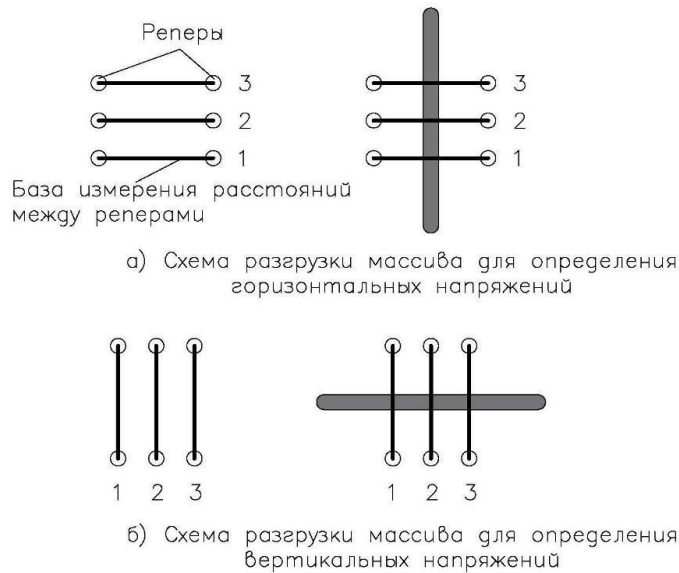


Рис. 1. Схемы расположения маяков для щелевой разгрузки
 Fig. 1. Layout beacons to discharge slit

Расчет напряжений σ по измеренным на контуре выработки деформациям, выполняется по формуле [Влох, 1994]:

$$\sigma = \frac{\Delta L E \pi}{8R - L\pi(1 - k_1 + vk_2)}, \quad (1)$$

где ΔL – сближение реперов после образования разгрузочной щели на базе измерения деформаций L (расстояние между реперами), см; E – модуль упругости, МПа; v – коэффициент Пуассона; R – радиус щели, см; k_1, k_2 – коэффициенты концентрации напряжений в направлении перпендикулярно и параллельно щели.

При невозможности выполнения щелевой разгрузки из-за слоистости или трещиноватости массива применяется метод разгрузки массива на больших базах. При этом закладка реперов для измерения величины конвергенции осуществлялась в период обустройства забоя выработки. Для этого по линии сопряжения стенки с забоем бурились 3 шпура диаметром 40 мм глубиной 1 м под углом 45° к стенке выработки, в них закреплялись круглые металлические анкера соответствующей длины и диаметра (рис. 2).

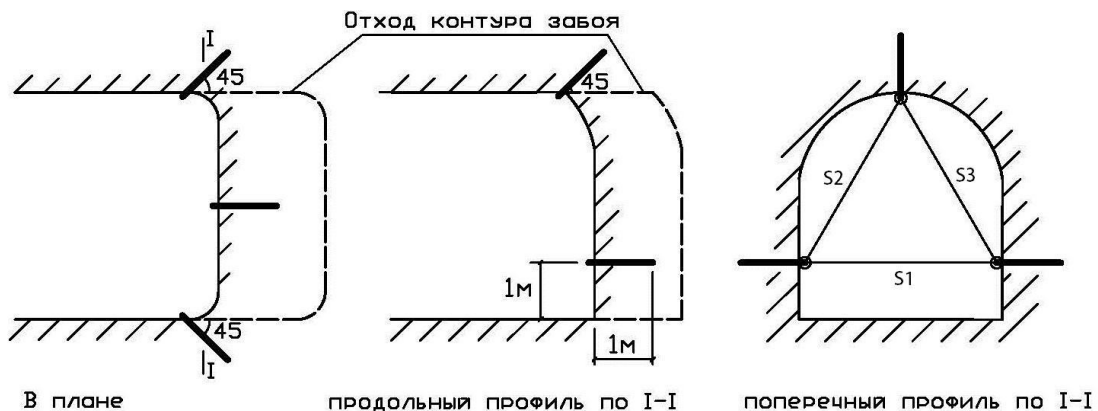


Рис. 2. Схема измерения деформаций на больших базах
 Fig. 2. Scheme for measuring deformations in large databases

Первый цикл измерения расстояний между реперами $H_1 = (S_1; S_2; S_3)$. Второй цикл измерений $H_2 = (S_1'; S_2'; S_3')$ производился после взрыва и уборки скопления горной породы. По разностям величины $H_1 - H_2$ были определены величины конвергенции стенок выработки ($\Delta S_1; \Delta S_2; \Delta S_3$). Измерения выполнялись несколько раз в процессе отхода забоя на расстояние 2-х диаметров выработки от замерной станции.

Расчет напряжений по измеряемым деформациям на большой базе выполнялись по формулам [Казикаев, 1983]:

для максимальных напряжений:

$$\sigma_{\max} = E \cdot \left[\frac{(\varepsilon_{S_1}^0 + \varepsilon_{S_{21}}^0 + \varepsilon_{S_3}^0)}{3(1-\mu)} + \frac{1}{1+\mu} \sqrt{\left(\varepsilon_{S_3}^0 - \frac{\varepsilon_{S_1}^0 + \varepsilon_{S_{21}}^0 + \varepsilon_{S_3}^0}{3} \right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_{S_1}^0 - \varepsilon_{S_2}^0}{\sqrt{3}} \right)^2} \right]; \quad (2)$$

для минимальных напряжений:

$$\sigma_{\min} = E \cdot \left[\frac{(\varepsilon_{S_1}^0 + \varepsilon_{S_{21}}^0 + \varepsilon_{S_3}^0)}{3(1-\mu)} - \frac{1}{1+\mu} \sqrt{\left(\varepsilon_{S_3}^0 - \frac{\varepsilon_{S_1}^0 + \varepsilon_{S_{21}}^0 + \varepsilon_{S_3}^0}{3} \right)^2 + \left(\frac{\varepsilon_{S_1}^0 - \varepsilon_{S_2}^0}{\sqrt{3}} \right)^2} \right]; \quad (3)$$

где: $\varepsilon_{S_1}^0$, $\varepsilon_{S_{21}}^0$, $\varepsilon_{S_3}^0$ – относительные деформации разгрузки массива по профилям S_1 ; S_2 ; S_3 .

Результаты исследований

Определение напряжений методом щелевой разгрузки проводилось в околоствольной выработке наклонного ствола на горизонте – 225 м. Здесь на стенках выработки были выбраны участки с ровной поверхностью и были установлены репера для измерения горизонтальных и вертикальных деформаций (рис. 3, 4).

По результатам проведенных наблюдений получены следующие результаты: горизонтальные деформации разгрузки в среднем составили – 0.20 мм, а вертикальная в среднем – 0.76 мм.

Расчеты вертикальных и горизонтальных напряжений выполнялись по [Казикаев, 1983], при следующих исходных данных:

- 1) абсолютные деформации: $\Delta L = 0.02$ см (горизонтальные); $\Delta L = 0.076$ см (вертикальные);
- 2) модуль упругости: $E = 83700$ МПа, коэффициента Пуассона $\mu = 0.23$ (по данным ВАОГЕМ);



Рис. 3. Измерение горизонтальных деформаций механическим тензотроном после разгрузки массива

Fig. 3. Measurement of mechanical strain gauge horizontal deformation after unloading array



Рис. 4. Общий вид горизонтальной щели для определения вертикальной деформации разгрузки

Fig. 4. A general view of a horizontal slit to determine the vertical deformation of discharge

3) геометрические параметры необходимые для расчета R=30 см; L=30 см;

4) коэффициенты учитывающие концентрацию напряжения в массиве, согласно [Влох, 1994]: $k_1=0$, $k_2=0.1$.

Расчет горизонтальных напряжений в стенке выработки:

$$\sigma_{\Gamma} = \frac{0.020 * 83700 * 3.14}{8 * 30 - 30 * 3.14(1 - 0 + 0.23 * 0.1)} = 34.8 \text{ МПа}$$

Расчет вертикальных напряжений в стенке выработки:

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{0.076 * 83700 * 3.14}{8 * 30 - 30 * 3.14(1 - 0 + 0.23 * 0.1)} = 132.4 \text{ МПа}$$

Анализ результатов показывает, что максимальное значение напряжений имеет направление близкое к вертикальной оси выработки. То есть вертикальные и горизонтальные напряжения являются главными.

Полученные значения напряжений меньше чем предел прочности на сжатие: $\sigma = 186 \text{ МПа}$ для железистых кварцитов. Определим отношение горизонтальных и вертикальных напряжений к пределу прочности на сжатие.

$$\sigma_{\text{гор}} / \sigma_{\text{сж}} = \frac{355 \text{ кгс/см}^2}{1860 \text{ кгс/см}^2} = 0.19;$$

$$\sigma_{\text{вер}} / \sigma_{\text{сж}} = \frac{1350 \text{ кгс/см}^2}{1860 \text{ кгс/см}^2} = 0.73;$$

Это соотношение не превышает значения 0.8, что, свидетельствует об отсутствии склонности пород на исследуемом участке к горным ударам.

Определение напряжений массива по измеренным деформациям на больших базах проводилось в забое выработки отстойника №2. Здесь массив пород характеризуется слоистым залеганием, при котором метод щелевой разгрузки применить невозможно. Для измерений на контуре забоя по треугольной сетке были установлены три репера из стальных стержней диаметром 36 мм и длиной 0.9 м. Схема расположения реперов показана на рис. 5.

Измерение расстояния на базах между реперами выполнялось маркшейдерами дренажной шахты с помощью электронного тахометра и маркшейдерской рулетки.

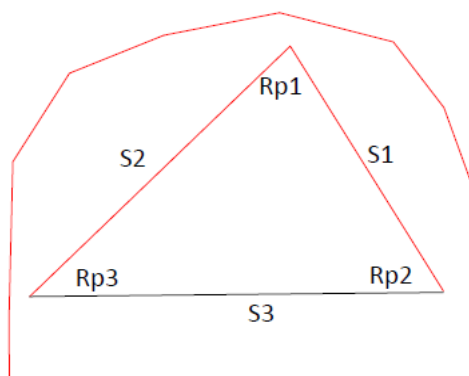


Рис. 5. Схема расположения реперов в забое выработки
Fig. 5. Layout of frames in the working face

Расстояние между реперами до взрыва: $S_1=2.447$ м; $S_2=2.972$ м; $S_3=3.209$ м.

По измеренным значениям абсолютных деформаций $\Delta S_1=0.003$ м; $\Delta S_2=0.002$ м; $\Delta S_3=0.001$ м, определены соответствующие им относительные деформации массива после разгрузки на большой базе.

$$\varepsilon_{S_1}^0 = \frac{\Delta S_1}{S_1} = \frac{0.003}{2.447} = 0.00123$$

$$\varepsilon_{S_2}^0 = \frac{\Delta S_2}{S_2} = \frac{0.002}{2.972} = 0.00067$$

$$\varepsilon_{S_3}^0 = \frac{\Delta S_3}{S_3} = \frac{0.001}{3.209} = 0.00031$$

Определение основных компонентов напряжений по измеренным деформациям выполнялись по (2) и (3) с использованием модуля упругости слоистого массива пород $E=42500$ МПа и коэффициента Пуассона $\mu=0,23$:

$$\sigma_{\max} = 425 \times 10^2 \cdot \left[\frac{(0.00031 + 0.00123 + 0.00067)}{3(1-0.23)} + \frac{1}{1+0.23} \times \sqrt{\left(0.00031 - \frac{0.00031 + 0.00123 + 0.00067}{3}\right)^2 + \left(\frac{0.00123 - 0.00067}{\sqrt{3}}\right)^2} \right] = 71.9 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\min} = 425 \times 10^2 \cdot \left[\frac{(0.00031 + 0.00123 + 0.00067)}{3(1-0.23)} - \frac{1}{1+0.23} \times \sqrt{\left(0.00031 - \frac{0.00031 + 0.00123 + 0.00067}{3}\right)^2 + \left(\frac{0.00123 - 0.00067}{\sqrt{3}}\right)^2} \right] = 11.4 \text{ МПа}$$

В результате расчета получены:

- вертикальные напряжения в массиве 71.9 МПа;
- горизонтальные напряжения в массиве 11.4 МПа.

Заключение

Выполненные исследования напряженно-деформированного состояния железистых кварцитов Михайловского месторождения позволяют сделать следующие выводы:

1. Массивы железистых кварцитов на наблюдаемых участках не относятся к склонным по горным ударам, поскольку:

а) выполняется условие, приведенное в [Федеральная служба ..., 2014], согласно которого соотношение $\sigma_{гор} / \sigma_{сж}$ не превышает 0.8. В нашем случае: для вертикальных напряжений это соотношение – 0.73, а для горизонтальных – 0.19.

б) горизонтальные напряжения в массиве в четыре раза меньше, чем вертикальные: $\sigma_{гор}=355$ кгс/см² и $\sigma_{в}=1350$ кгс/см². Это свидетельствует об отсутствии тектонических напряжений.

2. Аналогичные исследования необходимо проводить и на других горных предприятиях КМА.

Список литературы References

1. Влох Н.П. 1994. Управление горным давлением на подземных рудниках. М., Изд-во «Недра», 208.

Vloh N.P. 1994. Upravlenie gornym davleniem na podzemnyh rudnikah [Management of rock pressure in underground mines]. Moscow, Izd-vo «Nedra», 208. (in Russian)

2. Казикаев Д.М. 1983. Геомеханические процессы при совместной и повторной разработке руд. М., Издательство «Недра», 288.

Kazikaev D.M. 1983. Geomechanicheskie processy pri sovmestnoj i povtornoj razrabotke rud [Geomechanical processes at the joint and re-development ore]. Moscow, Izd-vo «Nedra», 288.

3. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. 2013. Приказ №216 от 23.05.2013 г. об утверждении «Методических рекомендаций по оценке склонности рудных и нерудных месторождений к горным ударам».

Federal'naja sluzhba po jekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru [Rostekhnadzor]. 2013. Order №216 from 23.05.2013, on approving the "Guidelines on the assessment inclination of metallic and nonmetallic deposits to rock bursts".

4. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору. 2014. Приказ №576 от 02.12.2013 г. об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Положение по безопасному ведению горных работ на месторождениях, склонных и опасных по горным ударам».

Federal'naja sluzhba po jekologicheskomu, tehnologicheskomu i atomnomu nadzoru [Rostekhnadzor]. 2014. Order №576 from 12.02.2013 on Approval of Federal Regulations in the field of industrial safety "Regulations for the safe conduct of mining operations at the fields, prone and dangerous impact on the mountain".



УДК 624.138

ОПЫТ ПО СТАБИЛИЗАЦИИ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

EXPERIENCE OF LANDSLIDE SLOPE STABILIZATION IN URBAN AREAS

**Б.А. Храмов¹, А.А. Ростовцева¹, О.А. Лубенская², А.В. Овчинников¹,
А.С. Кравченко¹**

**B.A. Khramtsov¹, A.A. Rostovtseva¹, O.A. Lubenskaya², A.V. Ovchinnikov¹,
A.S. Kravchenko¹**

¹ Белгородский государственный национально-исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85

² ОАО «ВЮГЕМ», Россия, 308007, г. Белгород, пр. Б. Хмельницкого, 86

¹Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

²PLC "VIOGEM", 86 B. Khmelnitcky Ave., Belgorod, 308007, Russia

E-mail: khramtsov@bsu.edu.ru; oksana.lubenskaya@gmail.com

Ключевые слова: оползень, фундамент, устойчивость, наблюдательная станция, пригрузка оползневого склона.

Key words: landslide, foundation, stability, observation station, surcharging landslide slope.

Аннотация. В статье приведены результаты наблюдений за деформациями земной поверхности, которые были вызваны геодинамическими оползневыми процессами, на территории городской застройки, и данные инженерно-геологических изысканий, позволившие определить физико-механические свойства грунтов в районе оползневого склона с помощью графо-аналитического метода, разработанного в НИУ «БелГУ». Выполнена оценка устойчивости склона оврага в районе четырехэтажного жилого дома в г. Короча по восьми профильным линиям, и разработаны инженерно-технические мероприятия по стабилизации оползневого склона в условиях городской застройки за счет пригрузки двух нижних ярусов склона скальными породами, на двух верхних ярусах – проведения планировки с выполяживанием склона, а также были выполнены мероприятия по регулированию водостока.

Resume. On the territory of urban development in the town of Korocha in Belgorod region on the slopes of the ravine in spring 2008 a landslide occurred, which resulted in ground movements of the earth's surface and the development of deformation in the basement of a four-storey building. In order to prevent the development of deformation processes in the earth's surface, the foundation of a four-storey house and its supporting structures there were conducted geotechnical engineering and geodetic surveys, calculated the slope stability of landslide.

To monitor the deformation of the earth's surface there was laid an observation station, consisting of a profile line, which consisted of 10 working frames, and on the edges of the cracks formed in the foundation of the building there were laid beacons to measure the disclosure. Reference frame R1 profile line is outside the possible displacement of the earth's surface caused by landslide processes.

Control of the displacement of the earth's surface was carried out once per week and consisted of instrumental observations, which included measurements of vertical and horizontal deformations of the working frames profile line. During the observation period there were 7 sets of observations.

To construct the geological section and determination of physical and mechanical properties of soils in the area of the landslide slope there were conducted geotechnical investigations, which included the drilling of four wells and geological sampling for further testing. Physical and mechanical properties of soils, defined using graph-analytical method developed at NRU "BelSU" and the received results of the test samples were used to assess the stability of the slope.

According to the results of geotechnical surveys there were built 8 geotechnical profiles, which allow to assess the stability of the landslide slope of the ravine, and landslide events developed through mound two lower tiers of the slope of rock, on the top two tiers – carrying out plan with flattening of the slope, and there were made arrangements for the regulation of water flow.

Введение

Весной 2008 г. в городе Короча Белгородской области на территории, прилегающей к жилому дому, по ул. Дзержинского произошел оползень на склоне оврага, который повлек за собой сдвигание земной поверхности и развитие деформаций в фундаменте и основных несущих конструкциях четырехэтажного жилого кирпичного дома (рис. 1). Длина распространения оползня на склоне оврага, прилегающему к жилому дому, составила 150 м, ширина – 30 м, мощность – 16 м. Развитию оползневых процессов на склоне оврага способствовало наличие нерегулируемого поверхностного стока воды в овраг и наличие уровня грунтовых вод на глубине 9.8 м от поверхности земли.

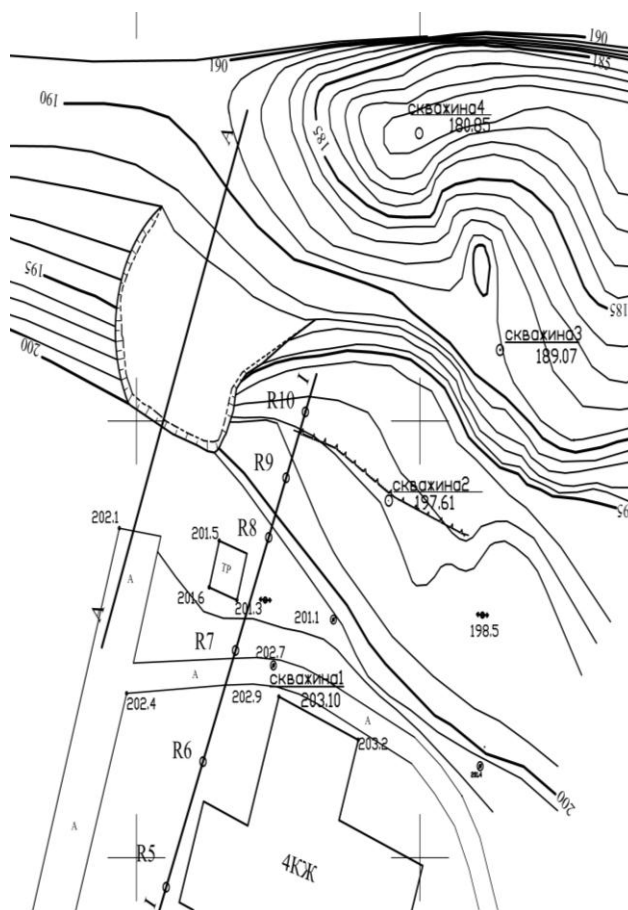


Рис. 1. План территории в районе жилого дома
 Fig. 1. Plan of the territory in the area of a residential building

С целью предотвращения развития деформационных процессов на земной поверхности, фундаменте четырехэтажного жилого дома и его несущих конструкциях были проведены инженерно-геологические и инженерно-геодезические изыскания, выполнен расчет устойчивости оползневого склона и разработаны противооползневые мероприятия.

Для наблюдения за деформациями земной поверхности 19 апреля 2008 г. заложена наблюдательная станция, состоящая из профильной линии I-I, которая состояла из 10 рабочих реперов (см. рис. 1), а в фундаменте здания между реперами R6 и R7 по краям образовавшейся трещины – маячки для измерения величины ее раскрытия. Длина профильной линии I-I составила 130 м, опорный репер R1 находился за пределами зоны возможных сдвижений земной поверхности, вызванных оползновыми процессами.

В конце апреля – начале мая 2008 г. геодинамические оползневые процессы в верхней части склона оврага резко активизировались, в результате чего на земной поверхности между реперами R9 и R10 напротив четырехэтажного жилого дома образовалась вертикальная трещина отрыва, высота которой составила 1200–1500 мм, а раскрытие – 500 мм. Активизация оползневых процессов была зафиксирована результатами инструментальных наблюдений, которые проводились по профильной линии I-I и представлены на рисунке 2.

Контроль за сдвижением земной поверхности осуществлялся 1 раз в неделю и состоял из инструментальных наблюдений, которые включали в себя измерения вертикальных и горизонтальных деформаций рабочих реперов профильной линии I-I. За период наблюдений в апреле и мае 2008 года проведено 7 серий наблюдений, в ходе которых определены вертикальные и горизонтальные деформации земной поверхности в районе жилого дома с использованием рабочих реперов профильной линии. Вертикальные деформации определялись при помощи нивелирования IV класса, для измерения горизонтальных деформаций использовалась прокомпонованная рулетка.

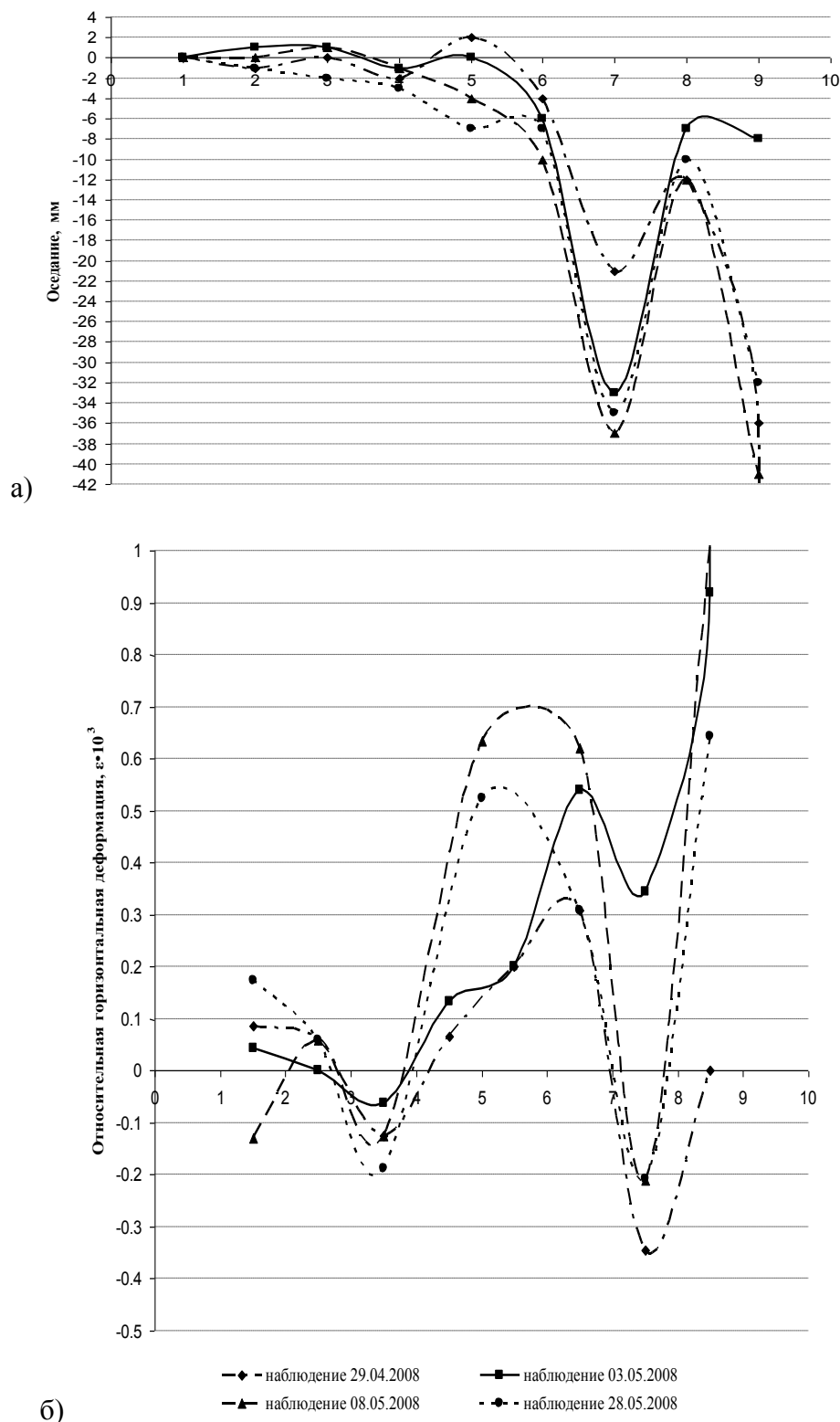


Рис. 2. Вертикальные и горизонтальные деформации по профильной линии: а – оседания; б – относительные горизонтальные деформации
Fig. 2. The vertical and horizontal deformation profile line: a – subsidence; b – the relative horizontal deformation

Результаты данных наблюдений (см. рис. 2) позволили установить следующий факт, что образование трещины на земной поверхности вызвало резкое изменение вертикальных и горизонтальных деформаций, которое связано с изменением знака, т. е. на 3 мая 2008 г. высотные отметки ближних к трещине реперов R8 и R9 возросли, что свидетельствует о поднятии

земной поверхности, прилегающей к трещине отрыва. В интервалах профильной линии между реперами R7-R8 и R8-R9 произошла смена знака горизонтальной деформации – сжатие сменилось резким растяжением. Подобный процесс протекания деформаций земной поверхности наблюдается при формировании открытых горных выработок, котлованов и траншей.

Для построения геологического разреза и определения физико-механических свойств грунтов в районе оползневого склона были проведены инженерно-геологические изыскания, которые включали в себя бурение четырех геологических скважин глубиной от 2.5 до 30 м (см. рис. 1) и отбор образцов для дальнейшего их испытания.

По результатам проведенных инженерно-геологических изысканий толща грунтов до глубины 30 м характеризуется неоднородностью состава и состояния, а в ее пределах выделено 10 инженерно-геологических элементов (ИГЭ).

С дневной поверхности и до глубины 3–4.5 м залегают насыпные грунты, представленные неравномерной смесью чернозема, суглинка и щебня. Под насыпными грунтами до глубины 4.5–6 м вскрыта современная почва, представленная черноземом суглинистым. Мощность почвы 1.5 м. Ниже, до глубины 20 м, залегает толща суглинков от полутвердого до текучего состояния, которая подстилается белым писчим мелом. Подземные воды в момент изысканий вскрыты на глубине от 2.5 до 9.8 м. Отметки установившегося уровня составили от 1 до 8.5 м.

Основные расчетные значения физико-механических характеристик грунтов приведены в таблице. По совокупности природных факторов исследуемый участок, согласно СП 11.105–97, соответствует III-й, т. е. сложной, категории сложности инженерно-геологических условий.

Таблица
Table

Расчетные значения физико-механических характеристик грунтов
Calculated values of the physical and mechanical properties of soils

№ ИГЭ	Вид грунта	Плотность, т/м ³	Модуль деформации, МПа	Параметры прочности	
				Удельное сцепление, кПа	Угол внутреннего трения, град.
1	Насыпной грунт	1.87	–	–	–
2	Почвенно-растительный слой	1.88	–	–	–
3	Суглинок с содержанием гумуса, полутвердый	1.81/1.79	15	24/23	22/20
4	Суглинок полутвердый	1.93/1.91	16	25/23	23/21
5	Суглинок тугопластичный	1.86/1.83	11	17/16	18/17
6	Суглинок мягкопластичный	1.82/1.80	8	15/13	14/12
7	Суглинок текучепластичный	1.86/1.84	5	14/11	13/10
8	Суглинок текучий	1.89/1.85	4.6	12/9	11/10
9	Мел от текучепластичного к текучему	1.87/1.83	14	15/13	21/19
10	Мел мягкопластичный	1.90/1.85	16	18/16	23/21

Примечание: значение показателей плотности и прочности приведены по доверительной вероятности $\alpha = 0.85/0.95$.

Разработанный в НИУ «БелГУ» графо-аналитический метод позволил при наличии параметров оползневого цирка (высоты откоса H , угла наклона откоса α и ширины призмы обрушения B_0) с использованием графиков зависимостей $H = f(\alpha)$ и $B_0 = f(H)$, построенных с помощью программы Otkos2 для коэффициента запаса устойчивости откоса $n = 1$, определить по разрезу А-А (см. рис. 1) физико-механические свойства суглинков (сцепление c и угол внутреннего трения φ) [Храмцов и др., 2013]. При высоте обрушившегося откоса $H = 16$ м, угле наклона откоса $\alpha = 26^\circ$ и ширине призмы обрушения $B_0 = 11$ м с помощью графо-аналитического метода при плотности суглинков $\rho = 1.82$ т/м³ были определены сцепление $c = 16.7$ кПа и угол внутреннего трения $\varphi = 11^\circ$.

Физико-механические свойства грунтов, определенные с помощью графо-аналитического метода и полученные по результатам испытания образцов, использовались для оценки устойчивости склона.

По результатам инженерно-геологических изысканий построено 8 инженерно-геологических профилей, по которым производилась оценка устойчивости оползневого склона оврага и разработаны противооползневые мероприятия.

При расчете устойчивости склона в двух центральных сечениях IV и V учитывалась нагрузка от четырехэтажного жилого дома на грунт $P = 45$ кПа. Это позволило разработать

противооползневые мероприятия, при выполнении которых было рекомендовано произвести пригрузку двух нижних ярусов склона скальными породами (рис. 3). Первый ярус: низ – дно оврага, верх – отметка +190 м; второй ярус: низ – отметка +190 м, верх – отметка +194 м. На верхних двух ярусах склона рекомендовано выполнить планировку склона, разбив его на два уступа. Необходимый объем скальной пригрузки составил 14 000 м³. Пригрузка оползневого склона скальными породами была завершена к середине мая 2008 г.

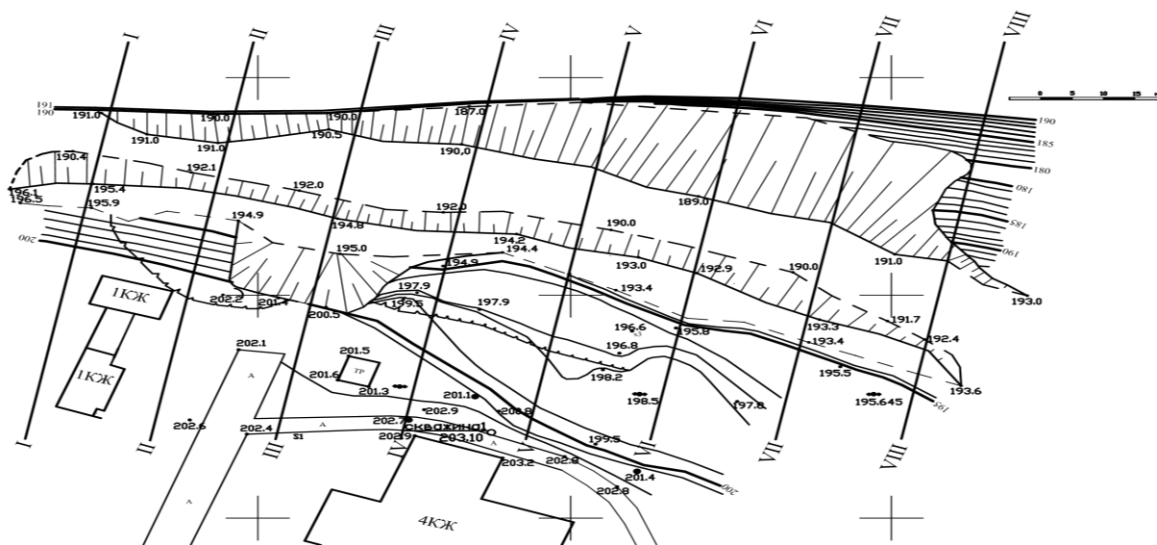


Рис. 3. Контрфорсная пригрузка оползня

Fig. 3. Buttress surcharge landslide

Отсыпка скальной пригрузки позволила увеличить коэффициент запаса устойчивости склона в районе четырехэтажного жилого дома по ул. Дзержинского (сечения IV и V) до $n_3 = 1.18$ при нормативном $n_{норм} = 1.15$ [Фисенко и др., 1972]. Кроме пригрузки склона были выполнены мероприятия по зарегулированию водостока.

После выполнения инженерно-технических мероприятий оползневые процессы земной поверхности в районе жилого дома стабилизировались.

Список литературы References

1. Фисенко Г.Л., Сапожников В.Т., Мочалов А.М., Пушкарев В.И., Козлов Ю.С. 1972. Методические указания по определению углов наклона бортов, откосов уступов и отвалов строящихся и эксплуатируемых карьеров. Л., ВНИМИ, 164.

Fisenko G.L., Sapozhnikov V.T., Mochalov A.M., Pushkarev V.I., Kozlov Yu.S. 1972. Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu uglov naklona bortov, otkosov ustupov i otvalov stroyashchikhsya i ekspluatiruemykh kar'eroov [Methodological guidelines for determining the angular ramps, slopes and ledges dumps built and operated quarries]. Leningrad., VNIMI, 164. (in Russian)

2. Храмов Б.А., Абдул Батен Абдул Захир, Ростовцева А.А. 2013. Разработка и совершенствование методов расчета устойчивости откосов. В кн.: Материалы XII-ой Национальной конференции с международным участием по открытой и подводной добыче полезных ископаемых (г. Варна, 26–30 июня 2013 г.). Варна: 297–301.

Khramtsov B.A., Abdul Baten Abdul Zakhir, Rostovtseva A.A., 2013. Development and improvement of methods for calculating the stability of slopes. In: Materialy XII-oy Natsional'noy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem po otkrytoy i podvodnoy dobyche poleznykh iskopaemykh (g. Varna, 26–30 iyunja 2013 g.) [Proceedings XII-th National conference with international participation of the open and underwater mining of minerals (Varna, 26–30 June 2013)]. Varna: 297–301. (in Russian)

УДК 622.272/.275

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАКЛАДОЧНОЙ ГИДРОСМЕСИ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ ОАО «КОМБИНАТ КМАРУДА»**THE STUDY OF RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF STOWING HYDROMIX OF «COMBINAT KMARUDA» FERRUGINOUS QUARTZITES TAILINGS****Е.А. Ермолович¹, О.В. Ермолович²
Е.А. Ermolovich¹, O.V. Ermolovich²**¹ Белгородский государственный национально-исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85² ООО Торговый дом «Карина», Россия, 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 73¹ Belgorod State University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia² LLC Trading House 'Karina', 73, B. Hmelnitckogo Av, Belgorod, 308000, Russia

E-mail: elena.ermolovich@mail.ru; oleg.ermolovich@mail.ru

Ключевые слова: закладочная гидросмесь, отходы обогащения железистых кварцитов, реологические характеристики, флокулянты.

Key words: stowing hydromixes, waste of ore-dressing ferruginous quartzites, rheological characteristics, flocculants.

Аннотация. Рассмотрены результаты экспериментальных исследований, моделирующих поведение закладочной гидросмеси при движении и экстренной остановке. Приведены экспериментально полученные значения ее предельного напряжения сдвига и вязкости. Анализ данных показывает, что реологические характеристики увеличиваются со временем движения сгущенной пульпы и через 12.5 минут уже не отвечают критерию транспортабельности самотеком. Это соответствует расстоянию 1350 м со средней скоростью 1.8 м/с. Время транспортирования 10–11 минут является в данном эксперименте переломным. И оно грубо и приблизительно оценивает предельную дальность транспортирования как 1000–1100 м без учета промывки водой. Остановка пульпы на этой отметке не должна превышать 25–30 минут. Применение суперпластификатора Полипласт СП-1 в количестве 0.6% от массы сухого вещества позволяет снизить предельное напряжение сдвига гидросмеси отходов обогащения на 33% и тем самым увеличить дальность ее транспортирования.

Resume. The article considers the results of experimental studies that simulate the behavior of stowing hydromix in motion and an emergency stop. The experimentally obtained values of its ultimate shear stress and viscosity are presented. Analysis of the data shows that the rheological characteristics are increased with the time of motion of the condensed pulp and in 12.5 minutes do not meet the criteria of transportability of gravity. This corresponds to a distance of 1350 m with the average speed of 1.8 m/s. Transportation time of 10–11 minutes is a turning point in this experiment. And its rough and approximate estimation of the maximum distance of transportation as 1000–1100 m without flushing with water. Stopping the pulp at this level should not exceed 25–30 minutes. The use of superplasticizer Polyplastr CP-1 in the amount of 0.6% by weight of dry matter can reduce the yield stress of the slurry tailings by 33% and thus increase the distance of its transport.

Введение

Гидравлическая закладка отличается высокой производительностью труда, хорошим заполнением всех пустот и сравнительно небольшой усадкой закладочного массива (8–12%). К недостаткам этого вида закладки можно отнести загрязнение и обводнение горных выработок. Сгущение закладочной гидросмеси существенно уменьшает вредные последствия гидрозакладки, однако сокращает дальность транспортирования пульпы.

Транспортабельность закладочных смесей оценивается величиной их реологических параметров. Смеси пригодны для транспортирования по трубам при подвижности 9–14 см (полное погружение эталонного конуса), предельном напряжении сдвига не более 200 Па в самотечном режиме и не более 150 Па при перекачивании насосами [Монтянова, 2005; Шендрик и др., 1980]. Реологические характеристики изменяются во времени. Для выбора наиболее рационального способа и схем подачи закладочной смеси в камеры необходимо учитывать эти изменения.

Исходя из этого, основными задачами работы являлись:



– экспериментальные исследования вязкости 70%-ной гидросмеси отходов обогащения: определение вязкости через интервалы времени после имитации транспортирования на вибростоле; определение вязкости через интервалы времени после имитации остановки движения;

– экспериментальные исследования предельного напряжения сдвига 70%-ной гидросмеси отходов обогащения: определение предельного напряжения сдвига через интервалы времени после имитации транспортирования на вибростоле; определение предельного напряжения сдвига через интервалы времени после имитации остановки движения.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – гидросмесь текущих отходов обогащения железистых кварцитов мокрой магнитной сепарации ОАО «Комбинат КМАруда», сгущенных флокулянтами.

Химический анализ, выполненный методом рентгенофлуоресцентного анализа (XRF) на спектрометре ARL Optim'X, показал, что отходы обогащения железистых кварцитов мокрой магнитной сепарации содержат по весу около 59.82% SiO_2 , 20.36% Fe_2O_3 , 6.67% CaO , 2.20% MgO , 7.63% CO_2 , 1.09% P_2O_5 , 0.91% Al_2O_3 , 0.438% K_2O , 0.34% Na_2O , 0.274% TiO_2 , 0.147% MnO , 0.0705% SO_3 , 0.0355% WO_3 , 0.0302% SrO , 0.0089% CuO , 0.0026% ZrO_2 , 0.0021% Y_2O_3 . Рентгеновские дифракционные спектры, полученные на дифрактометре Ultima IV Rigaku ($Cu\ K\alpha$, $\lambda = 0.154059$ нм, в области углов 2θ от 10 до 110° с пошаговым сканированием $\Delta(2\theta) = 0.02^\circ$ и временем экспозиции 2.5 с), представлены только дифракционными линиями кварца SiO_2 (#00-046-1045 ICDD PDF-2), гематита Fe_2O_3 (#01-086-0550 ICDD PDF-2), магнетита (#01-086-1346 ICDD PDF-2) Fe_3O_4 и доломита $CaMg(CO_3)_2$ (#01-073-2361 ICDD PDF-2).

В качестве флокулянта применялся Magnofloc 155.

Реологические характеристики снимались на вискозиметре «Реотест-2» по стандартной методике.

Результаты и их обсуждение

Проведенные экспериментальные исследования и расчеты позволили спроектировать модель поведения 70%-ной гидросмеси отходов обогащения железистых кварцитов, сгущенных флокулянтами, во времени при движении и экстренной остановке. Концентрация пульпы была выбрана с учетом того, что не меньшая концентрация требуется для получения твердеющей закладочной смеси на основе сгущенных отходов обогащения и молотого доменного гранулированного шлака.

Полученные данные экспериментальных исследований реологических характеристик после имитации транспортирования пульпы приведены в таблице 1.

Таблица 1

Table 1

Реологические параметры гидросмеси отходов обогащения, сгущенных флокулянтном Magnofloc 155, после имитации транспортирования пульпы
The rheological parameters of slurry waste of ferruginous quartzites condensed by flocculant Magnofloc 155 after transportation of pulp imitation

Интервалы времени движения, мин	Предельное напряжение сдвига, Па	Вязкость, Па·с
0	63.7	0.364
3.5	117.1	0.455
6.5	85.8	0.355
10	153.3	0.476
12.5	221.39	0.549

Интересны с научной и практической точки зрения результаты изменения реологических свойств гидросмеси отходов обогащения при имитации ее аварийной остановки при движении по трубопроводу, так как на примере данного вида закладочного материала исследован наиболее экстремальный вариант аварийной остановки закладочной пульпы. Предельное напряжение сдвига 70%-ной гидросмеси отходов обогащения в начале движения более чем в 3 раза превышает предельное напряжение сдвига твердеющих закладочных смесей. Гидросмесь в покое расслаивается, предельное напряжение сдвига сильно возрастает до критических значений, поэтому при ее аварийной остановке перезапуск системы будет более затруднен, чем при остановке твердеющих смесей, так как последние не расслаиваются, время начала схватывания их превышает 4 часа, и реологические характеристики в течение 25–30 минут движения даже у

твердеющей смеси с содержанием твердого 80% и 30%-ной долей цемента в общем количестве вяжущего увеличиваются лишь на 20%, тогда как у гидросмеси возрастают в 1.4 раза за 10 минут.

Результаты экспериментальных исследований реологических характеристик после имитации остановки пульпы приведены в таблице 2.

Таблица 2
Table 2

Реологические параметры гидросмеси отходов обогащения, сгущенных флокулянтom Magnofloc 155, после имитации остановки движения
The rheological parameters of slurry waste of ferruginous quartzites condensed by flocculant Magnofloc 155 after traffic stop imitation

Интервалы времени движения, мин	Интервалы времени остановки, минуты	Предельное напряжение сдвига, Па	Вязкость, Па·с
0	0	63.7	0.364
	10	69.7	0.385
	20	79.9	0.395
	30	92.3	0.414
	40	98.3	0.445
	60	109.7	0.495
3.5	0	117.1	0.455
	10	123.3	0.464
	20	127.8	0.475
	30	154.7	0.490
	40	170.2	0.503
	60	184.4	0.519
10	0	153.3	0.476
	10	159.7	0.490
	20	175.8	0.510
	30	193.3	0.520
	40	212.6	0.535

Анализ результатов показывает следующее. Предельное напряжение сдвига в начальный момент составило около 64 Па. Это не превышает критерий транспортабельности самотечным способом. После 3.5 минут движения возросло до 117 Па. Дальнейшее движение в течение 6.5 минут от начала процесса характеризовались величиной 85.8 Па. Следует отметить, что подобное уменьшение вязкости пульпы через 5-10 минут транспортирования отмечали и другие исследователи на других продуктах. Реологические параметры за 10 минут еще удовлетворяют критерию транспортабельности (153 Па), а планку в 12.5 минут в данном эксперименте преодолеть не удалось.

Имитация аварийной остановки трубопровода в начале движения в течение 10 минут от начала движения привела к незначительному увеличению предельного напряжения сдвига до 69.7 Па. Двадцать минут простоя увеличили характеристику до 79.9 Па, а часовая остановка привела к увеличению параметра до 109.7 Па. То есть простой в течение часа после начала движения не нарушает критерий транспортабельности пульпы самотеком. Это касается начального этапа движения. Часовая остановка на отметке 3.5 мин увеличит предельное напряжение сдвига до 184.4 Па.

Дальнейший анализ приведенных данных показывает, что реологические характеристики возрастают со временем движения сгущенной пульпы и через 12.5 минут уже не отвечают критерию транспортабельности самотеком. Это приблизительно соответствует расстоянию 1350 м при усредненной скорости 1.8 м/с. Время транспортирования 10–11 минут является в данном эксперименте переломным. И оно грубо и приблизительно оценивает предельную дальность транспортирования как 1000–1100 м без учета промывки водой. Остановка пульпы на этой отметке не должна превышать 25–30 минут. Применение суперпластификатора Полипласт СП-1 в количестве 0.6% от массы сухого вещества позволяет снизить предельное напряжение сдвига гидросмеси отходов обогащения на 33% [Ермолович, 2009] и тем самым увеличить дальность ее транспортирования.

Экспериментальные исследования хорошо согласуются с расчетными данными, полученными авторами ранее [Ермолович, 2013] и могут рекомендоваться для оценки дальности транспортирования закладочной гидросмеси отходов обогащения железистых кварцитов.



Список литературы References

1. Ермолович Е.А. 2009. Разработка и исследование способов утилизации отходов обогащения железистых кварцитов Курской магнитной аномалии. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Тула, 22 с.
Ermolovich E.A. 2009. Razrabotka i issledovanie sposobov utilizatsii otkhodov obogashcheniya zhelezistykh kvartsitov Kurskoy magnitnoy anomalii [Development and research of waste products from dressing the ferruginous quartzites of the Kursk Magnetic Anomaly recycling methods]. Abstract. dis. ... cand. engin. sciences. Tula, 22. (in Russian)
2. Ермолович Е.А. 2013. Расчет дальности транспортирования самотеком 70%-ной гидросмеси отходов обогащения железистых кварцитов, сгущенной флокулянтom Magnofloc 155. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), (8): 19–22.
Ermolovich E.A. 2013. The calculation of distance transporting by gravity 70% slurry waste of ferruginous quartzites condensed by flocculant Magnofloc 155. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) [Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)], (8): 19–22. (in Russian)
3. Монтянова А.Н. 2009. Формирование закладочных массивов при разработке алмазных месторождений в криолитозоне. М., Горная книга, 597.
Montyanova A.N. 2009. Formirovanie zakladochnykh massivov pri razrabotke almaznykh mestorozhdeniy v kriolitozone [Formation of stowing massif in the development of diamond deposits in permafrost]. Moscow, Gornaya kniga, 597. (in Russian)
4. Шендрик В.К., Волощенко В.Л., Комчугов А.А. 1980. Типовая технологическая инструкция производства закладочных работ на горнорудных предприятиях Минчермета УССР. Кривой Рог, НИГРИ: 83.
Shendrik V.K., Voloshchenko V.L., Komchugov A.A. 1980. Tipovaya tekhnologicheskaya instruktsiya proizvodstva zakladochnykh rabot na gornorudnykh predpriyatiyakh Minchermeta USSR [The typical technological instruction of filling operations production at the mining enterprises of Minchermeta USSR]. Krivoy Rog, NIGRI: 83. (in Russian)

УДК 631.47(470.325)

**СОВРЕМЕННАЯ ГЕОХИМИЧЕСКАЯ СИТУАЦИЯ В РАЙОНЕ
С ИНТЕНСИВНОЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ КМА
MODERN GEOCHEMICAL CONDITIONS IN REGIONS WITH INTENSIVE
MINING ACTIVITIES OF KMA**

**А.Г. Корнилов, Е.А. Дроздова, Добровольская О.А.
A.G. Kornilov, E.A. Drozdov, O.A. Dobrovolskaya**

¹ *Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85*

¹ *Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

E-mail: kornilov@bsu.edu.ru

Ключевые слова: Антропогенная нагрузка, геохимия почв, Курская магнитная аномалия (КМА), отвалы вскрышных пород, суммарный показатель химического загрязнения почв, техногенная трансформация ландшафтов.

Key words: These pressures, geochemistry of soils, the Kursk Magnetic Anomaly (KMA), overburden, the total index of chemical contamination of soils, anthropogenic transformation of landscapes.

Аннотация. Проведено исследование загрязнения почв и грунтов в районе карьерного комплекса в целом и отвалов скальной вскрыши в частности одного из горнодобывающих предприятий КМА. Ухудшение земель в зоне воздействия отвалов скальной вскрыши и всего карьерного комплекса может происходить по двум направлениям: пыление отвала горных пород как стационарного объекта; атмосферические воздействия в связи с работами по отсыпке нового материала отвала, организацией дорожной сети к отвалам, что может вести к загрязнению почв вследствие воздействия пылевых выбросов при складировании пород в отвал. Рассмотрены распределения концентраций железа, кадмия, цинка, меди, селена и показателя суммарного химического загрязнения (Zc) в образцах почвенных проб.

Характер расположения отвала скальной вскрыши на рельефе местности и комплексное влияние других производственных объектов горнодобывающего предприятия на геохимическую ситуацию обуславливают незначительные колебания концентраций основных загрязняющих веществ и показателя суммарного геохимического загрязнения почв - под воздействием отвала скальных пород показатели изменяются в пределах 15–20%. Соответственно дальнейшая эксплуатация отвального комплекса на фоне данной сложной геохимической картины не может оказать сверхнормативного влияние на территорию за пределами санитарно-защитной зоны отвалов (300 м).

Resume. A study of soil pollution and soil in the area of career complex in general and rock overburden dumps in particular of one of the mining companies of KMA has been conducted. Geochemical study of soils district dumping complex has been carried out in accordance with regulatory requirements.

Deterioration of land in the impact zone rock overburden dumps in particular and the entire career of the complex as a whole, can occur in two ways:

(1) dusting heap of rocks as a stationary object;

(2) atmospheric exposure in connection with work on new mother spoil dumping, the organization of the road network to the dump, which can lead to contamination of soil due to exposure to dust emissions during storage in rock dump. There was examined the distribution of concentrations of iron, cadmium, zinc, copper, selenium and total indicator of chemical pollution (Zc) in samples of soil samples taken on profiles prevailing wind direction during the warm and cold seasons.

The nature of rock overburden dump location on the terrain and complex influence of other production facilities of the mining enterprise (quarry, tailing dumps and etc) to determine the geochemical situation minor variations of concentrations of major pollutants, as well as indicators of total geochemical soil pollution - under the influence of rock dump indicators change in the range of 15–20%. Accordingly, the further operation of dumping complex on the background of the complex geochemical pattern can not have an impact on the territory of the excess outside the sanitary protection zone dumps (300 m).

Введение

В результатах предыдущих исследований техногенно-нарушенной территории горнодобывающих комплексов КМА были изучены уровни накопления тяжелых металлов в почвах и определены ориентировочные границы распределения зоны умеренно опасного загрязнения почв [Корнилов и др., 2008; Корнилов и др., 2012; Дроздова, Корнилов, 2014]. В основном зоны опасного загрязнения приходятся на территории карьеров, хвостохранилищ и отвалов, зоны умеренно-опасного загрязнения локализуются на промплощадках ГОКов, как правило, не выходя за существующие пределы санитарно-защитных зон предприятий, что, по сути, определя-



ет районы экологического неблагополучия для данной территории. Но в связи с некоторой несогласованностью данных вышеупомянутых НИР, а также в связи с периодическим расширением территории карьеров, организацией новых промплощадок и отвалов возникает необходимость в актуализации и уточнении современной ситуации. Авторами проведено исследование загрязнения почв и грунтов в районе карьерного комплекса в целом и отвалов скальной вскрыши в частности одного из горнодобывающих предприятий КМА.

Объекты и методы исследования

Геохимическое исследование почв района отвального комплекса проводилось в соответствии с нормативными требованиями. Опробование проведено из поверхностного слоя методом «конверта» (смешанная проба на площади 25 м²) на глубину 0–5 и 5–20 см, отбор осуществлен на нормативном удалении от автомобильных дорог [СП 11-102-97, 1997].

В группу анализируемых показателей, согласно ГОСТ 17.4.2.01-81 «Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния», вошли: тяжелые металлы, нефтепродукты, аммонийный азот, сера и ее соединения, нитраты, нитриты, фтор, ароматические углеводороды, бенз(а)пирен.

Профили, по которым проводился отбор проб почвы для дальнейшего анализа, располагались с учетом источников загрязнения (карьера, промплощадок, хвостохранилищ и других источников выбросов) и основных направлений воздушных потоков от указанных объектов. Дополнительно использовались вспомогательные пункты отбора проб с учетом антропофункционального зонирования территории исследования [Корнилов и др., 2005], орографических особенностей местности и с учетом ожидаемой структуры поля загрязнения (согласно СП 11-102-97; ГОСТ 17.4.3.01-83, ГОСТ 17.4.4.02-84, СНиП 11-02-96).

Пункты отбора проб почвы по основным профилям располагались вдоль векторов розы ветров (за теплый и холодный период года), на расстоянии 100, 200, 300, 500, 1000, 2000 м, за исключением пунктов, приходящихся на промышленные объекты. Было отобрано 44 пробы почвы с 22 участков.

Результаты и их обсуждение

В целом, по экологической ситуации, всю территорию исследуемого горнопромышленного района в пределах Губкинского административного образования можно разделить на три сектора. Зона существенной деградации экосистем в соответствии с МУ 2.1.7.730-99, охватывающая территорию карьера и хвостохранилища, промплощадки к юго-востоку от карьера и отвалы рыхлой вскрыши, занимает около 24% территории района размещения промобъекта, характеризуется показателями Z_c более 16. При этом, здесь наблюдается коренное преобразование рельефа и нарушение всех сред, хотя состояние атмосферного воздуха даже на этой территории, как правило удовлетворительное, без превышений ПДК.

Зона умеренной деградации экосистем: отвалы скальной вскрыши, промплощадки и технические водоемы. В большей степени характерна для северо-восточной и восточной части с разветвленной транспортной сетью, охватывает территории, непосредственно подходящие к карьере и испытывающие прямое или косвенное воздействие (земли под сорными залежами и промышленные ландшафты), характеризуется показателем Z_c менее 16. В данную зону входит участок р. Осколец, в воде которой наблюдаются фоновые превышения ПДК по железу, нитритам и сульфатам [Корнилов и др., 2010]. Занимает около 16% площади.

Зона относительно удовлетворительной экологической ситуации располагается на остальной территории района размещения горнодобывающего предприятия (занимает более 60% территории изыскания), на землях под пашней, лесными массивами, овражно-балочными комплексами и иными угодьями, характеризуется отсутствием превышений ПДК и показателями Z_c преимущественно не выше 8. Оценка существующего экологического состояния в зоне размещения отвала выполнена по материалам полевого обследования и представлена на рисунке 1.

Ухудшение земель в зоне воздействия отвалов скальной вскрыши в частности, и всего карьерного комплекса в целом, может происходить по двум направлениям:

- 1) пыление отвала горных пород как стационарного объекта;
- 2) атмосферические воздействия в связи с работами по отсыпке нового материала отвала, организацией дорожной сети к отвалам, что может вести к загрязнению почв вследствие воздействия пылевых выбросов при складировании пород в отвал. Это воздействие актуально для всей санитарно-защитной зоны отвала, но в наибольшей степени оно существенно для северо-восточного и юго-западного секторов, прилегающих к отвалу в связи с соответствующим направлением господствующих ветров в холодный и теплый периоды года.

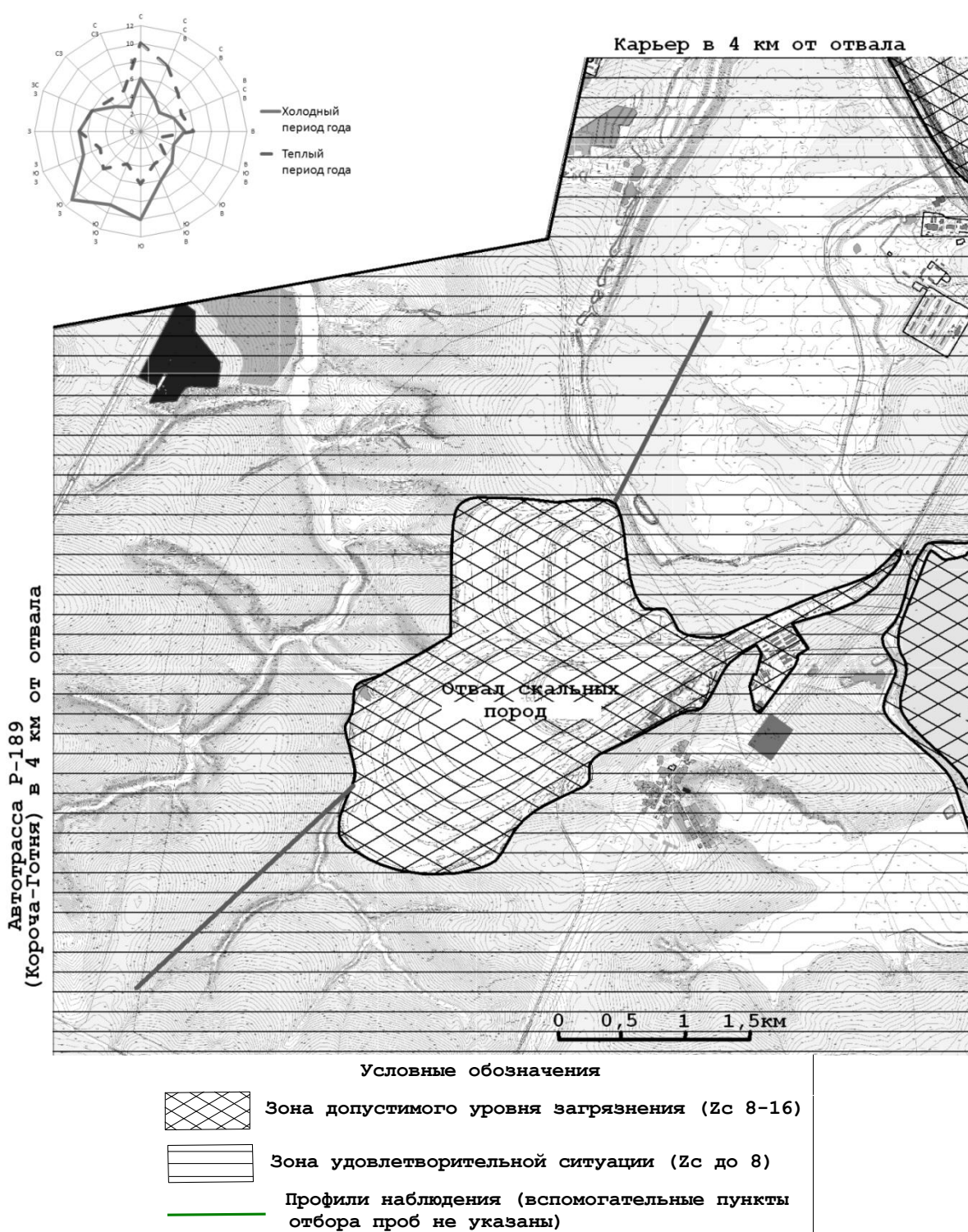


Рис. 1. Схема современной геохимической ситуации района размещения отвала скальных пород горнодобывающего предприятия КМА

Fig. 1. Scheme of modern geochemical situation of dump rock placement area of the KMA mining enterprise

Ниже рассмотрены распределения концентраций железа, кадмия, цинка, меди, селена и показателя суммарного химического загрязнения (Z_c) в образцах почвенных проб, отобранных по профилям господствующих направлений ветров за теплый и холодный период года. Железо в почвах не относится к категории «загрязняющих веществ», но рассматривается в качестве индикаторного элемента для района расположения железорудной промышленности [Орлов, 2001].

По профилям в северном и северо-восточном направлении (основные направления атомпылевой миграции веществ за холодный период года), ситуация следующая. Геоморфологические особенности профиля: тело отвала относительно полого спускается в северном направлении и здесь же расположены основные подъездные пути по доставке материала отвала скальной вскрыши (рис. 2). В результате, первоначально, по мере удаления от отвала концентрации основных элементов-индикаторов закономерно снижаются на расстоянии 200–300 м от отвала скальной вскрыши, а далее линия профиля начинает приближаться к более крупному источнику пылевыведения – карьеру горнодобывающего предприятия, поэтому концентрации закономерно, но незначительно возрастают.

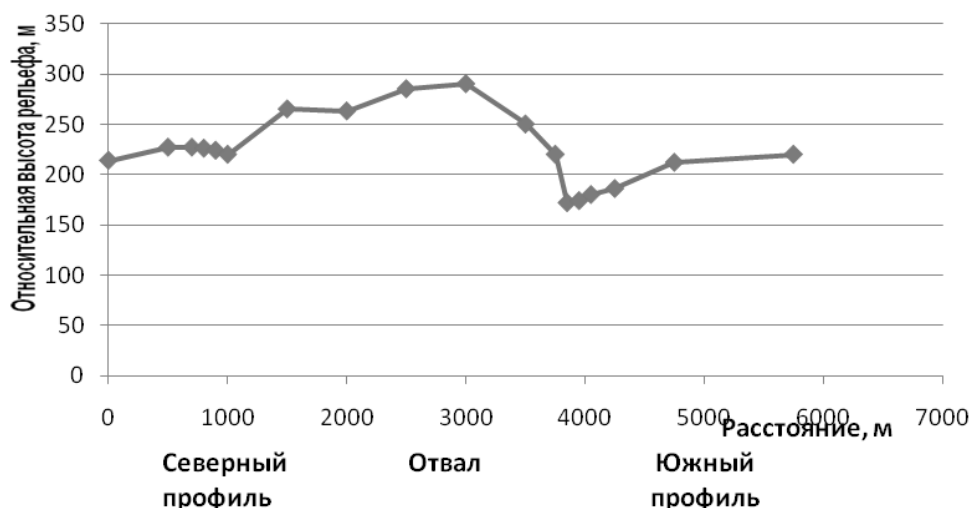


Рис. 2. Высотный профиль района размещения отвала с севера на юго-запад (по линии профиля отбора проб и через отвал)

Fig. 2. Elevation profile blade deployment area from north to south-west (along the line profile sampling and through the dump)

Таким образом, в целом, влияние отвала скальных пород на геохимическую ситуацию в северном направлении прослеживается на расстоянии до 200–300 м, диапазон изменения концентраций и показателя Z_c составляет около 20% (рис. 3, 4).

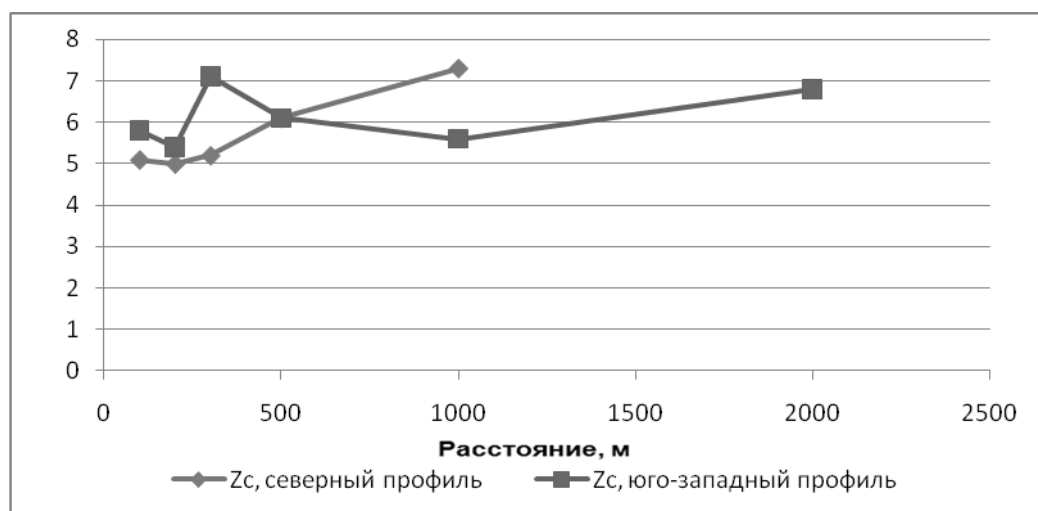


Рис. 3. Распределение показателя суммарного химического загрязнения почв (Z_c) с удалением от отвала в северном и юго-западном направлении

Fig. 3. Distribution of the index of total chemical contamination of soils (Z_c) with distance from the blade to the north and south-westerly direction

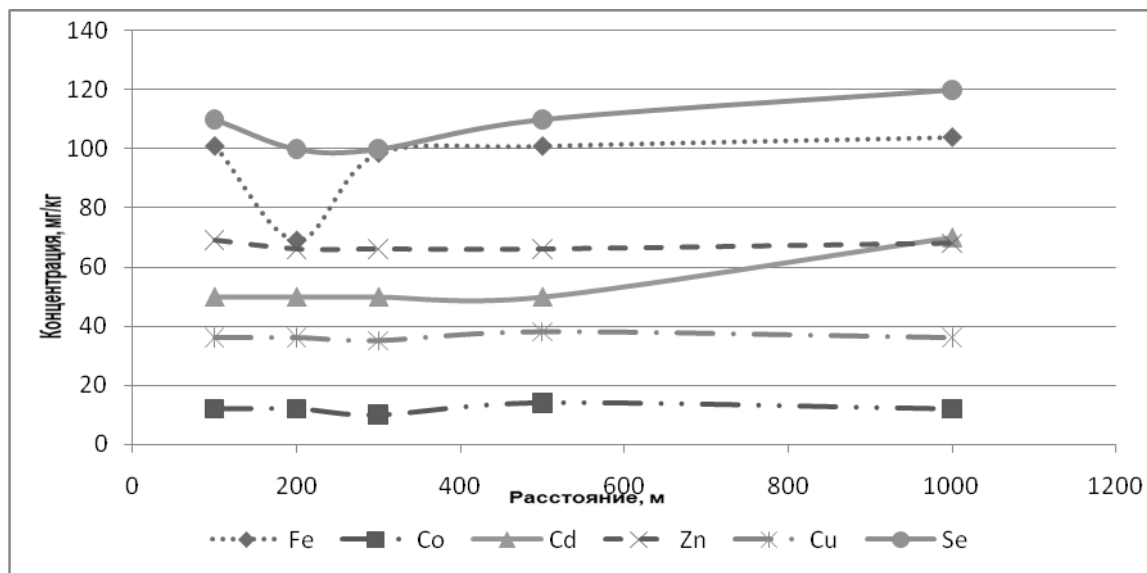


Рис. 4. Распределение концентрации химических элементов с удалением от отвала в северном направлении (концентрация *Cd* и *Se* мг/кг·10²)

Fig. 4. The distribution of the concentration of chemical elements with increasing distance from the blade to the north (the concentration of *Cd* and *Se* mg/kg·10²)

В юго-западном направлении (основное направление атопылевой миграции веществ за теплый период года) наблюдается более сложный характер изменения концентраций элементов-индикаторов по профилю (см. рис. 4, рис. 5), что вызвано рядом геоморфологических особенностей. Во-первых, достаточно круто обрывается тело отвала, возвышающееся над окружающей местностью на 100–120 м, что обуславливает своеобразную «подфакельную» зону с низкими концентрациями исследуемых элементов на расстоянии до 100–200 м, соответственно, в конце «подфакельной» зоны наблюдается пик концентрации с дальнейшим постепенным снижением концентраций на 20% (*Zn* на 15%) на расстоянии до 500–1000 м. В дальнейшем происходит незначительное (15–20%) увеличение показателей, в связи с расположением этой части профиля на длительном протяженном склоне экспонированном в сторону основных промышленных объектов изучаемого предприятия. Указанная зона простирается до расстояния 200–2500 м.

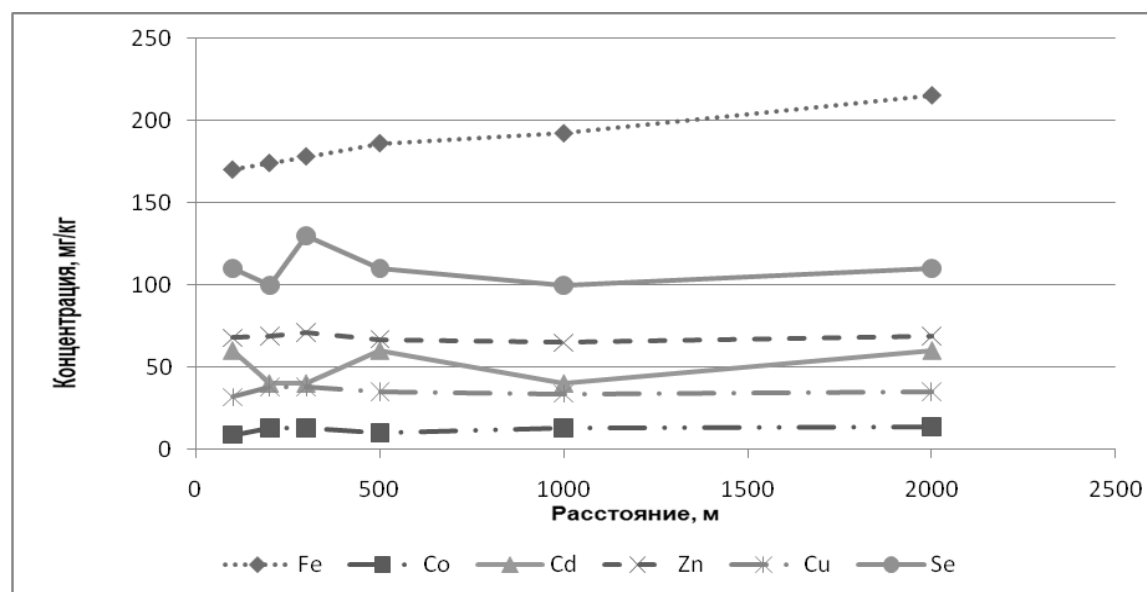


Рис. 5. Распределение концентрации химических элементов с удалением от отвала в юго-западном направлении (концентрация *Cd* и *Se* мг/кг·10²)

Fig. 5. Distribution of the concentration of chemical elements with increasing distance from the blade to the south-west direction (the concentration of *Cd* and *Se* mg/kg·10²)



Выводы

Таким образом, характер расположения отвала скальной вскрыши на рельефе местности и комплексное влияние других производственных объектов горнодобывающего предприятия (карьер, хвостохранилище, иные отвалы) на геохимическую ситуацию обуславливают незначительные колебания концентрации основных загрязняющих веществ, а также показателя суммарного геохимического загрязнения почв – под воздействием отвала скальных пород показатели изменяются в пределах 15–20%. Соответственно дальнейшая эксплуатация отвального комплекса на фоне данной сложной геохимической картины не может оказать влияние на территорию за пределами санитарно-защитной зоны отвалов (300 м).

С учетом того, что в санитарно-защитной зоне действующих в течение 40 лет отвалов содержание тяжелых металлов не превышает 0.7 ПДК, а показатель Zc (максимальное значение Zc 8) соответствует категории «относительно удовлетворительной экологической ситуации» (Zc до 16, в соответствии с МУ 2.1.7.730-99), максимально возможное расчетное изменение геохимических показателей в пределах СЗЗ допускает наращивании производственных мощностей отвального комплекса на 20–30%, не приводя к сверхнормативному загрязнению земельных ресурсов. Ожидаемое экологическое состояние по учтенным показателям на период дальнейшей эксплуатации отвалов (25–30 лет) может классифицироваться, согласно МУ 2.1.7.730-99, как «зона относительно удовлетворительной экологической ситуации».

Благодарности

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом (код проекта: 185) на 2015 год.

Список литературы

References

1. ГОСТ 17.4.2.01-81. Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. Дата введения 01.08.1982.
GOST 17.4.2.01-81. Nature protection. Soils. Nomenclature of sanitary condition indices. Date of introduction 01.08.1982. (in Russian)
2. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. Дата введения 01.07.1984.
GOST 17.4.3.01-83. Nature protection. Soils. General requirements for sampling. Date of introduction 01.07.1984. (in Russian)
3. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. Дата введения 01.01.1986.
GOST 17.4.4.02-84. Nature protection. Soils. Methods for sampling and preparation of soil for chemical, bacteriological, helminthological analysis. Date of introduction 01.01.1986. (in Russian)
4. Дроздова Е.А., Корнилов А.Г. 2014. Анализ геохимического состояния почв региона КМА. Академический журнал Западной Сибири, 10 (4): 46–47.
Drozdova E.A., Kornilov A.G. 2014. Analysis of geochemical condition of soils in the region of KMA. Akademicheskii zhurnal Zapadnoy Sibiri, 10 (4): 46–47. (in Russian)
5. Корнилов А.Г., Колмыков С.Н., Кичигин Е.В., Гордеев Л.Ю. 2010. Сравнительная характеристика воздействия горнодобывающих предприятий КМА на экологическую ситуацию рек Белгородской области. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 6: 134–139.
Kornilov A.G., Kolmykov S.N., Kichigin E.V., Gordeev L.Yu. 2010. Comparative characteristics of the impact of mining enterprises KMA on the ecological situation of rivers Belgorod region. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) [Mining informational and analytical bulletin (scientific and technical journal)], (6): 134–139. (in Russian)
6. Корнилов И.А., Новых Л.Л., Корнилов А.Г. 2012. Геоэкологическая ситуация в промышленной зоне Белгородской области. Геология, география и глобальная энергия, 2 (45): 221–227.
Kornilov I.A., Novykh L.L., Kornilov A.G. 2012. Geoecological situation in the industrial area of the Belgorod region. Geologiya, geografiya i global'naya energiya [Geology, geography and global energy], 2 (45): 221–227. (in Russian)
7. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Кичигин Е.В., Присный Ю.А., Колчанов А.Ф., Присный А.В. 2008. Современные изменения природных комплексов в Старооскольско-Губкинском промышленном районе Белгородской области. Известия РАН. Серия географическая, (2): 85–92.
Kornilov A.G., Petin A.N., Kichigin E.V., Prisnyy Yu.A., Kolchanov A.F., Prisnyy A.V. 2008. Recent changes in natural systems in Stary Oskol Gubkin-industrial area of the Belgorod region. Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya, (2): 85–92. (in Russian)
8. Корнилов А.Г., Петин А.Н., Назаренко Н.В. 2005. Антропофункциональный анализ территории как основа эколого-географического районирования Белгородской области. Проблемы региональной экологии, 1: 21–26.

Kornilov A.G., Petin A.N., Nazarenko N.V. 2005. Antropofunksional'nyy analiz territorii kak osnova ekolgo-geograficheskogo rayonirovaniya Belgorodskoy oblasti [Antropofunksionalny analysis of the territory as a base ekolgo-geographical regionalization of the Belgorod region]. Problemy regional'noj jekologii [Regional Environmental Issues], (1): 21–26 (in Russian)

9. МУ 2.1.7.730-99. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест. Дата введения 05.04.1999.

MU 2.1.7.730-99. Hygienicevaluation of soil in residential areas. Date of introduction 05.04.1999. (in Russian)

10. Орлов В.П. (ред.). 2001. Железные руды КМА. М., Геоинформмарк, 616.

Orlova V.P. (red.). 2001. Zheleznye rudy KMA [Iron ore of KMA]. Moscow, Geoinformmark, 616. (in Russian)

11. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Дата введения 01.11.1996.

SNiP 11-02-96. Engineering survey for construction. Basic principles. Date of introduction 01.11.1996. (in Russian)

12. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. Дата введения 15.08.1997.

SP 11-102-97. Engineering and environmental surveys for construction. Date of introduction 15.08.1997. (in Russian)



УДК 504.05

**ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА РАЙОНА
ХИНГАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ОЛОВА ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ****EVALUATION OF SOIL CONTAMINATION WITH HEAVY METALS IN
THE KHINGANSKY TIN DEPOSIT AREA****М.В. Горюхин
M.V. Goruykhin**

*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Россия, 679016, Биробиджан,
ул. Шолом-Алейхема, 4*

Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS, 4 Sholom-Aleikhem St, Birobidzhan, 679016, Russia,

E-mail: goruhin@mail.ru

Ключевые слова: загрязнение почв, тяжелые металлы, оценка загрязнения, суммарный показатель загрязненности, кларк, региональный фон тяжелых металлов.

Key words: soil pollution, heavy metals, pollution assessment, the total pollution index, clark, regional background of heavy metals.

Аннотация. Проведена оценка экологического состояния почвенного покрова района длительной разработки полезных ископаемых на примере Хинганского месторождения олова. Для определения степени загрязнения проанализированы пробы поверхностных слоёв почвенного профиля зоны ведения горных работ, выноса загрязнений и фоновой территории на содержание таких тяжелых металлов, как Fe, Cu, Pb, Zn, As, Ni, Cd и Co. Полученные значения оценены относительно нормативных показателей, в качестве которых выбраны кларк, региональное фоновое содержание и суммарный показатель загрязнения. Установлено, что в почвах происходит накопление тяжелых металлов, преимущественно в понижениях рельефа; при расчете экологических показателей необходимо учитывать геохимические особенности территории.

Resume. The paper presents an ecological evaluation of soil condition in the Khingan tin deposit area after a long period of mine-working. To determine the level of soil contamination, it was tested the samples from soil profile surface layers - in the zones of mountain works, and in the control and background territories. The content of heavy metals, such as Fe, Cu, Pb, Zn, As, Ni, Cd, and Co was evaluated in the samples by means of their comparison with standard indicators, showing the clark, regional background maintenance, and a total index of pollution. It has been stated that soils accumulate heavy metals, their concentration being higher in low relief sites. Thus, while estimating ecological showings, it is always necessary to take into account geochemical features of the territory.

Введение

Начиная со второй половины 20 века, влияние техногенеза на природную среду значительно возросло. Ежегодно перемещаются миллиарды тонн угля, нефти, руд и строительных материалов, т. е. в течение небольшого периода времени происходит рассеивание веществ, на накопление которых природе требуются многие тысячи лет. При этом результаты воздействия горнодобывающей промышленности на компоненты окружающей среды достаточно похожи – нарушение рельефа, почвенного и растительного покрова, поверхностного и подземного стоков. Как следствие, происходит формирование горнопромышленных ландшафтов и техногенных аномалий, определяющих качество окружающей среды [Перельман, Касимов, 1999; Сагет и др., 1990], поэтому возникает необходимость адекватной оценки экологического состояния территорий, подверженных длительному воздействию горнорудной промышленности.

Дальний Восток России (ДВР) обладает уникальными минерально-сырьевыми ресурсами от руд благородных металлов до строительных материалов и минеральных вод. Разработка месторождений сопровождается широкомасштабными изменениями природной среды. Этому также способствуют климатические особенности территории, усиливающие процессы окисления руд в зоне аэрации и поступления соединений высокотоксичных тяжелых металлов (ТМ) в окружающую среду, например Pb, Zn, As, Cd, Bi, Mn, Cu и др. [Бакулин и др., 1999; Адмидин и др., 2005; Зонов и др., 2008].

Целью работы является оценка экологического состояния почвенного покрова района длительной разработки полезных ископаемых, на примере Хинганского месторождения олова.

Район исследования

Работы проводились на северо-западе Еврейской автономной области (ЕАО) в западных отрогах хребта Малый Хинган, осевая часть которого вытянута почти меридианально. Горы характеризуются мягкими, сглаженными формами. Абсолютные высоты обычно не превышают 550–650 м, относительные – 200–300 м, отдельные вершины достигают 800 м. Самой крупной водной артерией является река Левый Хинган, общая длина которой от истоков до слияния с р. Правый Хинган составляет 16 км, площадь бассейна – 146 км².

В первой половине прошлого века здесь произошёл крупный лесной пожар, что подтверждается данными полевых наблюдений – местами, под маломощным дерновым слоем, отмечаются прослойки древесных углей. В результате, исходная лесная растительность выгорела, а современная представлена вторичными белоберёзовыми и берёзово-осиновыми лесами. Почвы – буротаежные иллювиально-гумусовые, каменисто-щебенистые. Территория относится к Малохинганскому району Среднеамурской климатической провинции, погодные условия которой определяются значительным влиянием муссонных процессов [Петров и др., 2000; Справочник, 1967; Журнист и др., 2004; Ванеев, 1931].

Территория Хингано-Олонойского рудного района совпадает с площадью распространения меловых вулканогенных пород Хингано-Олонойского прогиба. Здесь обнаружен ряд многочисленных проявлений и месторождений оловянных и оловополиметаллических руд, самым крупным из которых является Хинганское. Горными выработками и скважинами оно прослежено на глубину более 800 м без признаков уменьшения оруденения. Месторождение, в целом, представляет собой единый штокверк с густой сетью ветвящихся, беспорядочно распределённых прожилков, сложенных касситеритом, кварцем, хлоритом, флюоритом и сульфидами. Основным рудным минералом является касситерит (в среднем около 0.7%), вторыми по значимости – флюорит (около 2%) и сульфиды меди, цинка, свинца (суммарно менее 1%). Рудные тела имеют относительно небольшие поперечные размеры (30–50 м) и протяжённость по падению до 300–400 м [Сидоренко, 1986; Коростелев и др., 2000; Усиков, 2006; Горюхин, 2012].

На первоначальном этапе эксплуатации объекта (1944–1963 гг.) заложен карьер и сформированы плоские отвалы вскрышных, вмещающих пород и бедных руд. В начале 50-х годов произошла техногенная катастрофа – прорыв дамбы хвостохранилища с выносом отходов обогащения в долину р. Левый Хинган. В 1964 г., в связи с отработкой верхних горизонтов месторождения, Хинганский ГОК перешёл на подземный способ добычи руды через шахту «Капитальная». Комбинат прекратил свою работу в 2005 г. Для хранения отходов обогащения были построены три хвостохранилища общей площадью около 15 га, они не рекультивированы и подвергаются интенсивному воздействию водной и ветровой эрозии. За время, прошедшее после прекращения эксплуатации месторождения, растительность восстановилась на незначительной части поверхности хвостохранилищ [Горюхин, 2013; Горюхин, 2012].

Объект и методы исследования

Объект исследования – почвы района разработки Хинганского месторождения олова. Отбор проб производился в июле 2009 г. методом конверта, из верхнего поверхностного слоя почвенного профиля в непосредственной близости от отходов добычи и обогащения руд, а также ниже и выше пос. Хинганск по течению р. Левый Хинган (рис. 1). Расположение полигонов отбора проб: №1 – левый берег р. Левый Хинган, ниже устья ключа Малиновый, выносящего загрязнители с территории ведения горных работ; №2 – на берегу ключа Малиновый из верхнего дернового слоя и №3 – из запирающего слоя почвенного профиля; №4 – на перегибе склона на сопке высотой 686 м в зоне непосредственного влияния отвалов и – №5 на ее вершине; №6 – на левом берегу р. Левый Хинган, выше пос. Хинганск.

Реестр ТМ обоснован геохимическими особенностями территории и минеральным составом месторождения, для которого помимо касситерита (SnO₂), характерно присутствие сульфидов Fe, Cu, Pb, Zn, As. Эти минералы в качестве примесей могут содержать соединения Ni, Cd и Co [Усиков, 2006; Лебедева, 1972].

Валовое содержание тяжелых металлов определялось в Инновационно-аналитическом центре Института тектоники и геофизики ДВО РАН (г. Хабаровск) на спектрометре ICP-MS Elan DRC II PerkinElmer методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой после кислотного разложения в микроволновом поле. Контроль экологического состояния почв проведен по следующим показателям [Перельман, Касимов, 1999]:

1) отношение концентрации ТМ к Мировому кларковому содержанию;

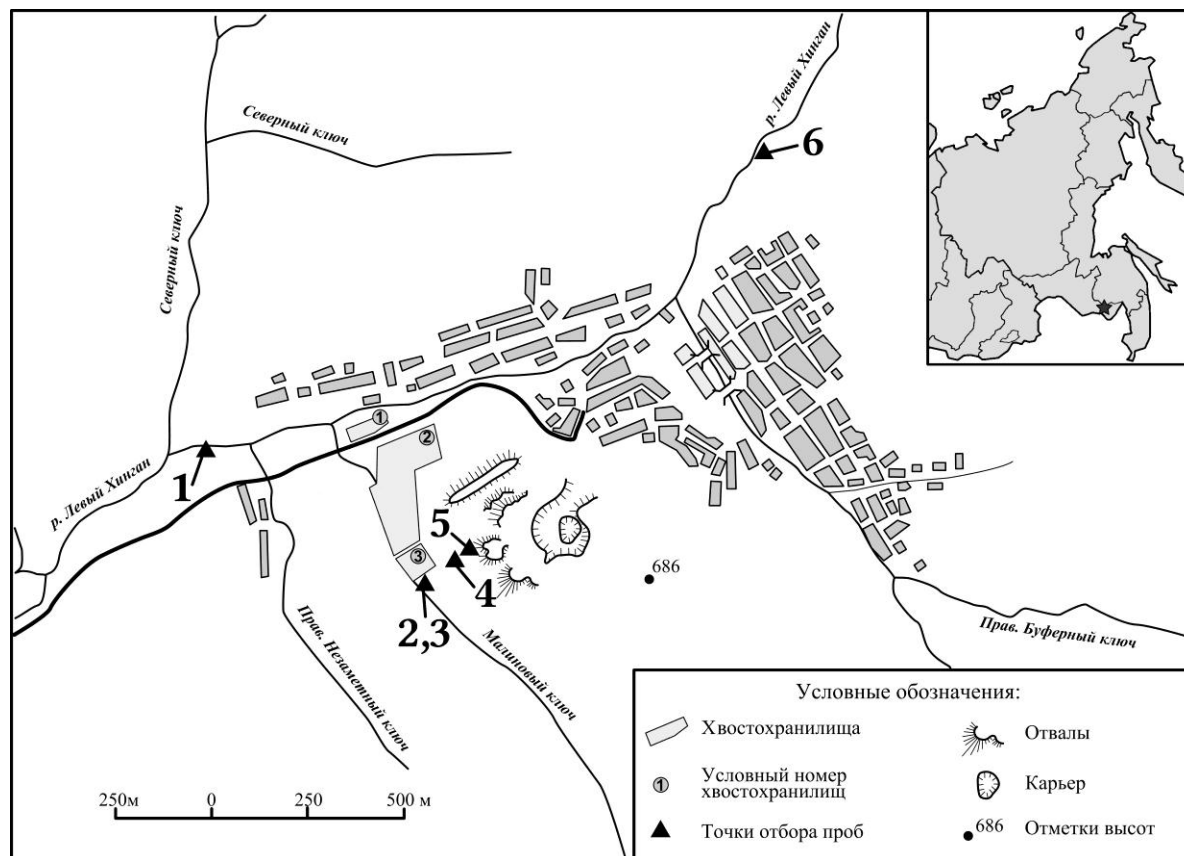


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб
Fig. 1. Arrangement of sampling points

2) коэффициент аномальности элемента (K_c): отношение его содержания в пробе (C_i) к среднему фоновому значению (C_f): $K_c = C_i / C_f$;

3) суммарный показатель загрязнения (Z_c): $Z_c = \sum K_c - (n - 1)$, где n – количество учитываемых элементов.

Для оценки опасности загрязнения почв использована следующая шкала: $Z_c \leq 16$ – не опасное; 16–32 – умеренно опасное; 32–128 – опасное; >128 – чрезвычайно опасное.

Результаты и обсуждение

По данным валового содержания ТМ (табл. 1) построен концентрационный ряд, показывающий, что основными природными загрязнителями, характерными для Буреинской геохимической провинции являются Fe и Mn , а среди техногенных поллютантов преобладают Zn , Cu и Pb : $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > As > Sn > Ni > Co > Cd$.

Таблица 1
Table 1

Содержание тяжелых металлов в почвах района Хинганского месторождения олова, мг/кг
Soil heavy metals content of Khingan tin deposit area, mg/kg

Номер пробы	Содержание тяжелых металлов, мг/кг									
	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Sn</i>	<i>Pb</i>
1	1564.1	25974.8	8.7	14.5	131.5	2199.3	84.0	15.7	18.4	114.5
2	1162.5	26295.4	4.0	8.9	69.0	447.4	34.1	2.7	28.6	147.2
3	942.5	55718.9	2.2	2.2	541.4	562.2	488.3	1.1	193.4	342.4
4	745.9	23032.5	3.3	8.8	122.7	622.1	46.8	3.6	33.6	165.6
5	3147.4	33122.1	9.2	16.8	36.8	404.4	40.3	1.9	7.7	68.0
6	2031.6	25376.4	8.2	17.6	16.1	171.7	8.5	1.0	5.2	42.9
Среднее	1263.8 ±931.0	34496.7 ±12903.8	5.9 ±3.3	11.5 ±6.2	152.9 ±205.4	734.5 ±770.6	117.0 ±192.6	4.3 ±5.93	47.8 ±5.93	146.8 ±111.7

В результате перерасчета данных таблицы 1 установлено, что все ТМ, кроме *Fe*, *Ni* и *Co*, находятся в концентрациях выше кларковых: наибольшие превышения характерны для токсичных металлов – *As*, *Cd*, *Sn* и *Zn*; наименьшие – для *Ni*, *Co* и *Fe* (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Содержание тяжелых металлов в почвах района Хинганского месторождения, кларк концентрации (Кк)
Soil heavy metals content of Khingan tin deposit area, clark concentration (Cc)

Номер пробы	Содержание тяжелых металлов, Кк									
	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>As</i>	<i>Cd</i>	<i>Sn</i>	<i>Pb</i>
1	1.6	0.6	0.5	0.3	2.8	26.5	49.4	120.6	7.4	7.2
2	1.2	0.6	0.2	0.2	1.5	5.4	20.1	20.7	11.4	9.2
3	0.9	1.2	0.1	0.0	11.5	6.8	287.2	8.6	77.4	21.4
4	0.7	0.5	0.2	0.2	2.6	7.5	27.5	27.3	13.4	10.3
5	3.1	0.7	0.5	0.3	0.8	4.9	23.7	14.9	3.1	4.2
6	2.0	0.5	0.5	0.3	0.3	2.1	5.0	7.5	2.1	2.7
Среднее	1.6	0.7	0.3	0.2	3.3	8.9	68.8	33.3	19.1	9.2

Сравнение содержания ТМ с их кларками позволяет получить информацию об особенностях химического состава компонентов ландшафта относительно среднемирового уровня, но для адекватной оценки необходимо учитывать региональные геохимические особенности изучаемой территории, прежде всего в районах месторождений полезных ископаемых, аномальных по содержанию некоторых химических элементов. Так, в Хингано-Олонойском рудном районе только для олова фоновые и кларковые концентрации имеют достаточно близкие значения (табл. 3) [Лебедева, 1972; Виноградов, 1962], поэтому каждый из них можно использовать в качестве стандарта. Для меди, цинка и свинца, при расчете Кс и Зс, необходимо учитывать фоновые показатели.

Таблица 3
Table 3

Фоновое и кларковое содержание тяжелых металлов в Хингано-Олонойском рудном районе, мг/кг
Background and clarke heavy metals contents in the Khingan-Olono ore area, mg/kg

Элемент	Содержание тяжелых металлов, мг/кг		
	Фоновое [Лебедева, 1972]		Кларк [Виноградов, 1962]
	Горные породы	Почвы и элювиально-делювиальные отложения	Горные породы
<i>Cu</i>	5.3–6.0	5.0–5.5	47.0
<i>Zn</i>	90.0	16.0–60.0	83.0
<i>Pb</i>	14.0–15.0	6.0	16.0
<i>Sn</i>	3.7–4.0	1.5–3.0	2.5

В связи с тем, что фоновое содержание ТМ изменяется в широком диапазоне, были рассчитаны минимальное и максимальное значения коэффициентов аномальности (*Kc*) (табл. 4).

Таблица 4
Table 4

Значение коэффициентов аномальности тяжелых металлов в почвах в районе Хинганского месторождения олова
The value of the anomaly heavy metals in soils in the area of Khingan deposits of tin

Номер пробы	Коэффициент аномальности (<i>Kc</i>)			
	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Sn</i>	<i>Pb</i>
1	24.8–26.3	36.7–137.5	6.1–12.3	19.1
2	13.0–13.8	7.5–28.0	9.5–19.1	24.5
3	102.2–108.2	9.4–35.1	64.5–129	57.1
4	23.1–24.5	10.4–38.9	11.2–22.4	27.6
5	6.9–7.4	6.7–25.3	2.6–5.1	11.3
6	3.0–3.2	2.9–10.7	1.7–3.5	7.2

По вышеприведенным значениям Z_c произведен расчет суммарного показателя загрязнения Z_c .

Согласно шкале Z_c [Перельман, Касимов, 1999] практически во всех пробах отмечается превышение допустимого уровня содержания ТМ (рис. 2). Наименьшее значение Z_c установлено в пробе №6, расположенной за пределами ведения горных работ, и оценивается как не опасное, а наибольшее, превышающее фон в 15.5 раза в пробе №3, что вероятно связано с факторами, способствующими их накоплению – понижение рельефа и наличие глинистых пород аккумулирующих загрязнители. Экологическое состояние почвенного покрова здесь следует считать чрезвычайно опасным. В среднем, фоновое значение Z_c превышено в 6 раз.

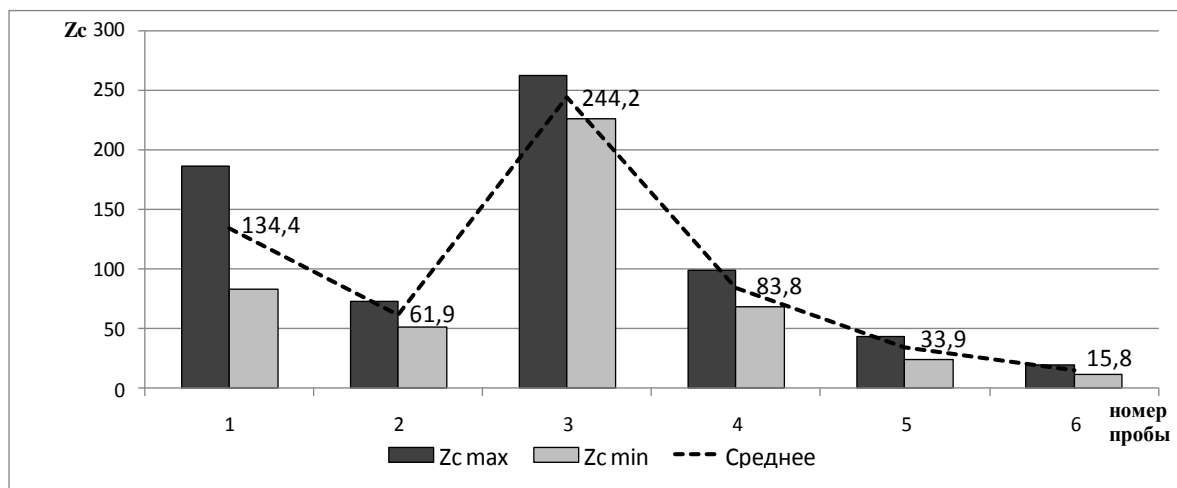


Рис. 2. Значения суммарного показателя загрязнённости почв района Хинганского месторождения олова

Fig. 2. Values of total contaminated index of Khingan tin deposits area soil

Заключение

Таким образом, экологическое состояние почвенного покрова Хинганского месторождения олова характеризуется как опасное и чрезвычайно опасное. В целом, в почвах, расположенных близко к местам ведения горных работ, накоплено большое количество токсичных ТМ. Наиболее опасными в данном отношении являются понижения в рельефе, в которых происходит накопление загрязнителей.

Список литературы

References

1. Адмидин А.Г., Антонова Н.Е., Бардаль А.Б. и др. 2005. Природопользование Дальнего Востока России и Северо-Восточной Азии: потенциал интеграции и устойчивого развития. Владивосток–Хабаровск, ДВО РАН, 528.

Admidin A.G., Antonova N.E., Bardal' A.B. et al. 2005. Prirodopol'zovanie Dal'nego Vostoka Rossii i Severo-Vostochnoy Azii: potentsial integratsii i ustoychivogo razvitiya. [Natural resources use of the Russian far East and Northeast Asia: potential of integration and sustainable development]. Vladivostok–Khabarovsk, DVO RAN, 528. (in Russian)

2. Бакулин Ю.И., Буряк В.А., Галитчанин и др. 1999. Основные проблемы изучения и добычи минерального сырья Дальневосточного экономического района. Минерально-сырьевой комплекс ДВЭР на рубеже веков. Хабаровск., ДВИМС, 214.

Bakulin Yu.I., Buryak V.A., Galitchanin et al. 1999. Osnovnye problemy izucheniya i dobychi mineral'nogo syr'ya Dal'nevostochnogo ekonomicheskogo rayona. Mineral'no-syr'evoy kompleks DVER na rubezhe vekov. [Basic problems of investigation and extraction of the Russian's Far East mineral sources]. Khabarovsk, DVIMS, 214. (in Russian)

3. Ванев Е.И. 1931. Биро-Биджан: историческая справка, география, природные богатства, пути сообщения, население, хозяйство, колонизация. Хабаровск, Огиз, Далькрайотделение, 87.

Vaneev E.I. 1931. Biro-Bidzhan: istoricheskaja spravka, geografija, prirodnye bogatstva, puti soobshhenija, naselenie, hozjajstvo, kolonizacija [Birobidzhan: History, geography, natural resources, means of communication, population, economy, colonization]. Habarovsk, Ogiz, Dal'krajotdelenie, 87. (in Russian)

4. Виноградов А.П. 1962. Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. Геохимия, 7: 555–571.

- Vinogradov A.P. 1962. Srednie sodержaniya khimicheskikh elementov v glavnykh tipakh izverzhennykh gornykh porod zemnoy kory [Average content of chemical elements in main types of rocks]. *Geokhimiya*, 7: 555–571. (in Russian)
5. Горюхин М.В. 2012. Изучение поступления тяжелых металлов в компоненты окружающей природной среды, на примере Хинганского месторождения оловянных руд Еврейской АО. *Известия Томского политехнического университета*, 320 (1): 189–193.
- Goryukhin M.V. 2012. The study of heavy metals in environmental components, for example Khingansky deposits of tin ore Jewish Autonomous Region. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 320 (1): 189–193. (in Russian)
6. Горюхин М.В. 2013. Особенности восстановления растительного покрова на хвостохранилищах Хинганского горно-обогатительного комбината. *Региональные проблемы*, 16 (1): 87–91.
- Goryukhin M.V. 2013. Revegetation features on tin tailings of Khingansk mining. *Regional'nye problemy*, 16 (1): 87–91. (in Russian)
7. Журнист В.И., Коган Р.М., Кодякова Т.Е. и др. 2004. Природные ресурсы Еврейской автономной области. Биробиджан, ИКАРП ДВО РАН, 112.
- Zhurnist V.I., Kogan R.M., Kodyakova T.E. et al. 2004. Prirodnye resursy Evreyskoy avtonomnoy oblasti [Natural resources of the Jewish Autonomous Region]. Birobidzhan, IKARP DVO RAN. 112. (in Russian)
8. Зонов Ю.Б., Говорущко С.М., Ганзей К.С. 2008. Современные представления о геосистемах. В кн.: Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. Т. 1. Природные геосистемы и их компоненты. Владивосток, Дальнаука: 11–13.
- Zonov Yu.B., Govorushko S.M., Ganzey K.S. 2008. Sovremennyye predstavleniya o geosistemakh. In: *Geosistemy Dal'nego Vostoka Rossii na rubezhe XX–XXI vekov. T. 1. Prirodnye geosistemy i ikh komponenty* [Geosystems Russian Far East at the turn of the XX–XXI centuries. Vol. 1. Natural geosistemy and their components]. Vladivostok, Dal'nauka: 11–13. (in Russian)
9. Коростелев П.Г., Семеняк Б.И., Демашов А.М. и др. 2000. Некоторые особенности вещественного состава руд Хинганского месторождения олова. В кн.: Рудные месторождения континентальных окраин. Вып. 1. Владивосток, ДВГИ: 202–225.
- Korostelev P.G., Semenyak B.I., Demashov A.M. et al. 2000. Some aspects of Khingansk tin deposit ore chemical conditions. In: *Rudnyye mestorozhdeniya kontinental'nykh okrain. Vyp. 1* [Ore deposits of continental margins. Vol. 1.]. Vladivostok, DVGI: 202–225. (in Russian)
10. Лебедева К.В. 1972. Формирование геохимических ореолов и потоков рассеяния на Малом Хингане и их поисковое значение. Дисс. ... канд. геол.-минерал. наук. Ухта, 219.
- Lebedeva K.V. 1972. Formirovaniye geokhimicheskikh oreolov i potokov rasseyaniya na Malom Khingane i ikh poiskovoye znachenie [Formation of geochemical halos and leakage flux in the Malyy Khingan and their search value]. Dis. ... cand. geol.-mineral. sciences. Ukhhta, 219. (in Russian)
11. Перельман А.И., Касимов Н.С. 1999. Геохимия ландшафта. М., МГУ, 610.
- Perel'man A.I., Kasimov N.S. 1999. *Geokhimiya landshafta* [Landscape geochemistry]. Moscow, MGU, 610. (in Russian)
12. Петров Е.С., Новороцкий П.В., Леншин В.Т. 2000. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток–Хабаровск, Дальнаука, 174.
- Petrov E.S., Novorotskiy P.V., Lenshin V.T. 2000. *Klimat Khabarovskogo kraya i Evreyskoy avtonomnoy oblasti* [The climate of the Khabarovsk Territory and the Jewish Autonomous Region]. Vladivostok–Khabarovsk: Dal'nauka, 174. (in Russian)
13. Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. 1990. Геохимия окружающей среды. М., Недра, 335.
- Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. et al. 1990. *Geokhimiya okruzhayushchey sredy* [Environment geochemistry]. Moscow, Nedra, 335. (in Russian)
14. Сидоренко А.В. (гл. ред.). 1986. Геология СССР. Т. XIX. Ч. 1. Геологическое описание. Хабаровский край и Амурская область. М., Недра, 736.
- Sidorenko A.V. (gl. red.). 1986. *Geologiya SSSR. T. XIX. Ch. 1. Geologicheskoye opisaniye. Khabarovskiy kraj i Amurskaya oblast'* [Geology of the USSR. Vol. XIX. Part 1. Geological description: Khabarovsk Territory and Amur region]. Moscow, Nedra, 736. (in Russian)
15. Справочник по климату СССР. 1967. Вып. 25. Ч. 3. Ветер. Л., Гидрометеиздат, 318.
- Spravochnik po klimatu SSSR. 1967. Vyp. 25, Ch. 3. Veter. [USSR Climate Handbook. Vol. 25. Part 3. Wind]. Leningrad, Gidrometeoizdat, 318. (in Russian)
16. Усиков В.И. 2006. Минеральные ресурсы Еврейской автономной области. Опыт их изучения и освоения, проблемы, перспективы. Владивосток, Дальнаука, 144.
- Usikov V.I. 2006. *Mineral'nye resursy Evreyskoy avtonomnoy oblasti. Opyt ikh izucheniya i osvoeniya, problemy, perspektivy* [Mineral resources of the Jewish autonomous region. Experience of their study and development, problems and prospects]. Vladivostok, Dal'nauka, 144. (in Russian)



УДК 551.502(470.325)

АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

AGROCLIMATIC ZONING OF THE BELGOROD REGION IN A CHANGING CLIMATE

М.Г. Лебедева, А.Б. Соловьев, О.С. Толстопятова
M.G. Lebedeva, A.B. Solovyov, O.S. Tolstopyatova

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

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

E-mail: lebedeva_m@bsu.edu.ru; solovev@bsu.edu.ru; 656542@bsu.edu.ru

Ключевые слова: климатические изменения, температурный режим, период активной вегетации, гидро-термический режим, агроклиматическое районирование.

Key words: climate change, temperature regime, the period of active vegetation, hydrothermal regime, agro-climatic zoning.

Аннотация. Проведена оценка изменений агроклиматических ресурсов на территории Белгородской области в связи с современными изменениями климатических условий и проведено агроклиматическое районирование региона, которое показало, что на территории области не стало первого агроклиматического района (с суммой активных температур 2400–2600°) и появился третий агроклиматический район (сумма температур более 2800°). Условия увлажнения стали более засушливыми не за счет сокращения выпадающих осадков, а счет изменения термического режима. Происходящие изменения благоприятны для выращивания теплолюбивых культур с коротким сроком вегетации.

Resume. The account of climate and water factors is of great importance in increasing crop yields. Skillful and effective use of favorable and overcoming harmful conditions of climate and weather is one of the main purposes of agriculture. Agro-climatic factors, the most important of which are temperature and rainfall, have a decisive influence on the yield of agricultural crops, although estimates of this effect are mixed. The aim of this work is the analysis of the modern agro-climatic conditions of the Belgorod region. The objective of the study – conducting the agro-climatic zoning of the region's response to climate change. The object of the study was agro-climatic resources of the Belgorod region. The initial material was agro-meteorological information about the temperature and amount of precipitation during the vegetation period. Processing of materials was made by standard programs Clicom and Climware. The data analysis of the agro-meteorological observations points conducted during the research demonstrates the growth of the sum of effective temperatures above +5°C. During the research the following features were revealed: the average for the region over the last 15 years have seen an increase in the sum of active temperatures above +10 °C on average at 300°C, the duration of the vegetation period increased by 5-7 days, the beginning of active vegetation has shifted to an earlier date which is early April. During the vegetation period of 1981-2010, the sum of active temperatures has been increased, and the rainfall - decreased slightly. Hydrothermal coefficient (HTC) has been decreased too. There are also changes in agro-climatic zoning. If we compare the zoning placed in reference books, as well as for the periods: 1961-1990, 1971 - 2000 and 1980-2010, it will be possible to trace the changes: firstly, in the last decade the first analyzed agro-climatic area disappeared, it was replaced by the second area, secondly, the third area with higher values of the sum of active temperatures during the growing season appeared. It has become possible to grow more southern varieties of crops. Taken into account the unchanged duration of the period of active vegetation, thermophilic cultures with short-term maturity should be preferred. By 2020, if current trends continue, the projected climate changes will lead to significant changes in agro-climatic conditions of cultivation of agricultural crops in the region. Heat supply will increase the vegetation period on the background of increasing probability of drought phenomena.

Введение

В последнее время в ЦЧР из-за меняющихся климатических и погодных условий происходит смена срока сева многих культур, происходят резкие скачки температур в зимний и весенний периоды, а это губит зерновые культуры, которые были посеяны под зиму [Коломейченко, 2007].

Учет климатических и водных факторов имеет большое значение в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Умелое и эффективное использование благоприятных и преодоления вредных условий климата и погоды одна из основных целей сельского хозяйства. В настоящее время выполняются попытки прогнозирования изменений агроклиматических условий производства продукции растениеводства (температурного режима воздуха и почвы, количества и режима атмосферных осадков, продолжительности вегетационного периода, изменения плодородия почвы, содержания углекислого газа в атмосфере и других), и воз-

никает проблема определения их влияния на динамику урожайности сельскохозяйственных культур [Ашабоков и др., 2012].

Агроклиматические факторы, важнейшими из которых являются температура воздуха и количество осадков, оказывают определяющее влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, хотя оценки этого влияния имеют неоднозначный характер.

Климатические показатели были рассчитаны по данным наблюдений сети действующих метеорологических станций Росгидромета [Фондовые материалы Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды].

Целью работы является анализ агроклиматических условий Белгородской области и проведения нового агроклиматического районирования с учетом климатических изменений.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования явились агроклиматические ресурсы Белгородской области. Исходным материалом послужили агрометеорологическая информация о режиме температуры воздуха и сумме осадков за вегетационный период.

Результаты и их обсуждение

Агроклиматические ресурсы слагаются, прежде всего, из ресурсов главных факторов жизни растений: тепла, света и влаги. В XXI веке продолжают изменения климатических составляющих урожайности зерновых культур. Происходят значительные изменения в формировании температурного режима в Центрально-Черноземной области и его экстремальных характеристик.

В качестве основного агроклиматического показателя, определяющего ресурсы тепла и потребность в них сельскохозяйственных культур, принята сумма средних суточных значений температур выше 10°C, поскольку она характеризует период активной вегетации большинства растений. Показателем теплообеспеченности вегетационного периода может служить сумма средних суточных температур за период с температурой выше 10°C, которая изменяется от 2550 на севере до 2800 на юге области. На рисунке 1 представлены данные об изменении суммы активных температур выше 10°C.

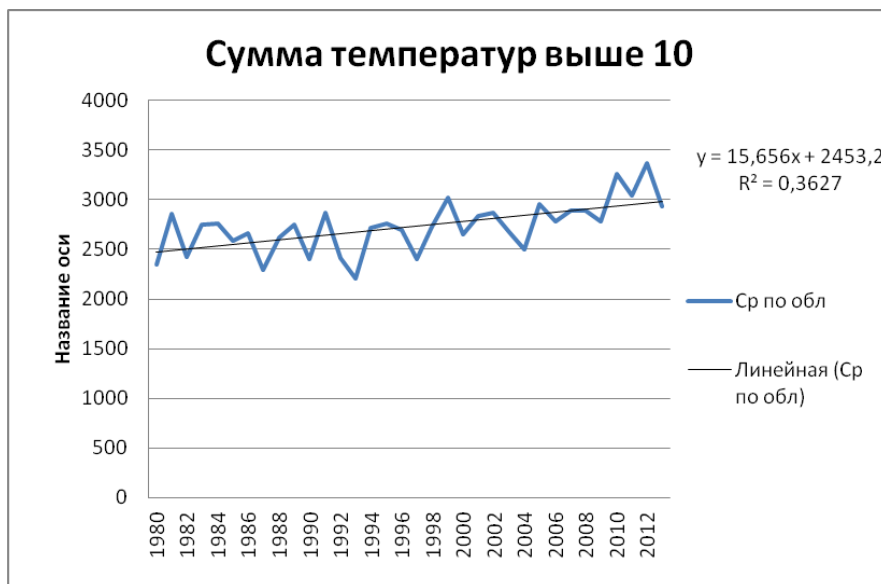


Рис. 1. Сумма активных температур выше 10°C за период 1980–2012 гг.
Fig. 1. Sum of active temperatures above 10°C for the period 1980–2012

В среднем по области за последние 15 лет произошло увеличение суммы активных температур выше +10°C в среднем на 300°C.

Одним из условий произрастания сельскохозяйственных культур является термические условия периода вегетации – с устойчивой температурой воздуха выше +5°C (рис. 2).

Существенное изменение в сумме активных и эффективных температур произошло с 1998 г., что связано с изменением циркуляционных условий [Кононова, 2009]. Изменение характера циркуляции атмосферы вызывает существенное влияние на погодные условия региона и в значительной степени определяет формирование экстремальных значений метеорологических параметров [Petin et al., 2014]. Для данной циркуляционной эпохи типично уменьшение про-

должительность выходов южных циклонов. Они, в свою очередь, играют важную роль в определении агроклиматических условий. Прежде всего, возрастание продолжительности стационарирования блокирующих антициклонов летом способствует росту температуры воздуха и повышает вероятность возникновения засух и природных пожаров. Все это пагубно сказывается на посевах зерновых культур, в особенности озимых, так как в конце июня происходит цветение этих культур, а в последние годы чаще всего на этот период приходились засухи.

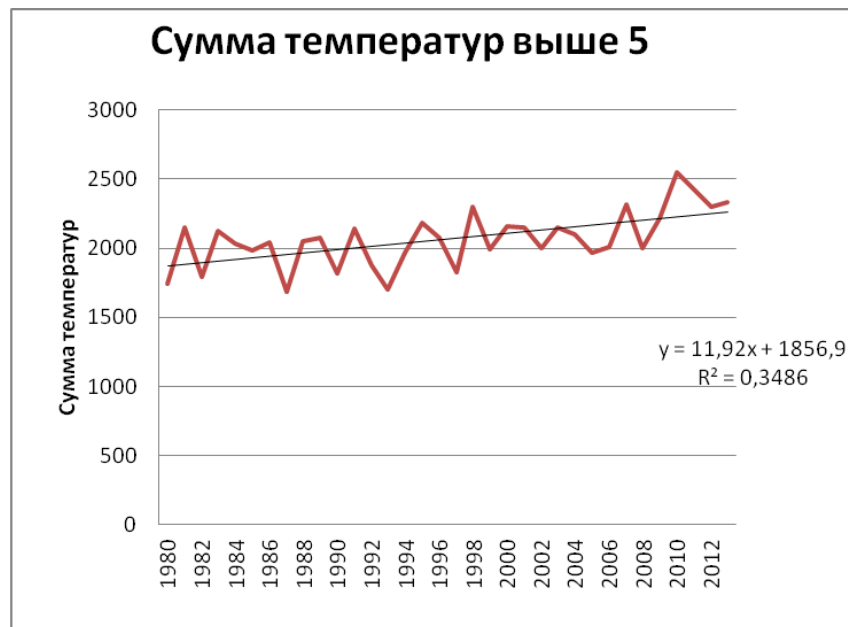


Рис. 2. Сумма эффективных температур выше 5°C за период 1980–2012 гг.
Fig. 2. Sum of effective temperatures above 5°C for the period 1980–2012

Известно, что среди нерегулируемых факторов среды значительное влияние на формирование урожая озимых культур оказывает гидротермический режим, в основном, количество осадков и температура. Проследить тенденцию изменений периодов активной вегетации и вегетации можно на рисунках 3, 4. Продолжительность периода активной вегетации незначительно увеличился – на 2–5 дней. Продолжительность вегетационного периода со среднесуточной температурой выше 5°C за период 1980–2010 гг. увеличилось в среднем на 5–7 дней. Произошли также изменения в сроках начала активной вегетации; они сместились на более ранние сроки, но незначительно – на 3–5 дней. Осенью картина обратная – значительно продлились сроки активной вегетации (в среднем на 2 недели), а окончание вегетационного периода наступает всего на 3–5 дней позднее, чем в середине пятидесятых годов прошлого века. [Лебедева, Крымская, 2008].

Среднеобластное количество осадков в начале XXI века, как годовое, так и в течение теплого периода, незначительно возросло, но характеристики увлажнения к настоящему времени мало изменились. Показателем влагообеспеченности вегетационного периода служит гидротермический коэффициент (ГТК), равный отношению суммы осадков к испаряемости за вегетационный период, выраженный суммой температур воздуха выше 10°C, уменьшенной в 10 раз. Неблагоприятные погодные условия для возделывания сельскохозяйственных культур складываются в годы с ГТК менее 1.0, благоприятные – в годы со значениями ГТК 1.0–1.4, особо благоприятные условия создаются в годы с ГТК более 1.4.

В многолетнем режиме ГТК изменяется от 1.2 на северо-западе региона до 0.9 к юго-востоку области. Значения гидротермического коэффициента за последние 30 лет представлены на рисунке 5. Имеет место слабый тренд уменьшения комплексного показателя тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода, но существенных изменений не фиксируется. В экстремальном по погодным условиям 2010 году наблюдались наиболее засушливые условия; гидротермический коэффициент за основной вегетационный период (май–август) составил 0.67, что достоверным образом характеризует засуху. Такие условия привели во многих регионах Центрального Черноземья к почвенной и атмосферной засухе и к значительным потерям урожая.



Рис. 3. Продолжительность периода активной вегетации
Fig. 3. The duration of the period of active vegetation



Рис. 4. Продолжительность вегетационного периода
Fig. 4. The duration of the vegetation period



Рис. 5. Гидротермический коэффициент
Fig. 5. Hydrothermal coefficient

Сельскохозяйственная оценка территории с точки зрения климатических условий предполагает определение агроклиматических ресурсов, то есть совокупности агроклиматических условий, определяющих урожай возделываемых культур. Агроклиматическое районирование – это деление территории на районы по признаку сходства и различия их агроклиматических условий. Основные задачи агроклиматического районирования сводятся к выделению таксономических агроклиматических единиц, различающихся между собой по агроклиматическим показателям и условиям сельскохозяйственного производства, к установлению их географических границ и составлению карт агроклиматического районирования разного масштаба – от мировых до карт отдельного хозяйства [Лосев, Журина, 2001]. Проведение агроклиматического районирования необходимо, прежде всего, для сельскохозяйственного сектора Белгородской области, так как оно показывает не только распределение суммы температур выше 10°C и ГТК по территории, но и обосновывает выращиваемые и потенциально возможные сельскохозяйственные культуры.

Впервые карта общего агроклиматического районирования территории СССР была составлена в 1933 г. Г.Т. Селяниновым. Первое агроклиматическое районирование Белгородской области было составлено в 70-ых годах прошлого столетия (рис. 6).

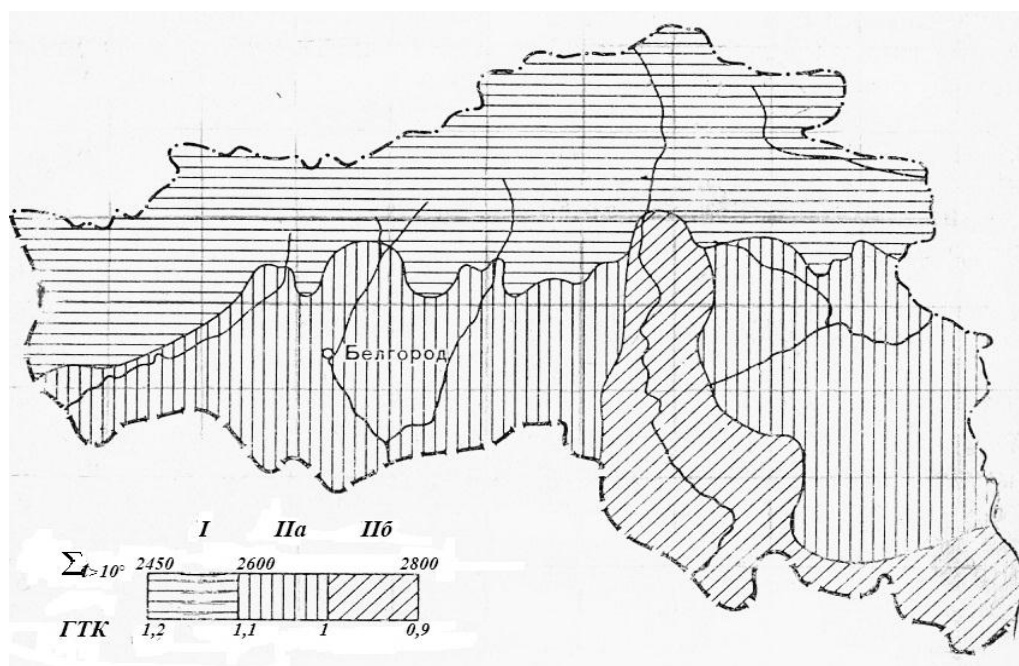


Рис. 6. Агроклиматическое районирование за период 1890–1961 гг. [Агроклиматические ресурсы ..., 1972].

Fig. 6. Agro-climatic zoning for the period 1890-1961 [Agroclimatic resources ..., 1972]

По теплообеспеченности вегетационного периода, рельефу и типам почв Белгородская область была разделена на два агроклиматических района. Граница между ними проходит по изолиниям суммы температур выше 10°C , в одном случае равной 2600°C , в другом 2800°C , и имеет значительное отклонение от широтного направления, объясняющегося неоднородностью физико-географических условий территории.

В данной работе представлено современное агроклиматическое районирование Белгородской области. Для построения карт с агроклиматическими районами были взяты «скользящие» тридцатилетние ряды метеорологических наблюдений 1961–1990 гг., 1971–2000 гг. и 1981–2010 гг., чтобы выделить происходящие агроклиматические изменения.

На рисунках 7 и 8 представлены карты агроклиматического районирования для тридцатилетних периодов 1961–1990 гг., 1971–2000 гг., 1981–2010 гг., и к этим же картам прилагается таблица с характеристиками агроклиматических районов. Картосхемы построены с помощью программного обеспечения БелГИС (разработчик ОАО «ВИОГЕМ»), представляющего возможность подключения различных структур баз данных с единым форматом их хранения и представления, удобным интерфейсом (<http://viogem-sp.ru/node/15>).

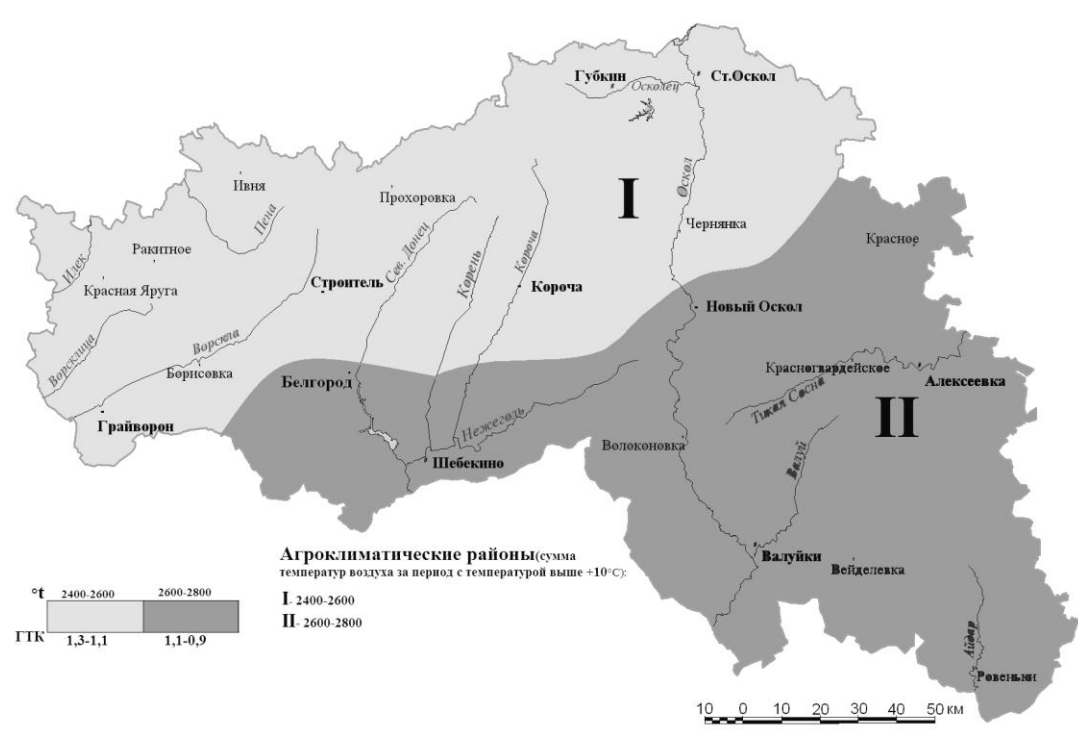


Рис. 7. Агроклиматические районы за периоды 1961–1990 и 1971–2000 гг.
 Fig. 7. Agro-climatic regions for the periods 1961–1990 and 1971–2000

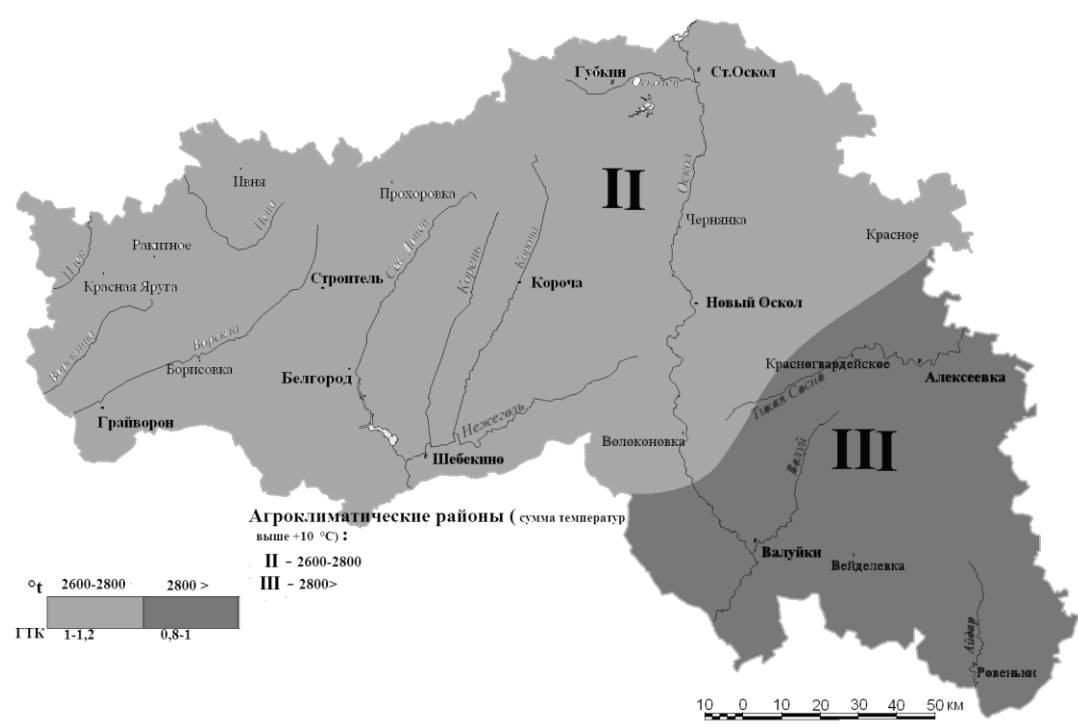


Рис. 8. Агроклиматические районы за период 1981–2010 гг.
 Fig. 8. Agro-climatic regions for the period 1981–2010

Таблица
Table

Характеристика агроклиматических районов
Description of agro-climatic regions

Агро-климатические районы	Продолжительность периодов (в днях) со среднесуточной температурой выше		Сумма температур воздуха за период с температурой выше +10°C	Сумма осадков за период с температурой выше +10°C	ГТК	Выращиваемые сельскохозяйственные культуры и культуры, которые можно выращивать
	+5°C	+10°C				
I	193–198	159–161	2400–2600	250–310	1.1–1.3	озимые культуры, овес, гречиха, картофель, горох, свекла, подсолнечник
II	198–200	162–164	2600–2800	260–270	0.9–1	кукуруза позднеспелая свекла, томаты, подсолнечник, можно выращивать сорго
III	200–203	165–169	2800 и более	230–260	0.8–1	озимые культуры, гречиха, картофель, горох, свекла, подсолнечник кукуруза, позднеспелая свекла, томаты, подсолнечник, можно выращивать сорго, виноград

Как известно, начало современных климатических изменений специалисты соотносят с 70-ми годами прошлого века. Но в первые десятилетия периода климатических изменений наблюдалось потепление по так называемому «зимнему типу». Со сменой характера атмосферной циркуляции в 1998 году произошли изменения в термическом режиме летнего периода, которые отразились в том, что в Белгородской области не стало первого агрометеорологического района, но появился третий агрометеорологический район, характерный ранее для более южных областей.

Выводы

Проведенный в ходе работы анализ данных метеорологических наблюдений свидетельствует о росте теплообеспеченности вегетационного периода в начале XXI века. По сравнению со справочными данными [Агроклиматические ресурсы ..., 1972] за последние 15 лет в среднем по области произошло увеличение суммы активных температур выше +10°C на 300°C. Продолжительность вегетационного периода возросла на 5–7 дней, начало периода вегетации сместилось на более ранние сроки – начало апреля.

Произошли также изменения в агроклиматическом районировании. Если сравнивать районирование, представленное в справочной литературе с районированием за период 1961–1990 гг., 1971–2000 гг. и 1980–2010 гг., то можно проследить произошедшие изменения.

В последний 30-летний период не наблюдается первый агроклиматический район, первый заменился вторым районом, появился третий агроклиматический район. На территории области стало возможным выращивать более южные сорта сельскохозяйственных культур. Учитывая мало изменившуюся продолжительность периода активной вегетации, следует отдавать предпочтение теплолюбивым культурам с коротким сроком созревания.

К 2020 г., при сохранении существующих тенденций, предполагаемые изменения климата приведут к существенным изменениям в агроклиматических условиях возделывания сельскохозяйственных культур в регионе. Повысится теплообеспеченность (суммы активных температур возрастут на 350–400°C, но может уменьшиться влагообеспеченность.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №14-17-00171.

Список литературы References

1. Агроклиматические ресурсы Белгородской области. 1972. Л., Управление гидрометеорологической службы Центрально-Черноземных областей, 92.
Agroclimaticheskiye resurcy Belgorodskoy oblasti. 1972. [Agroclimatic resources of the Belgorod region]. Leningrad, Upravlenie gidrometeorologicheskoy slugby Centralno-Chernozemnyh cblastey, 92. (in Russian)

2. Ашабоков Б.А., Калов Х.М., Федченко Л.М, Стасенко Д.В. 2012. Некоторые проблемы и методы адаптации аграрного сектора к изменению климата. *В кн.: Региональные эффекты глобальных изменений климата (причины, последствия, прогнозы). Материалы международной научной конференции (г. Воронеж, 26–27 июня 2012 г.).* Воронеж, Изд-во Научная книга: 360–365.

Ashabokov B.A., Calov H.M., Fedchenko L.M, Stasenko D.V. 2012. Some of the problems and methods of adaptation of agriculture to climate change. *In: Regionalnye efekty globalnykh izmenenii klimata (prychini, sledstviya, prognozi). Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii [Regional effects of global climate change (causes, consequences, predictions). Materials of international scientific conference (Voronezh, 26–27 June 2012).]* Voronezh, Izd-vo Nauchnaya kniga: 360–365. (in Russian)

3. Лебедева М.Г., Крымская О.В. 2008. Проявление современных климатических изменений в Белгородской области. *Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки, 6 (3): 188–196.*

Lebedeva M. G., Krymskaya O.V. 2008. The modern manifestation of climate change in the Belgorod region. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 6 (3): 188–196.* (in Russian)

4. Лосев А.П., Журина Л.Л. 2001. *Агрометеорология. М., КолосС, 296.*

Losev, A. P., Zhurin, L. L. 2001. *Agrometeorologiya [Agrometeorology]. Moscow, KolosS, 296.* (in Russian)

5. Коломейченко В.В. 2007. *Растениеводство. М., Агробизнесцентр, 552.*

Kolomeichenko V. V. 2007. *Rastenievodstvo: uchebnic dlya studentov [Plant science]. Moscow, Agrobiznescentr, 552.* (in Russian)

6. Кононова Н.К. 2009. Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому. М., Воентехиниздат, 372.

Kononova N. K. 2009. Klassifiktsia tsirculyatsionnyh mekhanizmov po B.L. Dzerdzeevskomy [Classification of circulation mechanisms in the Northern hemisphere B. L. Dzerdzeevskii]. Moscow, Voentekhizdat, 372. (in Russian)

7. Фондовые материалы Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды за 1961–2013 гг.

Stock materials of the Federal service for Hydrometeorology and environmental monitoring for 1961–2013 years. (in Russian)

8. Petin A.N., Lebedeva M.G., Krymskaya O.V. Chendev Y.G., Kornilov A.G., Lupo A. R. 2014. Regional Manifestations of Changes in Atmospheric Circulation in the Central Black Earth Region (By the Example of Belgorod Region). *Advances in Environmental Biology, (8): 544–547.*



УДК 504.3.054 (470.325)

**О ВЛИЯНИИ АВТОТРАНСПОРТА НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ГОРНОПРОМЫШЛЕННЫХ
И СЕЛИТЕБНЫХ РАЙОНАХ РЕГИОНА КМА**

**ABOUT INFLUENCE OF MOTOR TRANSPORT ON AIR POLLUTION
IN THE MINING AND RESIDENTIAL AREAS IN THE REGION KMA**

**Л.Ю. Гордеев, А.Г. Корнилов, А.О. Полетаев
L.J. Gordeev, A.G. Kornilov, A.O. Poletaev**

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85
Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia*

E-mail: kornilov@bsu.edu.ru

Ключевые слова: загрязнение атмосферного воздуха, атмосэкологическая ситуация в регионе КМА, автотранспортное загрязнение.

Key words: air pollution, atmo-ecological situation in the region KMA, motor pollution.

Аннотация. Представлены результаты исследований по изучению вклада автомобильного транспорта в загрязнение приземного слоя атмосферы городских территорий в районах с развитой горнорудной промышленностью и селитебных территориях, удаленных от районов разработки месторождений КМА.

Выявлены закономерности изменения концентраций ряда наблюдаемых поллютантов (оксида углерода, формальдегида, оксида азота (II), диоксида азота, пыли неорганической и соединений свинца), на участках основных внутригородских автомагистралей, на территориях трех крупнейших городских округов Белгородской области. Проведен сравнительный анализ результатов наблюдений, полученных в рамках текущего исследования и данных наблюдений за ряд лет.

По результатам исследования выявлено, что ситуация с загрязнением приземного слоя атмосферы оксидом углерода, пылью неорганической, соединениями свинца и диоксидом азота на всех изучаемых территориях относительно благополучна. Усредненные уровни концентрации диоксида азота составляли 0.05–0.4 ПДК_{мр}, оксида углерода – 0.25–0.8 ПДК_{мр}, пыли неорганической 0.15–0.3 – ПДК_{мр}, соединений свинца – 0.1–0.3 ПДК_{мр}. Повышенные концентрации формальдегида отмечены на территориях г. Губкин (1.3–2.5 ПДК_{мр}) и г. Старый Оскол (1.2 ПДК_{мр}), оксида азота (II) в г. Губкин (1.4–1.6 ПДК_{мр}).

Уровни загрязнения приземного слоя атмосферы диоксидом азота, соединениями свинца и пыль неорганической в горнопромышленных районах Белгородской области в среднем на 5–10% выше, чем в селитебно-промышленном. Значительное превышение уровней концентраций формальдегида и оксида азота (II) в г. Губкин и г. Старом Оскол по сравнению с г. Белгород, обусловлено воздействием выхлопов тяжелого автотранспорта на улицах и в промышленных зонах этих городов.

Resume. Automobile transport and industry for several decades are the main sources of air pollution in urban areas. In the Belgorod region motor vehicle emissions are a priority source of contamination and they account for about 58–60% of the total emissions released into the atmosphere in the region.

To study the effect of vehicles on the formation of pollution of the surface layer of the atmosphere in the territories of mining and residential areas of the Belgorod region there was conducted monitoring of the levels of concentrations of pollutants. Investigations were carried out at three locations on busy streets – Bohdan Khmelnytsky Avenue in Belgorod, Gubkin Avenue in Stary Oskol and Belgorodskaya street in Gubkin.

Measuring the concentrations of pollutants were carried out, by a gas analyzer "GANK 4", near the zone of active emissions in roadway streets. The observations were made by 6 pollutants: carbon monoxide, formaldehyde, nitrogen oxide (II), nitrogen dioxide, dust norganic and lead compounds.

The situation with the contamination of the surface layer of the atmosphere with carbon monoxide, dust inorganic, lead and nitrogen dioxide in all areas studied was relatively favorable. Elevated concentrations of formaldehyde were marked in the territory the cities of Gubkin (1.3–2.5 maximum permissible concentration of maximum single (MPC_{ms})) and Stary Oskol (1.2 MPC_{ms}) as well nitric oxide (II) in Gubkin (1.4–1.6 MPC_{ms}) due to significant traffic of heavy diesel vehicles.

The most unfavorable ecological situation due to the influence of motor transport, as a whole, was observed in Gubkin, and the most favorable one in Belgorod.

Введение

Автомобильный транспорт и промышленность на протяжении нескольких десятилетий являются основными источниками загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий. Такая ситуация характерна для большинства развитых и развивающихся стран мира, среди которых находится и Россия. В нашей стране удельный вес выбросов, отходящих от стационарных источников, в последние годы составляет около 60%, на долю автотранспорта при-

ходится около 40% от общего объема выбросов. В то же время, разнообразие природных условий, различия в экономическом и промышленном развитии регионов РФ, обуславливают высокую степень варьирования долей объемов выбросов, как от стационарных источников, так и от подвижных [Федеральная служба ..., 2012]. Для Белгородской области – развитого горно-промышленного региона КМА характерна ситуация, несколько отличающаяся от общероссийской – выбросы автотранспорта являются здесь приоритетным источником загрязнения и на их долю приходится около 58–60% от общего объема выбросов, поступающих в атмосферу [Доклад, 2013, Доклад, 2014].

Главные центры промышленного производства области – это города Старый Оскол, Белгород и Губкин. Крупнейшие горнодобывающие и горноперерабатывающие предприятия региона КМА сконцентрированы на территориях Старооскольского и Губкинского городских округов. Это ОАО «Лебединский ГОК», ОАО «Стойленский ГОК», ОАО «Комбинат КМАруда», ОАО «Оскольский электрометаллургический комбинат», ЗАО «Осклцемент». В Белгороде нет предприятий горнорудной промышленности, однако активно функционируют предприятия по производству строительных и конструкционных материалов – ЗАО «Белгородский цемент», ОАО «Белгородасбестоцемент», ОАО «Стройматериалы» и др. Все вышеперечисленные промышленные объекты являются наиболее крупными источниками эмиссии загрязняющих веществ в атмосферу на территории Белгородской области.

В последние десятилетия государственная система экологического мониторинга вследствие преобладающего роста выбросов загрязняющих веществ от автотранспорта в сравнении с промышленными выбросами, в целом перестала соответствовать реально складывающейся структуре загрязнения приземного слоя атмосферы. Подобная ситуация характерна и для трех крупнейших городских округов Белгородской области, где количество стационарных постов государственной службы наблюдения за состоянием окружающей природной среды (в ведении Росгидромета), по сравнению с советским периодом уменьшилось на треть, а многие из действующих работают по сокращенным программам наблюдения, не отражающим полную картину сложившейся атмоэкологической ситуации. Поэтому, представляется важным осуществление исследований, позволяющих дополнить или восполнить отсутствующие данные официальной статистики, для целей изучения современной экологической ситуации.

Цель исследования – сравнительный анализ автотранспортного загрязнения приземного слоя атмосферы, как приоритетного, для городов разного типа, с большим или меньшим влиянием промышленного, в том числе и горнопромышленного производства. Задача исследования – наблюдение за уровнями концентраций контаминантов в приземном слое атмосферного воздуха, вблизи крупнейших автотранспортных магистралей.

Объекты и методы исследования

Для изучения влияния автотранспорта на формирование уровней загрязнения приземного слоя атмосферы на территориях горнопромышленных и селитебных районов Белгородской области был проведен ряд натурных измерений. Исследования проводились в июле 2013 года на трех участках улиц с интенсивным движением автомобильного транспорта – проспекте Богдана Хмельницкого в г. Белгород, проспекте Губкина в г. Старый Оскол и улице Белгородской в г. Губкине. Наблюдения осуществлялись последовательно на всех пунктах наблюдений, вне часов пиковой загрузки автомагистралей.

Выбор данных участков исследования обусловлен следующими факторами:

1) Проспект Богдана Хмельницкого (рис. 1) является основной и наиболее протяженной и загруженной транспортной магистралью областного центра, связывающей северную и южную части города. Фактически проспект является дублирующей частью федеральной автомобильной трассы М2 с запретом на движение транзитного грузового транспорта. Проспект на значительном протяжении разделяет западную промышленную зону и жилые массивы. Ширина створа улицы составляет от 40 до 200 м. На большей части участка проспекта, где осуществлялись исследования, имеется дублирующая проезжая часть, удаленная от основной на 25–35 м и отделенная от нее прерывистой полосой зеленых насаждений разного возраста. Количество полос для движения на основной проезжей части 6–7 (еще 2 полосы на дублирующей). Интенсивность движения автотранспорта на данном участке в «часы пик» от 1300 до 3600 автомобилей в одном направлении [Корнилов, Гордеев, 2013]. Практически на всем протяжении проспекта значительно число зеленых насаждений, в том числе древесных молодого и среднего возраста, молодых кустарников. Преобладает среднеэтажная (3–5 этажей) застройка, имеются отдельные участки малоэтажной (1–2 этажа) и многоэтажной (6–14 этажей) застройки.

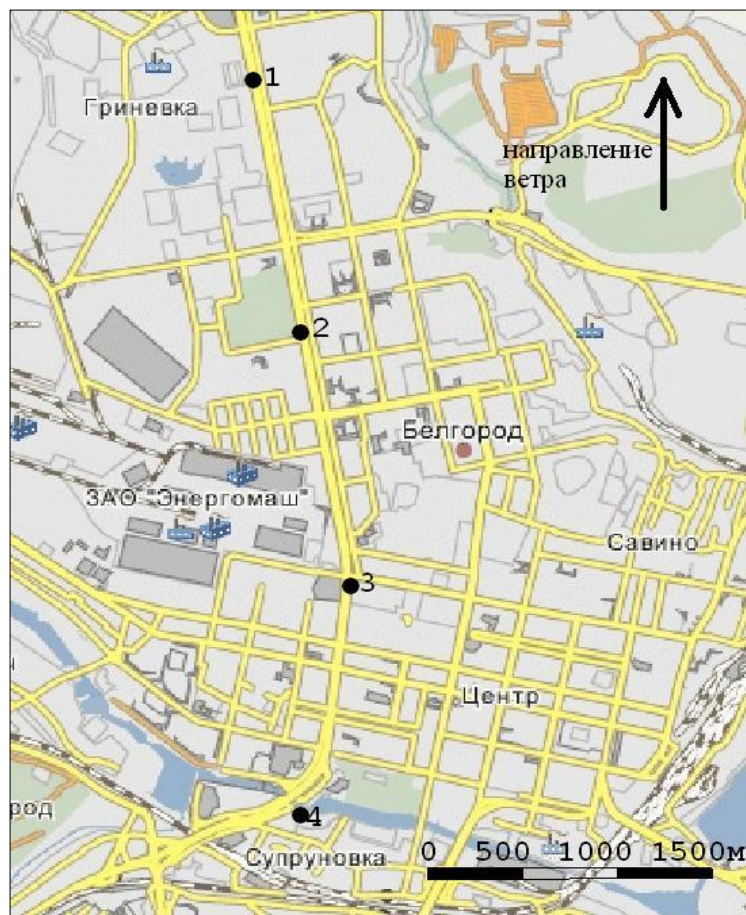


Рис. 1. Расположение пунктов наблюдения на участке проспекта Б. Хмельницкого в городе Белгород
 Fig. 1. Location of observation points on a section of Bohdan Khmelnytsky Avenue in Belgorod

2) Проспект Губкина (рис. 2) – одна из важнейших магистралей г. Старого Оскола, связывающая юго-западную промышленную зону города с одной из крупных транспортных развязок в микрорайоне «Горняк». Ширина створа проспекта варьируется в пределах от 12 до 90 м. На значительной части проспекта имеется дублирующая проезжая часть, удаленная от основной на 10-15 метров, отделенная от нее прерывистой полосой древесных насаждений разного возраста, представляющая собой подъездные пути к жилым зданиям спальных микрорайонов. Количество полос для движения автотранспорта на основной проезжей части 2–4 и 2 полосы на дублирующей. Интенсивность движения автотранспорта на данном участке в «часы пик» от 800 до 1900 автомобилей в одном направлении. Преобладает среднеэтажная (3–5 этажей) застройка, с отдельными участками и многоэтажной (9–10 этажей) застройки, на некоторых участках застройка малоэтажная или отсутствует.

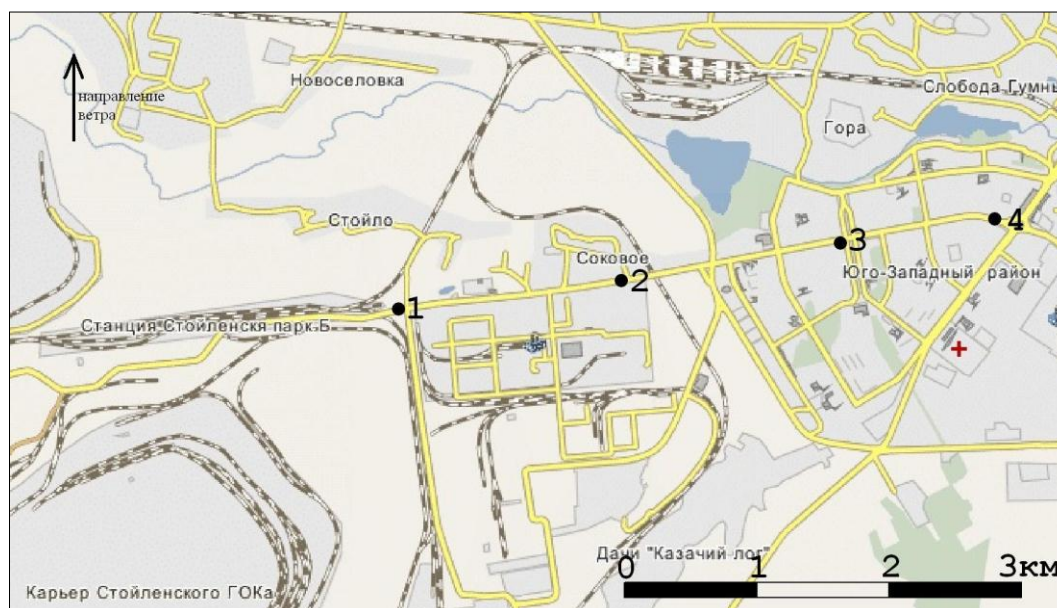


Рис. 2. Расположение пунктов наблюдения на участке проспекта Губкина в городе Старый Оскол
 Fig. 2. Location of observation points on a section of Gubkin Avenue in Stary Oskol

3) Улица Белгородская (рис. 3) является самой протяженной и загруженной автотранспортом магистралью г. Губкина, находится в составе участка автодороги регионального значе-

ния Белгород – Горшечное и протягивается от промплощадки ОАО «Лебединский ГОК» до западной границы города. Ширина створа улицы изменяется от 40 до 105 м. Количество полос для движения – 4. Интенсивность движения автотранспорта на данном участке в «часы пик» от 900 до 2200 автомобилей в одном направлении. В суммарном трафике значительна доля транзитного автотранспорта. Зеленых насаждений вблизи проезжей части очень мало, однако значительное их количество имеется на удалении более 20 м от зоны активных выбросов. Преобладает малоэтажная (1–2 этажа) застройка, с отдельными зданиями в 3–4 этажа.

Вдоль оси каждого из исследуемых участков улиц были заложены профили наблюдения, каждый из которых включал по 4 пункта (на расстоянии приблизительно 1.5 км между ними). В г. Губкине и г. Старом Осколе пункты наблюдений располагались на удалении в 0–5 км от территорий горнопромышленных предприятий КМА – Лебединского и Стойленского ГОКов соответственно.

Во время измерений направление ветра (южный, 2–5 м/с) не способствовало переносу загрязняющих веществ с крупных промышленных объектов, что позволило анализировать вклад в экологическое состояние изучаемой территории преимущественно от автотранспорта.

Измерения осуществлялись с помощью газоанализатора автоматического микропроцессорного «ГАНК 4», на удалении в 1 метр от зоны активных выбросов на проезжих частях улиц. Метеорологические условия в дни измерений, в целом препятствовали интенсивному рассеиванию загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха. Так, не наблюдалось выпадение интенсивных атмосферных осадков в дни проведения измерений и предшествующие им, отмечались приземные инверсии, скорость ветра не превышала 5 м/с. Наблюдения велись по 6 загрязняющим веществам, в пятикратной повторности для каждого пункта наблюдений.

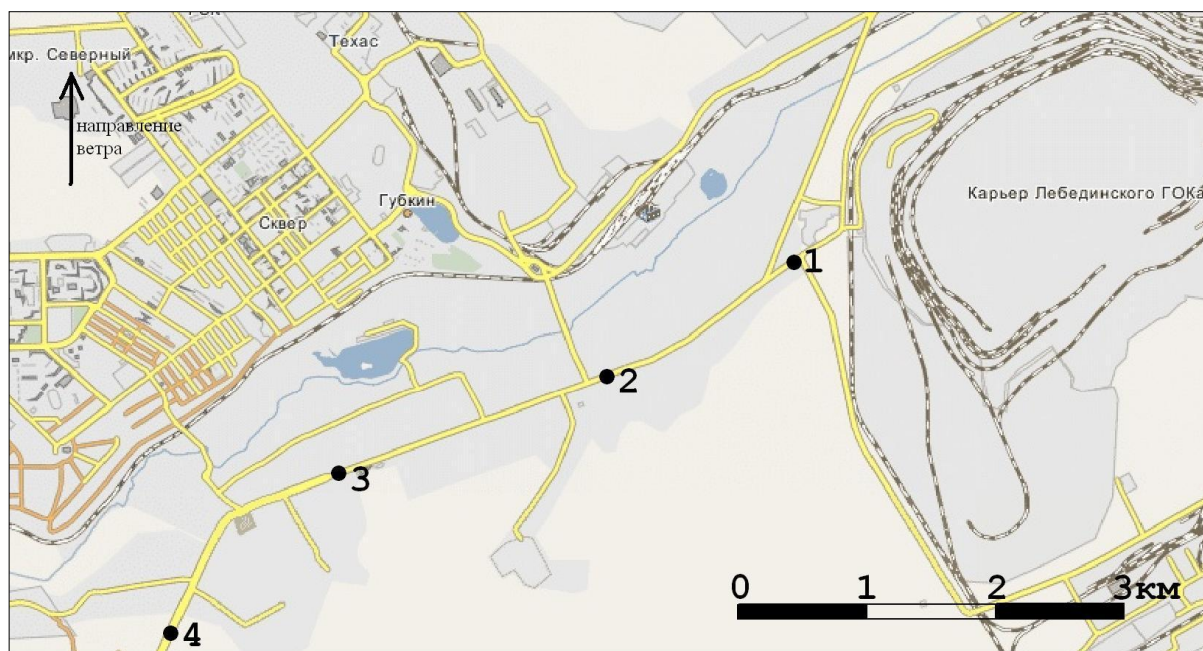


Рис. 3. Расположение пунктов наблюдения на участке улицы Белгородской в городе Губкин
 Fig. 3. Location of observation points on a section of Belgorodskaya street in Gubkin

Результаты и их обсуждение

Усредненные результаты проведенных измерений представлены графически (рис. 4–9).

Ситуация с загрязнением приземного слоя атмосферы оксидом углерода, пылью неорганической, соединениями свинца и диоксидом азота на всех исследованных территориях относительно благополучна. Так, наблюдаемые усредненные уровни концентрации диоксида азота составляли 0.05–0.4 ПДК_{мр}, оксида углерода – 0.25–0.8 ПДК_{мр}, пыли неорганической 0.15–0.3 – ПДК_{мр}, соединений свинца – 0.1–0.3 ПДК_{мр}. Повышенные концентрации формальдегида отмечены на территории г. Губкина (1.3–2.5 ПДК_{мр}) и г. Старого Оскола (1.2 ПДК_{мр}), оксида азота (II) в г. Губкине (1.4–1.6 ПДК_{мр}).

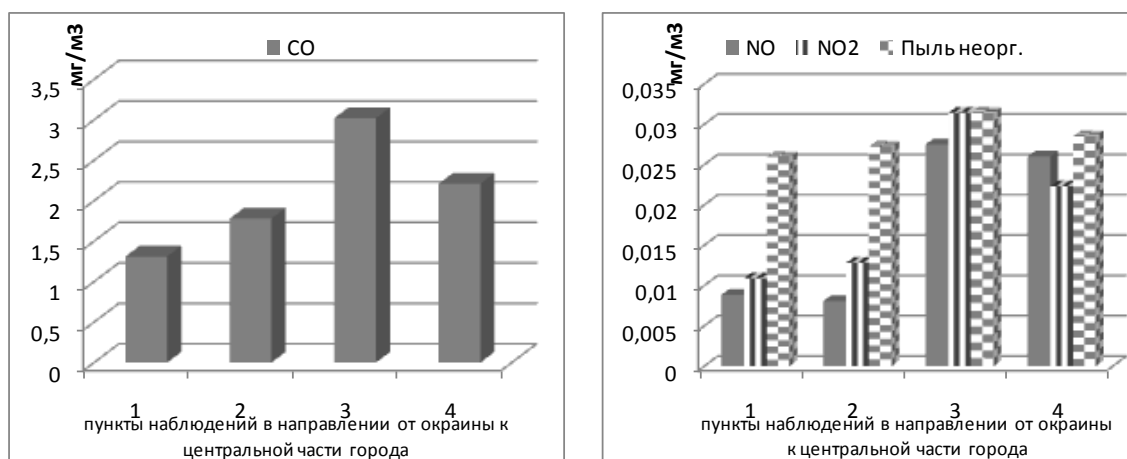


Рис. 4. Изменение концентраций оксида углерода, оксида азота (II), диоксида азота и пыли неорганической в приземном слое атмосферы на проспекте Б. Хмельницкого в городе Белгород (см. рис. 1)

Fig. 4. Changes of the concentrations of carbon monoxide, nitrogen oxide (II), nitrogen dioxide and inorganic dust in the atmospheric surface layer on Bohdan Khmelnytsky Avenue in Belgorod (look fig. 1)

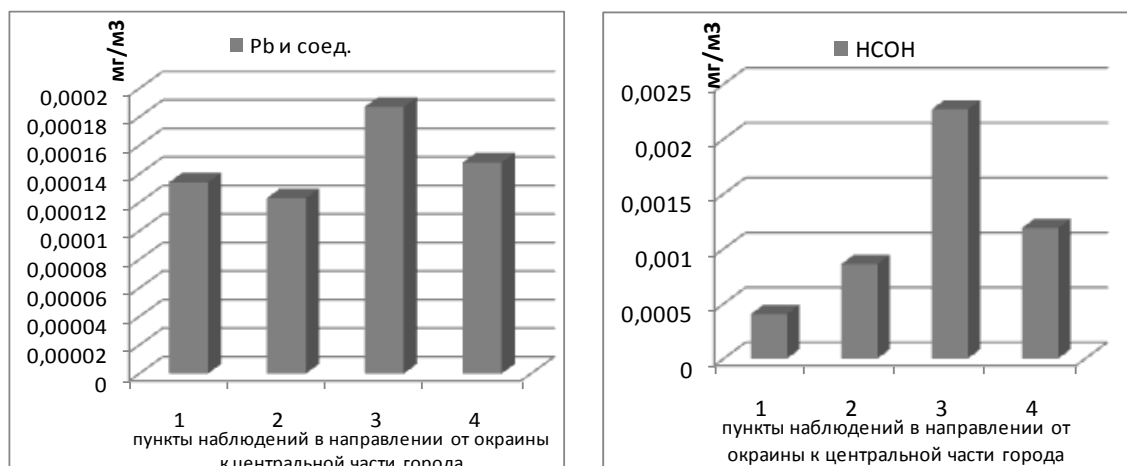


Рис. 5. Изменение концентраций свинца и формальдегида в приземном слое атмосферы на проспекте Б. Хмельницкого в городе Белгород (см. рис. 1)

Fig. 5. Changes of the concentrations of lead and formaldehyde in the atmospheric surface layer on Bohdan Khmelnytsky Avenue in Belgorod (look fig.1)

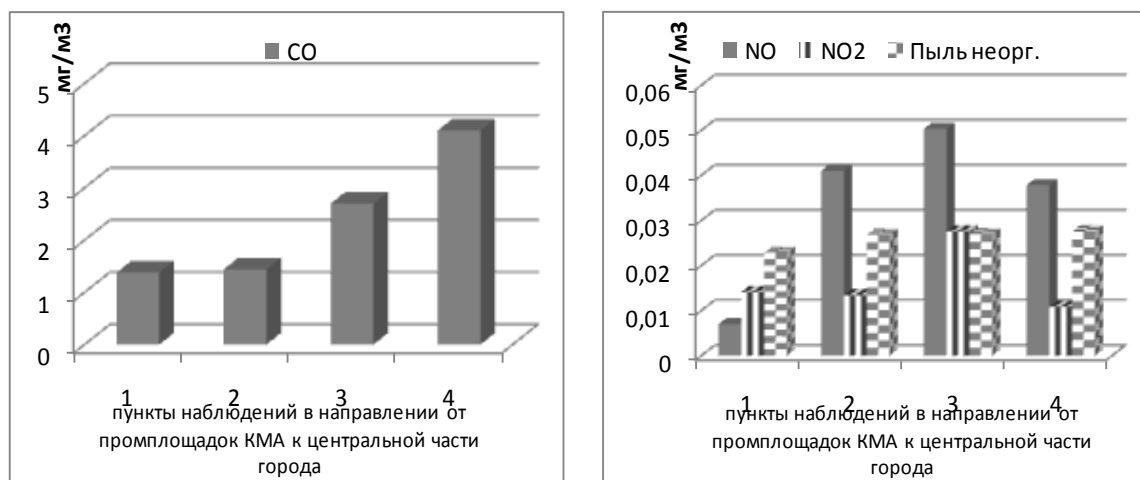


Рис. 6. Изменение концентраций углерода оксида, оксида азота (II), диоксида азота и пыли неорганической в приземном слое атмосферы на проспекте Губкина в городе Старый Оскол (см. рис. 2)

Fig. 6. Changes of the concentrations of carbon monoxide, nitrogen oxide (II), nitrogen dioxide and inorganic dust in the atmospheric surface layer on Gubkin Avenue in Stary Oskol (look fig. 2)

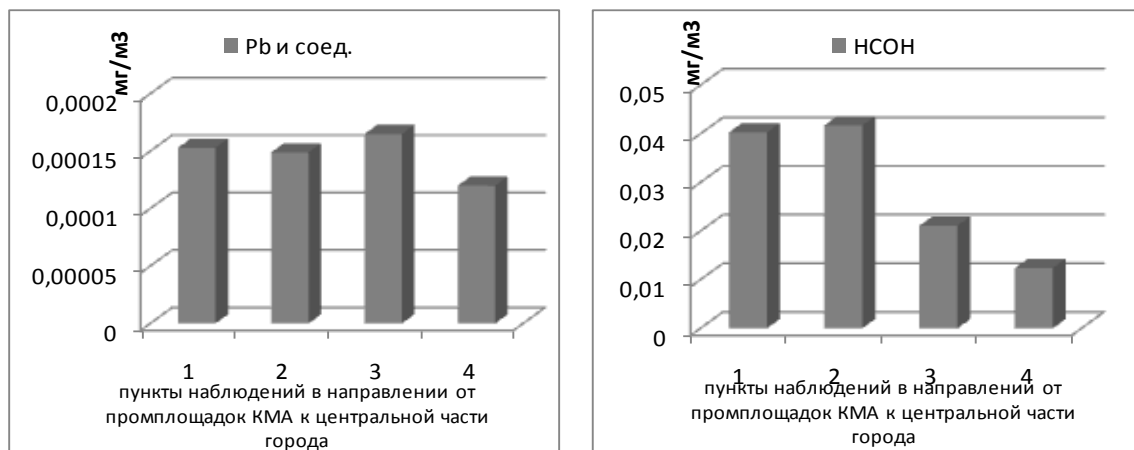


Рис. 7. Изменение концентраций свинца и формальдегида в приземном слое атмосферы на проспекте в городе Старый Оскол (см. рис. 2)

Fig. 7. Changes of the concentrations of lead and formaldehyde in the atmospheric surface layer on Gubkin Avenue in Stary Oskol (look fig. 2)

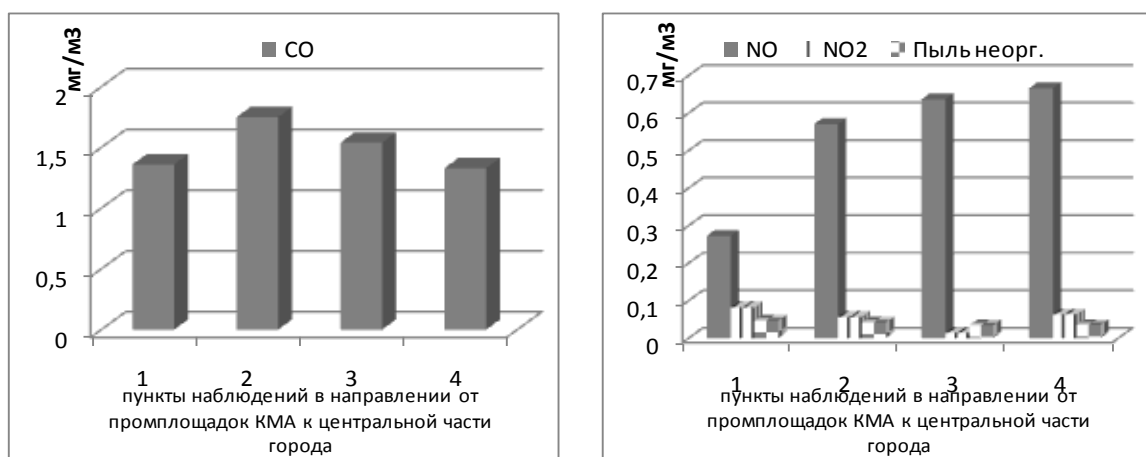


Рис. 8. Изменение концентраций углерода оксида, оксида азота (II), диоксида азота и пыли неорганической в приземном слое атмосферы на улице Белгородской в городе Губкин (см. рис. 3)

Fig. 8. Changes of the concentrations of carbon monoxide, nitrogen oxide (II), nitrogen dioxide and inorganic dust in the atmospheric surface layer on Belgorodskaya street in Gubkin (look fig. 3)

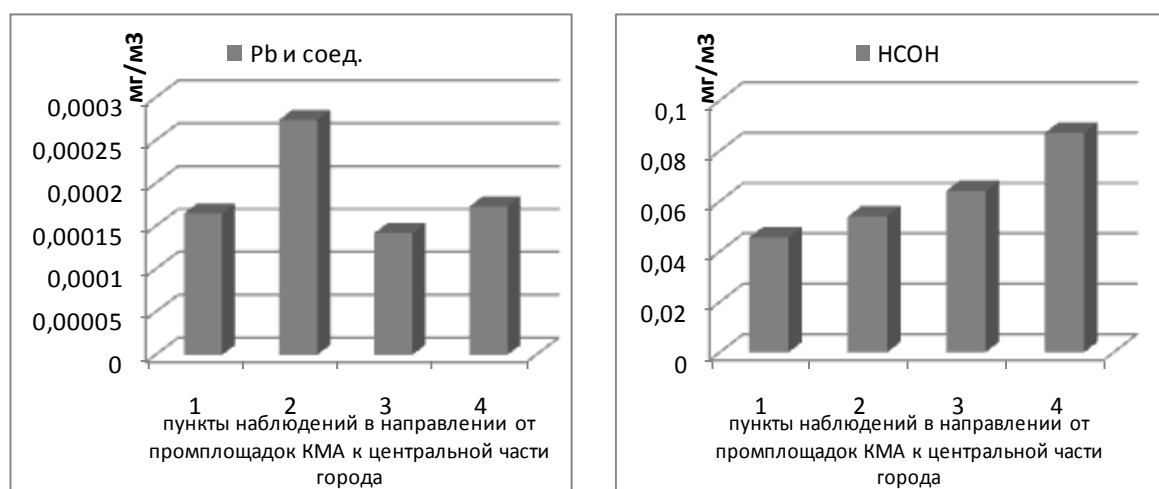


Рис. 9. Изменение концентраций соединений свинца и формальдегида в приземном слое атмосферы на улице Белгородской в городе Губкин (см. рис. 3)

Fig. 9. Changes of the concentrations of lead and formaldehyde in the atmospheric surface layer on Belgorodskaya street in Gubkin (look fig. 3)



Для большинства наблюдаемых поллютантов в г. Губкине и г. Старом Осколе прослеживается общая зависимость роста концентраций по мере удаления от промплощадок горно-рудных предприятий при движении к центральным частям городов. Такая ситуация обусловлена возрастанием интенсивности движения автотранспорта на городских улицах по мере удаления от промзон, за счет увеличения трафика личного, общественного и транзитного транспорта, а также преобладающим направлением ветра во время проведения наблюдений. В то же время, отмечена противоположная зависимость изменения концентраций формальдегида и соединений свинца в г. Старый Оскол, которая заключается в снижении содержания данных контаминантов в приземном слое атмосферы по мере удаления от промышленной зоны. Подобная ситуация связана с движением и работой тяжелого грузового и технологического автотранспорта, использующего низкокэкологичные виды топлива, на промплощадках в окрестностях и 1 и 2 пунктов наблюдений (см. рис. 2). Небольшое варьирование концентраций ряда поллютантов в соотношении между соседними пунктами наблюдений в г. Губкин (углерода оксид, азота диоксид, соединения свинца, пыль неорганическая) и г. Старый Оскол (азота оксид, азота диоксид) обусловлено изменениями интенсивности и структуры автотранспортных потоков во время измерений и скорости ветра.

В г. Белгороде наблюдается рост концентраций загрязняющих веществ при движении с периферии к центральной части города. Это обусловлено увеличением плотности автотранспортного трафика на улично-дорожной сети в центре города, особенностями мезорельефа (расположение участка наблюдений на склоне речной долины), планировки городских кварталов (плотная средне- и многоэтажная застройка, при узких створах улиц) и особенностями метеоусловий в момент наблюдений (отсутствия приземных инверсий).

Выборка результатов наблюдения в ходе представленных исследований имеет ограниченный характер, поэтому мы провели сопоставление полученных результатов, с данными измерений на исследуемых территориях в предыдущие годы, имеющими более значимую повторяемость (табл.).

Таблица
Table

Усредненные значения концентраций определяемых поллютантов в приземном слое атмосферного воздуха на территориях, прилегающих к проезжим частям основных автомагистралей г. Белгород (мг/м³) (фрагмент базы данных)
Average concentration of pollutants identified in the surface layer of atmospheric air in the areas adjacent to major motorways of Belgorod (mg/m³) (fragment database)

Магистрالی	CO	НСОН	NO	NO ₂	Пыль неорг.	Pb
просп. Славы	5.35*	0.00452	0.1230	0.2130*	0.0308	0.000406
ул. Студенческая	4.58	0.00268	0.0367	0.1740	0.0247	0.000327
ул. Корочанская	4.61	0.03830*	0.6880*	0.4290*	0.0615	0.000847
просп. Б. Хмельницкого	2.03	0.00857	0.1560	0.0449	0.0385	0.000489
Михайловское шоссе	5.29*	0.06540*	0.9440*	0.6890*	0.1060	0.001560*

Примечание: * – выделены значения, превышающие предельно допустимые максимально разовые концентрации для данных загрязняющих веществ.

Note: * – the highlighted values in excess of the maximum allowable maximum single concentrations for these pollutants.

Сравнение текущих и предыдущих результатов наблюдений за концентрациями загрязняющих веществ в приземном слое атмосферного воздуха, осуществленных нами в 2010-2013 гг. на территории городского округа Белгород, показывает, что данные текущих измерений в целом соответствуют среднестатистическим данным исследований [Корнилов, Гордеев, 2011; Корнилов, Гордеев, 2012].

Выводы

Таким образом, более высокие уровни концентраций формальдегида и оксида азота (II) в г. Губкине и г. Старом Осколе по сравнению с г. Белгородом, обусловлены, вероятно, наличием значительного потока тяжелого автотранспорта на улицах городов – как местных предприятий, так и транзитного. В г. Белгороде же, в связи с ограничениями на движение грузового транспорта по городским улицам, ситуация с выбросами загрязняющих веществ автотранспортом значительно более благоприятная. Наблюдение же за остальными четырьмя загрязняющими ингредиентами показало, что уровни загрязнения ими приземного слоя атмосферы в

горнопромышленных районах в среднем на 5–10% выше, чем в селитебном, за исключением оксида углерода. Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация в целом отмечается в г. Губкине, а наиболее благоприятная в г. Белгороде.

Благодарности

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания Министерства образования и науки РФ Белгородским государственным национальным исследовательским университетом на 2015 г. (Код проекта: 185).

Список литературы References

1. Корнилов А.Г., Гордеев Л.Ю., Коваль В.Н. 2011. Автотранспортное загрязнение воздуха в городе Белгороде. Проблемы региональной экологии, (2): 49–53.
Kornilov A.G., Gordeev L.Yu., Koval' V.N. 2011. Motor air pollution in the city of Belgorod. Problemy regional'noy ekologii [Regional Environmental Issues], (2): 49–53. (in Russian)
2. Корнилов А.Г., Гордеев Л.Ю. 2013. Городская планировка, как фактор загрязнения атмосферы. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, (3): 174–179.
Kornilov A.G., Gordeev L.Yu. 2013. Urban design as a factor of air pollution. Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova [Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov], (3): 174–179. (in Russian)
3. Корнилов А.Г., Гордеев Л.Ю. 2012. Мониторинг автотранспортного загрязнения воздушного бассейна города Белгорода в переходные периоды года. Экологические системы и приборы, (1): 46–51.
Kornilov A.G., Gordeev L.Yu. 2012. Monitoring of motor air pollution in the city of Belgorod transitional periods of the year. Ekologicheskie sistemy i pribory [Ecological Systems and Devices], (1): 46–51. (in Russian)
4. Правительство Белгородской области, департамент природопользования и охраны окружающей среды. 2013. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Белгородской области в 2012 году». Белгород, 149.
Pravitel'stvo Belgorodskoy oblasti, departament prirodopol'zovaniya i okhrany okruzhayushchey sredy. 2013. Gosudarstvennyy doklad "Ob ekologicheskoy situatsii v Belgorodskoy oblasti v 2012 godu" [State report «On the environmental situation in the Belgorod region in 2012»]. Belgorod, 149. (in Russian)
5. Правительство Белгородской области, департамент природопользования и охраны окружающей среды. 2014. Государственный доклад «Об экологической ситуации в Белгородской области в 2013 году». Белгород, 116.
Pravitel'stvo Belgorodskoy oblasti, departament prirodopol'zovaniya i okhrany okruzhayushchey sredy. 2014. Gosudarstvennyy doklad "Ob ekologicheskoy situatsii v Belgorodskoy oblasti v 2013 godu" [State report «On the environmental situation in the Belgorod region in 2013»]. Belgorod, 116. (in Russian)
6. Федеральная служба государственной статистики. 2012. Выбросы загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных и передвижных источников в 2012 г. Электронный документ. URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения 16 января 2015)
Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki. 2012. Vybrosty zagrjznajushhih atmosferu veshhestv, othodjashhih ot stacionarnyh i peredvizhnyh istochnikov v 2012 g. [Emissions of air pollutants from stationary and mobile sources in 2012]. Available at: <http://www.gks.ru> (accessed 18 January 2013) (in Russian)



УДК 504.55.054:622(470.6)

**ОБОСНОВАНИЕ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ
УТИЛИЗАЦИИ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ РУД КМА**
**JUSTIFICATION OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF KMA
ORE TAILINGS RECYCLING**

В.И. Голик¹, О.Н. Полухин²
V.I. Golik¹, O.N. Poluhin²

¹ Центр геофизических исследований Владикавказского научного центра РАН и Правительства Республики Северная Осетия-Алания, Россия, Республика СО-Алания, 362002, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а

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

¹ Tsentr Geophysical Investigations of Vladikavkaz Scientific Center RAS and the Government of the Republic of North Ossetia-Alania, 93a Markova St, Vladikavkaz, 362002, the Republic of SB-Alania, Russia

² Belgorod State National Research University, 85, Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: v.i.golik@mail.ru

Ключевые слова: хвосты, обогащение, экономика, экология, доход, ущерб, металлы, товар, модель, утилизация, технология, механохимия, активации, твердеющие смеси, подземный способ, разработка, месторождение.

Key words: tails enrichment, economy, environment, income, damage to, metals, product model, recycling, technology, mechanochemistry, activation, hardening mixture underground method, development, field.

Аннотация. Следствием горного производства является накопление хвостов переработки минерального сырья с интенсификацией воздействия на окружающую среду. Реальной мерой снижения опасности может быть только полная утилизация хвостов переработки. Фактор экономической эффективности предлагаемой безотходной технологии состоит в том, что при сравнимых затратах извлекается большее количество металла за счет более полного освоения запасов недр. Управление ресурсами хвостохранилища может быть прибыльным даже без производства продукции из утилизируемых хвостов, если при этом опасность для окружающей природной среды уменьшается радикально. Инструментом получения прибыли при полной утилизации хвостов обогащения может быть механохимическая технология переработки, опробованная для условий месторождений КМА в НИУ «БелГУ». Определено, что извлечение металлов из хвостов в товарные продукты методами механохимии существенно превышает извлечение традиционными технологиями и может быть доведено до уровня санитарных требований. Экономическая эффективность полной утилизации хвостов обогащения складывается из стоимости полученных металлов, сырья для строительной индустрии и снижения величины ущерба окружающей среде. Механохимическая активация хвостов в дезинтеграторе является шагом по пути решения проблемы обеспечения сырьем для изготовления твердеющих смесей при переходе в близкой перспективе предприятий КМА на подземный способ разработки месторождений, для обеспечения которого потребуется добыча сырья для приготовления твердеющих смесей.

Resume. A consequence of mining and processing industry of the enterprises of KMA is the accumulation of iron ore tailings with multifaceted impact on the environment. Only a complete utilization of tailings can be considered as a real measure to reduce the risk. The factor of economic efficiency of the proposed non-waste technology is that at comparable costs a greater amount of metal is extracted due to a fuller development of reserves of mineral resources. Tailings resources management can be profitable even without manufacture of products of recyclable tails if this reduces radically the risk to the environment. Tool for profit at full utilization of tailings can be mechanochemical processing technology which has been tested at BSNRU "BelsU" for the conditions of KMA. It has been established that the recovery of metals from tailings in commercial products by Mechanochemistry methods exceeds significantly the extraction by conventional technologies and can be brought to a level of sanitary requirements. Economic efficiency of the complete utilization of tailings is formed by the cost of the obtained metal, raw materials for the construction industry and the decrease of environmental damage.

Mechanochemical activation of tailings in a disintegrator is a step on the way to solving the problem of providing the raw material for the manufacture of hardening mixtures in the transition in the near term of enterprises of KMA to underground mining, which will require extraction of raw materials for the preparation of hardening mixtures.

Введение

Следствием горного производства является накопление отходов добычи и переработки минерального сырья с интенсификацией химического воздействия на среду их токсичных компонентов, среди которых для флоры, фауны и социума наиболее опасны тяжелые металлы. Некондиционное минеральное сырье занимает значительные площади земли, загрязняет атмосферу, открытые и подземные водные источники, снижает урожайность сельскохозяйственных культур, повышает заболеваемость населения и т. п. Для предотвращения и ликвидации негативного воздействия горно-обогатительного производства на природные ресурсы и окру-

жающую среду горные предприятия осуществляют природоохранные мероприятия, расходуя на это значительные материальные, трудовые и финансовые ресурсы, или платят значительные штрафы, осложняющие их финансовое состояние.

Радикальной мерой снижения глобальной для биосферы Земли опасности может быть только полная утилизация опасного и, вместе с тем, ценного сырья, которыми являются хвосты обогащения. Однако, развитие этого направления сдерживается высоким уровнем затрат и несовершенством законов об охране природы. До сих пор загрязняющее среду предприятие оплачивает не весь ущерб, а только его незначительную часть. А природоохранным мероприятием считается биологическая рекультивация отходов с не полностью извлеченными опасными ингредиентами.

Новая концепция обращения с отходами переработки минерального сырья исходит из того, что оно является неиспользуемым и опасным при хранении ресурсом, использование которого может обеспечить эколого-экономический эффект [Трубецкой и др., 2012].

В распоряжении горного предприятия могут быть два варианта обращения с некондиционным минеральным сырьем, извлеченным на земную поверхность:

- хранение с использованием мер уменьшения ущерба окружающей среде;
- переработка с изменением качества и утилизацией продуктов переработки.

Общий недостаток первого варианта – невозможность предотвращения главной опасности – химической миграции металлов, поэтому он не может быть рекомендован для токсичного минерального сырья.

Вариант с полной утилизацией радикально уменьшает опасность, но для большинства предприятий пока недоступен из-за недостаточной освоенности технологии, продолжительности процесса и высокой стоимости осуществления.

Условие эколого-экономической эффективности извлечения металлов из хвостов:

$$P_y > U_c + Z_n,$$

где P_y – прибыль при утилизации хвостов; U_c – ущерб окружающей среде в денежном выражении; Z_n – затраты на переработку хвостов.

Ущерб от хранения хвостов может даже превосходить ценность добываемых полезных ископаемых, учитывая срок существования рудников 20–40 лет, а существования хвостохранилищ – столетия. Так, ликвидация последствий влияния урановой составляющей полиметаллических руд в Европе потребовала больше затрат, чем стоимость добытого из них серебра.

Концепция обращения с некондиционным минеральным сырьем исходит из того, что поскольку нет возможности оценить действительный ущерб Человеку, флоре и фауне, следует технологически исключить возможность нанесения этого ущерба, т. е. не хранить, а утилизировать хвосты. Пока такую возможность представляет только технология с механохимической активацией процессов выщелачивания.

Результаты исследований в области утилизации хвостов путем выщелачивания металлов сводится к следующему:

- варианты технологий адекватно характеризуются количественными и качественными параметрами;
- активация хвостов в дезинтеграторе с выщелачиванием по сравнению с традиционным агитационным выщелачиванием увеличивает извлечение металлов в 1.5– 2 раза;
- активация сырья в дезинтеграторе одновременно с выщелачиванием по сравнению с вариантом отдельной активации и выщелачивания увеличивает извлечение на такую же величину, но уменьшает время выщелачивания на два порядка.

Металлические продукты переработки хвостов обогащения: промышленные продукты, концентраты, кварцевый флюс. Нерудная часть хвостов представляет собой кварцевый материал. По химическому и минеральному составам хвосты различаются содержанием оксидов железа, которые привносятся железосодержащими минералами: пирит, пирротин, сфалерит, галенит, халькопирит, гидроксиды железа.

После классификации и удаления металлических компонентов хвосты пригодны для производства тарного стекла и стекловолокна, которое используется для производства теплоизоляционных материалов – плит, матов, а также как заменитель металла при армировании строительных материалов.

Из расплавленных хвостов путем отливки, кристаллизации и отжига возможно получение силикатных кристаллических изделий: кислотоупорные химически стойкие изделия, износостойкие изделия, плиты, термостойкие и декоративные изделия и др.

Полная утилизация хвостов обогащения увеличивает экономический и экологический потенциал предприятий по добыче рудных полезных ископаемых и обеспечивает доход, величина которого складывается из снижения величины ущерба от хранения хвостов, стоимости



полученных при переработке металлов и неметаллов, сырья для строительной индустрии и попутной товарной продукции [Шестаков, 1990].

Объекты и методы исследования

В регионах КМА запасы богатых железных руд на глубине до 150 м разрабатываются открытым способом. В ближайшей перспективе основные запасы железных руд предстоит добывать подземным способом разработки не только потому, что увеличивается экономически доступная глубина локализации руд, но и потому, что открытый способ разработки вступил в антагонистические противоречия с жизненными интересами регионов [Петин, 2006].

Часть наиболее богатых руд уже сейчас извлекается из недр с потерями до 60%. Из обогащенных с потерями металлов руд металлургической переработкой извлекается железо и еще несколько металлов. Хвосты переработки попадают в хранилища и в виде пыли и сажи распределяются между субъектами живого вещества.

В Российских регионах, в том числе КМА, имеются условия для утилизации металлосодержащих хвостов обогащения: запасы техногенного сырья, инфраструктура и кадры. Но пока происходит бесконтрольное использование хвостов для нужд населения и теневого бизнеса. В результате территория регионов засоряется опасными продуктами переработки и еще более усугубляет свой статус катастрофической загрязненности химическими продуктами.

Использование металлосодержащих отходов переработки без извлечения металлов происходит и в промышленных масштабах. Камеры очистных блоков используют для простого размещения хвостов обогащения без исполнения функций управления состоянием массива, считая это природоохранным мероприятием.

Суммарная стоимость полезных элементов в хвостах обогащения, возможно, сравнима со стоимостью извлекаемого железа. Так, ресурсы золота, в текущих отходах четырех ГОКов КМА составляют 3 т/год при содержании 0.5 г/т. Рано или поздно технология извлечения всех металлов будет рентабельной, поэтому хвосты обогащения должны храниться как сырье для будущих обитателей Планеты.

Считается общепризнанным, что комплексная переработка хвостов является актуальной задачей; в регионе сложились условия для освоения технологий комплексной переработки; переработка улучшит экологическую обстановку. Но добыча и переработка минеральных ресурсов производится с образованием сверхнормативных отходов при использовании устаревших технологий. При этом считается нормальным, что заболеваемость и преждевременная смерть населения регионов компенсируется штрафами, которые на самом деле несопоставимы по величине с получаемой прибылью от пользования недрами.

Владельцы хвостохранилищ не считают себя ответственными за их состояние; критически относятся к предлагаемым технологиям безотходной утилизации; не вкладывая средств в разработку технологий глубокой переработки; предпочитают получить прибыль за счет увеличения основного производства, не тратя средств на компенсацию наносимого ими ущерба.

Ситуация с утилизацией хвостов в России резко отличается от практики развитых в горном отношении стран. В Германии, например, утилизация отходов добычи и переработки минералов осуществляется или предпринимателем или подрядчиком за счет средств, отчисляемых с начала добычи ресурсов в установленном законом порядке.

Проблема обращения с хвостами обогащения железистых кварцитов весьма актуальна для предприятий Белгородской области. Возможность полной утилизации хвостов обогащения должна быть экономически обоснована с учетом всего комплекса факторов. Объектами исследований безотходной утилизации хвостов обогащения являются предприятия региона, в частности, комбинат «КМА руда», Яковлевский рудник, Лебединский, Стойленский, Михайловский ГОК, Белгородская горнодобывающая компания и др., в связи с близкой перспективой перехода на подземную разработку месторождений железных руд

Эколого-экономические принципы эффективного управления состоянием хвостохранилищ основываются на учете объективных закономерностей окружающей среды. В хвостохранилищах в течение всего срока их существования развиваются физико-химические процессы природного выщелачивания, поэтому отвалы воды содержат полезные в случае извлечения и опасные в противном случае ингредиенты в количествах, достаточных для переработки. Активация хвостов в рабочей камере дезинтегратора реагента переводит в раствор большую часть всех металлов, что сравнимо с заводским извлечением металлов из небогатых руд.

Эффективность технологии определяется соотношением компенсационных затрат и ущерба от хранения отходов, производственной мощностью утилизирующего предприятия и его технологическим уровнем (рис. 1).

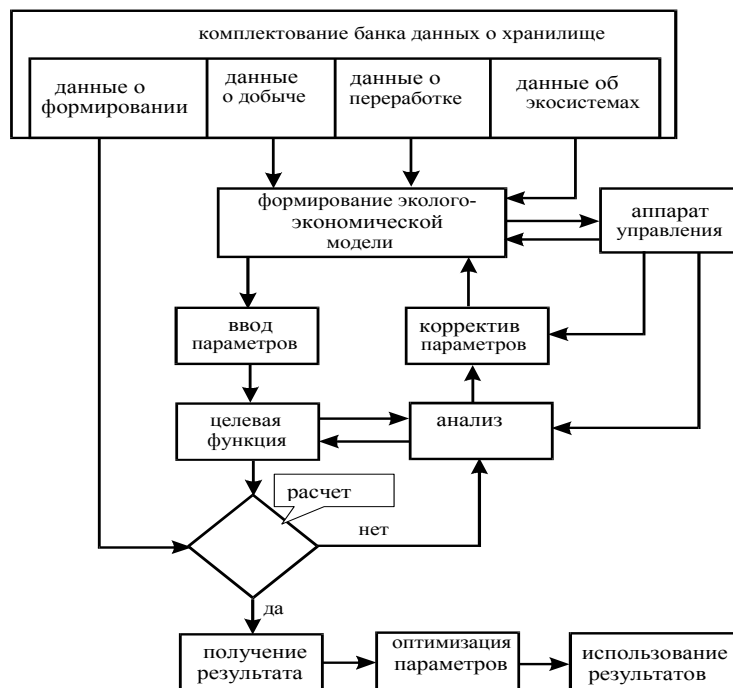


Рис. 1. Схема исследования эффективности управления отходами обогащения
 Fig. 1. Scheme of the study of tailings management effectiveness

Область эффективного применения природоохранных технологий утилизации некондиционного минерального сырья находят как совокупность значений, отвечающих приемлемому качеству окружающей среды при доступных затратах путем моделирования технологических и экономических показателей. Особенность оценки эффективности рассматриваемой технологии – необходимость учета не только общей массы дохода, который возможно получить, но и его прирост по сравнению с аналогом. Базируясь на теории сравнительной эффективности, отбирается лучший вариант из числа возможных, для которого производят расчет оценочных показателей абсолютной эффективности инновации.

Эффективность утилизации некондиционного минерального сырья повышается при реализации направлений использования (рис. 2).

Применяемый метод исследования основан на том, что некондиционные минеральные ресурсы в результате использования инновационных методов отработки, в данном случае выщелачивание металлов из хвостов обогащения, становятся товаром [Голик и др., 2012].

Экономический эффект определяется как превышение стоимостной оценки результатов над стоимостной оценкой совокупных затрат:

$$\mathcal{E} = \sum_{t=1}^T P_t - \sum_{t=1}^T Z_t ,$$

где \mathcal{E} – суммарный экономический эффект за расчетный период; P_t – стоимостная оценка результатов работы о предприятия в t-м году; Z_t – стоимостная оценка совокупных затрат по предприятию в t-м году; T – время расчетного периода.

Получение экономического эффекта возможно в случае оптимизации параметров системы «добыча–переработка» на основе модели В.А. Шестакова [2004]:

$$\sum_{t=1}^{t_p} \Pi_{p1t} = \sum_{t=1}^{t_{c1}} A_{\delta t} (C_{\delta t} - C_{D\delta t}) \frac{1}{(1+E)^{t_{c1}-1}} - \sum_{t=1}^{t_{c1}} K_r \frac{(1+E_K)^{t_{cr}}}{(1+E)^{t_{cr}-1}} + \frac{1}{(1+E)^{t_{cr}}} \sum_{t=1}^{t_{cr}-1} A_{rt} (C_{Drt} - C_{Drt}) \cdot \frac{1}{(1+E)^{t_p-t_{c1}-1}} + \sum_{t=1}^{t_p-t_{c1}} Y_t \frac{1}{(1+E)^{t_p-t_{c1}-1}} ,$$

где A_{rt} – производственная мощность участка по переработке хвостов в t-й год, т/год; t_{cr} – срок подготовки хвостов и строительства цеха переработки хвостов, лет; K_r – затраты на подготовку хвостов и строительство цеха в t-й год, руб./год; C_{Drt} и C_{Drt} – извлекаемая ценность и эксплуатационные затраты в t-м году, руб./т; E_K – коэффициент, учитывающий величину процентной ставки за кредит; Y_t – ущерб окружающей среде от хранения хвостов в t-м году.

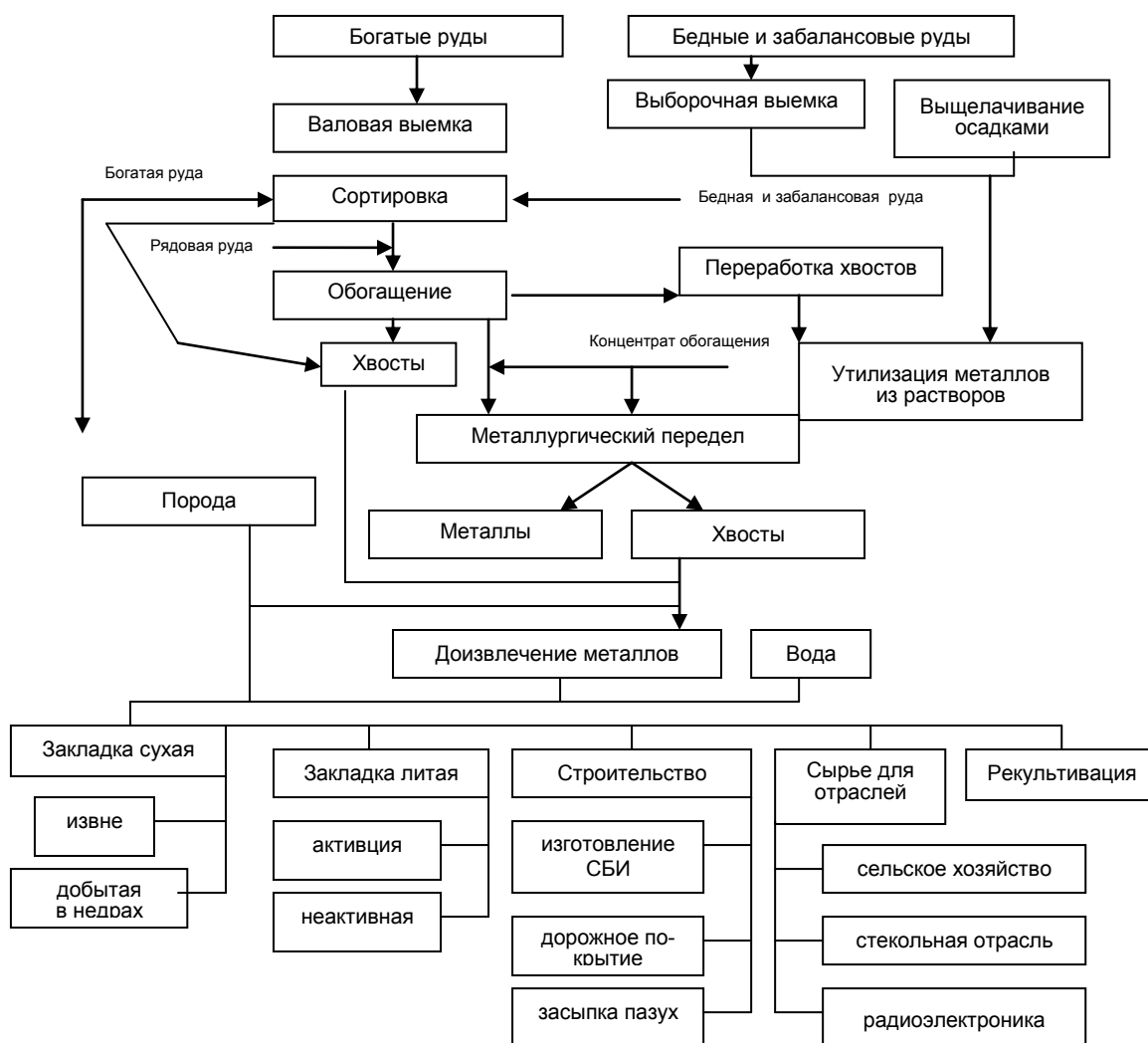


Рис. 2. Схема утилизации хвостов обогащения
Fig. 2. Scheme of tailings utilization

Применяемый метод исследования основан на том, что некондиционные минеральные ресурсы в результате использования инновационных методов отработки, в данном случае выщелачивание металлов из хвостов обогащения, становятся товаром [Голик и др., 2012].

Экономический эффект определяется как превышение стоимостной оценки результатов над стоимостной оценкой совокупных затрат:

$$\mathcal{E} = \sum_{t=1}^T P_t - \sum_{t=1}^T Z_t$$

где \mathcal{E} – суммарный экономический эффект за расчетный период; P_t – стоимостная оценка результатов работы предприятия в t -м году; Z_t – стоимостная оценка совокупных затрат по предприятию в t -м году; T – время расчетного периода.

Получение экономического эффекта возможно в случае оптимизации параметров системы «добыча–переработка» на основе модели В.А. Шестакова [2004]:

$$\sum_{t=1}^{t_p} \Pi_{p1t} = \sum_{t=1}^{t_{c1}} A_{ot} (C_{Дот} - C_{Дот}) \frac{1}{(1+E)^{t_{c1}-1}} - \sum_{t=1}^{t_{c1}} K_r \frac{(1+E_K)^{t_{cr}}}{(1+E)^{t_{cr}-1}} + \frac{1}{(1+E)^{t_{cr}}} \sum_{t=1}^{t_p-t_1} A_{rt} (C_{Дрт} - C_{Дрт}) \cdot \frac{1}{(1+E)^{t_p-t_{c1}-1}} + \sum_{t=1}^{t_p-t_{c1}} V_t \frac{1}{(1+E)^{t_p-t_{c1}-1}}$$

где A_{rt} – производственная мощность участка по переработке хвостов в t -й год, т/год; t_{cr} – срок подготовки хвостов и строительства цеха переработки хвостов, лет; K_r – затраты на подготовку хвостов и строительство цеха в t -й год, руб./год; $C_{Дрт}$ и $C_{Дот}$ – извлекаемая ценность и эксплуата-



тационные затраты в t -м году, руб./т; E_K – коэффициент, учитывающий величину процентной ставки за кредит; Y_t – ущерб окружающей среде от хранения хвостов в t -м году.

Метод оценки включает в себя этапы:

- анализ сырьевой базы для использования технологии;
- оценка возможностей рынка продукции;
- анализ качества основной и попутной продукции;
- анализ материальных и денежных потоков в процессе производства;
- анализ цен минерального сырья и продуктов его переработки.

При оценке эффективности использования инвестиций в действующие предприятия используется метод SWOT-анализа: преимущества, недостатки, возможности и угрозы. Особенностью реализации метода является необходимость мониторинга цен на металлы, которые на мировом рынке подвержены существенным колебаниям [Ракишев, 2013].

Для оценки эффективности переработки хвостов обогащения инновационным способом выполняются исследования:

- анализ состояния предприятия как части сырьевой базы;
- возможность увеличения объемов производства предприятия;
- оценка риска внедрения технологии;
- оценка эффективности технологии отработки хвостов.

Сложность экономического обоснования состоит в необходимости учета повышенного уровня риска вследствие увеличения глубины горных работ, отрицательного воздействия объекта исследования на окружающую среду, затрат на компенсацию нанесенного ущерба, значительным сроком существования объектов и т. д. Оценка вариантов осуществляется во взаимосвязи процессов, начиная от разведки и кончая реализацией конечной продукции, на основе единого критерия и подхода.

Результаты и их обсуждение

Экономическая эффективность вовлечения хвостов обогащения в производство металлов и строительного сырья определяется путем сравнения традиционной технологии с извлечением металлов на фабрике и технологии с выщелачиванием металлов из хвостов обогащения переработкой в дезинтеграторе [Хинт, 1980].

Фактор экономической эффективности новой технологии состоит в том, что при сравнимых затратах из уже извлеченного из недр сырья извлекается большее количество металла за счет освоения запасов хвостов обогащения. Технично-экономическая оценка использования хвостов обогащения включает элементы:

- прогнозирование роста эффективности производства;
- перевод забалансовых запасов в категорию балансовых;
- координацию деятельности по регулированию технологических процессов;
- оценку, контроль и анализ результатов переработки.

Для исследования возможности привлечения в переработку хвостов за счет маневрирования содержанием полезного компонента в исходных рудах, в условиях непостоянной ценности рудной массы используется экономико-математическая модель, позволяющая гибко реагировать на изменение информации о контролируемых показателях системы, критерием которой является получение прибыли:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathcal{E}_z = C_{об} + E_n \frac{\Phi}{A_\sigma} - \left[C_\sigma + E_n \frac{\Phi + \Delta K}{A_\sigma(1+q)} \right] \frac{C_{об}(1+q)}{C_{об} + qC_{оз}}; \\ \mathcal{E}_{umm} = \sum_{i=0}^{T_n} (R_i - Z_i) \eta_i - K = B - K; \\ M = 0,01 \sum_{i=1}^n \alpha_{io} (1 - R) (1 - \Pi) \varepsilon_\sigma \varepsilon_M A_\sigma (1 + q); \\ MCS_M = W_{M_{i+1}} (1 + e_{wy}); \\ e_w = \frac{dW_M}{dM} \cdot \frac{M_i}{W_{M_{i+1}}} \rightarrow \max; \\ \alpha_\sigma \rightarrow \min. \end{array} \right.$$

где \mathcal{E}_z – экономический эффект по варианту отработки месторождения, р./т; E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, доли ед.; Φ – стоимость основных фондов, р.; A – годовая производственная мощность рудника по балансовым запасам, т; q – прирост объемов добычи за счет переработки забалансовых запасов, т; $C_{об}$, $C_{оз}$ – ценность руды при выемке балансовых запасов и хвостов обогащения, р./т.; C_σ – себестоимость добычи балансовых запасов, р./т; C_σ – себестоимость добычи балансовых запасов и хвостов обогащения, р./т.;



η_t – коэффициент дисконтирования финансовых средств; t – срок действия проекта, лет; K – капитальные затраты по инвестиционному проекту, р.; P и Z – результаты и затраты по проекту, р.; M – годовой выпуск металла, т; α_i – содержание металла в хвостах обогащения, доли ед.; ε_o , ε_m – извлечение при обогащении и металлургическом переделе, доли ед.; MC_m – предельные затраты по условному металлу, р.; W_m – удельная себестоимость металла по предлагаемому варианту, р./т; e_w – коэффициент эластичности изменения удельной себестоимости металла, доли ед.; R – показатели разубоживания, доли ед.; Π – потери при добыче, доли ед.

Финансовые результаты – прибыль по итогам деятельности участка переработки:

$$\Pi(Y) = \Pi_{mi} - C_{ТП} - C_o - C_{mp} - C_m,$$

где $C_{ТП}$ – себестоимость товарной продукции, р.; C_o – себестоимость обогащения, р.; C_{mp} и C_m – затраты на транспортирование до завода и на металлургический передел.

Модель эколого-экономической оценки технологии с механохимической активацией:

$$\Pi = \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T \sum_{r=1}^R \left\{ 0,01\alpha_m(1-P_k)\varepsilon_n C_m + 0,01\alpha_{3m}(1-P_k)\varepsilon_{3m} C_m - \left[\frac{1-P_k}{1-\Pi_k} (A_{1k} + A_{2k} + A_{3k}) + A_4 + A_5 + \gamma_1 A_6 + \gamma_2 A_7 \right] \times \left(1 - \frac{\varphi q}{1+q}\right) \right\} \times A_6(1+q)r\eta_t + \sum_{f=1}^F \sum_{u=1}^U (Z_{yb} - Z_{yz})\varepsilon_n^{om}$$

где Π – прибыль при освоении технологий, ден. ед./год; N – товарная продукция по переделам, физ. ед.; M – извлекаемые металлы, физ. ед.; K – схемы добычи; T – время, лет; R – риск освоения технологий, доли ед.; A_6 – объем добычи и переработки при базовой технологии, физ. ед.; q – доля прироста объемов хвостов, доли ед.; α_m, α_{3m} – содержание m -го металла в балансовых запасах и хвостах, доли ед.; P_k, Π_k – разубоживание и потери при k -той схеме добычи, доли ед.; ε_n – извлечение металлов по n переделам, доли ед.; C_m – цены m -го вида металла, ден. ед./физ. ед.; A_{1k}, A_{2k}, A_{3k} – затраты на погашение, ден. ед./физ. ед.; A_4 – затраты на последующие процессы добычи, ден. ед./физ. ед.; A_5, A_6, A_7 – затраты на транспорт рудной массы до обогатительной фабрики, до потребителя концентрата, на усреднение рудной массы на рудничном складе, ден. ед./физ. ед.; γ_1, γ_2 – удельный выход с 1 т руды концентратов при обогащении и металлов, физ. ед.; φ – доля условно-постоянных затрат, доли ед.; η_t – коэффициент дисконтирования финансовых потоков, доли ед.; Z_{yb}, Z_{yz} – затраты на складирование хвостов, плата за размещение хвостохранилищ, плата за превышение предельных норм концентрации вредных примесей, ден. ед.; ε_n^{ot} – снижение выхода отходов, физ. ед.

Оценка эффективности обращения с хвостами обогащения производится путем сравнения базового и нового вариантов:

$$NPV = \left[\sum_{i=1}^{n_2} (C_{\delta i} - C_{\delta i} + H_i) A_i \frac{1}{(1+r)^{i+n_1}} - \sum_{t=1}^{n_1} \frac{K_t}{(1+r)^t} \right] - \left[\sum_{i=1}^{n_2} (C_{\delta i} - C_{\delta i} + H_{\delta i}) A_{\delta i} \frac{1}{(1+r)^{i+n_1}} - \sum_{t=1}^{n_1} \frac{K_{\delta i}}{(1+r)^t} \right],$$

где $C_{\delta b}$ и $C_{\delta d}$ – соответственно ценность добытой руды в базовом и новом вариантах, р./т; $C_{\delta b}$ и $C_{\delta d}$ – себестоимость добычи по базовому и новому варианту, р./т; A_6 и A – годовой объем добычи, т; H_6 и H – амортизационные отчисления по вариантам, р./т; K_6 и K – капитальные вложения по вариантам, р./т; t – период инвестиционных расходов, $t = 1, 2 \dots n_1$; n_1 – продолжительность периодов инвестиций, лет; i – период отдачи инвестиций, $i = 1, 2 \dots n_2$; n_2 – продолжительность периода отдачи от инвестиций, лет.

Схема формирования экономической эффективности использования хвостов обогащения представлена на рисунке 3.

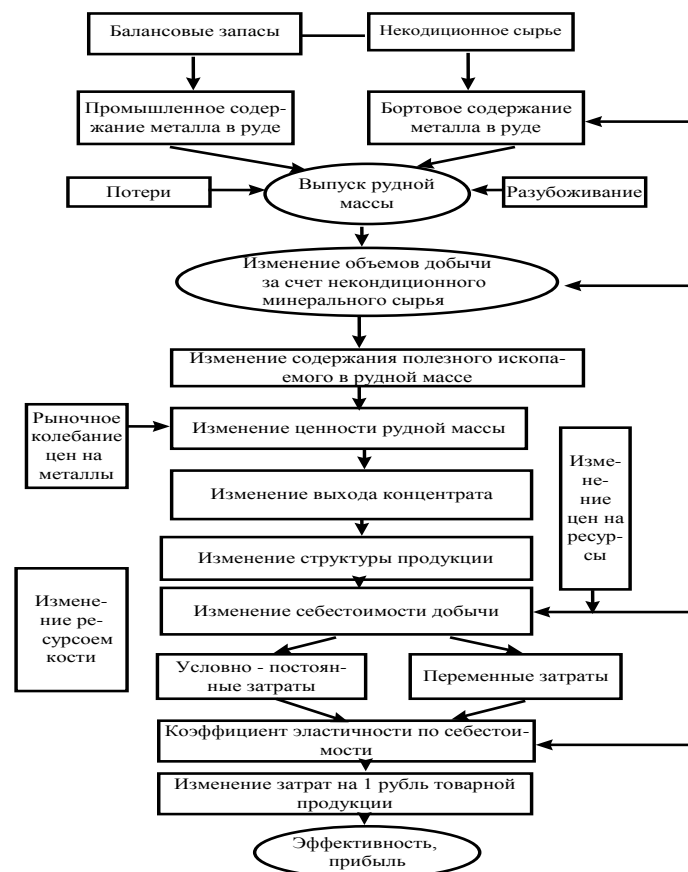


Рис. 3. Схема определения прибыли от использования хвостов обогатения
 Fig. 3. Scheme for determining profits from the use of tailings

Эффективность использования хвостов обогатения руд описывается моделью:

$$\Pi = \sum_{p=1}^P \sum_{o=1}^O \sum_{n=1}^N \sum_{t=1}^T \sum_{f=1}^F \sum_{n=1}^N \{ (M_{ey} C_{my} + Q_y C_{qy}) \} - \sum_{z=1}^3 [K(1 + E_{ny}) + E_q + E_x] - [(M_e C_m + Q C_q) + Q_r C_r] K_c K_y K_t K_b K_r K_{vp} K_{\chi} \rightarrow \max,$$

где P – продукты утилизации хвостов; O – виды хвостов; Π – процессы переработки хвостов; T – время переработки; F – фазы существования хранилищ; N – стадии использования хвостов; M_{ey} – количество металлов из отходов; C_{my} – цена металлов; Q_y – количество восстановленных эффектов; C_{qy} – цена утилизированных веществ; E_q – коэффициент процентной ставки на кредит для утилизации; E_x – коэффициент процентной ставки на кредит для производства металлов; E_{ny} – коэффициент процентной ставки на экологию; M_e – количество потерянных металлов; C_m – цена потерянных металлов; Q – количество потерянных эффектов; C_q – цена потерянных полезных веществ; Q_r – количество эффектов поражения среды; C_r – затраты на компенсацию глобальных факторов поражения; Z – затраты на управление; K – затраты на управление хранилищами; K_c – коэффициент самоорганизации хвостов; K_y – коэффициент утечки продуктов выщелачивания; K_t – коэффициент дальности утечки растворов; K_b – коэффициент влияния на биосферу; K_r – коэффициент влияния загрязнения на соседние регионы; K_{vp} – коэффициент реализации опасности со временем; K_{χ} – коэффициент риска поражения окружающей среды от неучтенных факторов.

В условиях предприятий Курской магнитной аномалии управление ресурсами хвостохранилища может быть прибыльным даже без производства продукции из утилизируемых хвостов, если при этом радикально уменьшается опасность для окружающей природной среды [Golik et al., 2013a]:

$$\Xi = \sum_{t=1}^T \left(\sum_1^n C_b' - \sum_1^n C_o \right) \cdot Q,$$

где C_b и C_o – базовые и новые затраты, связанные с хранением отходов на поверхности; Q – объем утилизируемой части хвостохранилища; n – виды отходов.

В качестве примера приводится расчет экономической эффективности получения металлов хвостов обогащения методами механохимической активации при извлечении в раствор 0.70–0.95 и извлечении из раствора 0.65–0.95 (табл.).

Таблица
Table

Экономическая эффективность переработки хвостов обогащения
The economic efficiency of processing tailings

Металлы	Всего	Извлечение в раствор	Извлечение из раствора	Товарный металл, т	Цена 1 т металла, \$	Стоимость металлов, \$
Железо	971 240	0.72	0.75	524 469	372	19 510 246
Свинец	28860	0.70	0.75	15152	2455	37198160
Цинк	44980	0.95	0.95	40594	2563	10404242
Медь	41020	0.90	0.93	34334	10030	34436741
Титан	46200	0.80	0.75	27720	583	16160760
Марганец	13486	0.63	0.65	5522	3340	18443480
Серебро	3151	0.75	0.80	1891	1428	2700348

Учитывая, что участки по извлечению металлов из хвостов выщелачивания создаются в рамках имеющейся инфраструктуры предприятий, реальная прибыль будет больше расчетной.

В настоящее время перспективным направлением извлечения металлов из хвостов обогащения является механохимическая активация их в аппаратах, где выщелачивающий раствор запрессовывается в образующиеся трещины, и извлечение металлов происходит одновременно с разрушением кристаллов. Технология обеспечивает извлечение металлов в интервале от 50 до 80% от исходного содержания в хвостах со снижением остаточного содержания до норм ПДК.

После извлечения металлов и солей хвосты обогащения могут быть использованы в составе смеси не только в качестве инертных заполнителей, но и вяжущих, обеспечивая необходимую прочность смеси

Инструментом получения прибыли при полной утилизации хвостов обогащения может быть разрабатываемая в БелГУ механохимическая технология переработки (рис. 4).

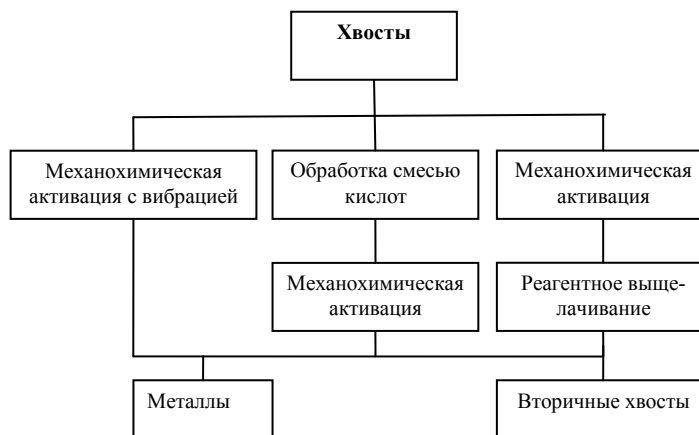


Рис.4. Схема извлечения металлов из хвостов обогащения
Fig. 4. Scheme of extraction of metals from tailings

При утилизации хвостов обогащения в составе закладочных смесей экономический эффект создается за счет экономии цемента при использовании фракций крупностью до 0.076 мм, объем которых достигает 85%.

После извлечения металлов до уровня санитарных требований отходы обогащения металлических руд месторождений КМА пригодны для изготовления твердеющей смеси и иной товарной продукции без ограничений.

Механическая активация хвостов в дезинтеграторе увеличивает прочность смеси с 1.30 до 1.52 МПа или на величину коэффициента 1.17. Механохимическая активация с неоднократным циклом обработки увеличивает прочность смеси с 1.01 до 1.22 или на величину коэффициента 1.22 и более.

Смеси на основе активированных в дезинтеграторе хвостов в большинстве случаев могут быть использованы для заполнения техногенных пустот даже без добавления цемента. Из-

влечение металлов из хвостов в товарные продукты методами механохимии увеличивается в интервале от 60 до 90%, что в разы превышает извлечение при переработке таких отходов традиционными технологиями [Golik et al., 2013b].

Заключение

Экономическая эффективность полной утилизации хвостов обогащения складывается из стоимости полученных металлов, сырья для строительной индустрии и снижения величины ущерба окружающей среде от хранения хвостов в пределах лито-, гидро- и атмосферы.

Механохимическая активация хвостов в дезинтеграторе является шагом по пути решения проблемы обеспечения сырьем для изготовления твердеющих смесей при переходе предприятий КМА на подземный способ разработки месторождений.

Использование хвостов обогащения приносит прибыль, величина которой определяется отношением суммы приведенной разности результата и затрат к величине капитальных вложений.

Уменьшение опасности хранения хвостов обогащения для окружающей природной среды может быть прибыльным даже без производства продукции из утилизируемых хвостов.

Благодарности

Авторы выражают признательность докт. техн. наук, проф. Ю.И. Кондратьеву, проф. Северо-Кавказского государственного технологического университета, оказавшему содействие в проведении исследований в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2013 годы» «Инновационные технологии утилизации техногенных отходов горно-обогатительного и металлургического производств для получения новых товарных продуктов» по теме: «Исследования и разработка высокоэффективной инновационной технологии утилизации отходов горно-обогатительной переработки руд КМА с получением металлов, вязущих и инертных компонентов для приготовления твердеющих смесей».

Список литературы

References

1. Голик В.И., Комащенко В.И., Страданченко С.Г., Масленников С.А. 2012. Повышение полноты использования недр путем глубокой утилизации отходов обогащения угля. Горный журнал, (10): 47–53
Golik V.I., Komashchenko V.I., Stradanchenko S.G., Maslennikov S.A. 2012. Increase completeness of the subsoil by deep waste coal preparation. Gornyj zhurnal, (10): 47–53.
2. Петин А.Н. 2006. Минерально-сырьевые ресурсы Курской Магнитной аномалии и экологические проблемы их промышленного освоения. Вестник РУДН, 12: 112–118.
Petin A.N. 2006. Mineral resources of the Kursk Magnetic Anomaly and environmental problems of their industrial development. Vestnik RUDN, 12: 112–118.
3. Ракишев Б.Р. 2013. Комплексное использование руды на предприятиях цветной металлургии Казахстана. Горный журнал, (7): 89–95.
Rakishev B.R. 2013. Complex use of ore in non-ferrous metallurgy in Kazakhstan. Gornyj zhurnal, (7): 89–95.
4. Трубецкой К.Н., Корнилов С.В., Яковлев В.Л. 2012. О новых подходах к обеспечению устойчивого развития горного производства. Горный журнал, (1): 45–51.
Troubetzkoy K.N., Kornilov S.V., Yakovlev V.L. 2012. New approaches to sustainable development of mining production. Gornyj zhurnal, (1): 45–51.
5. Хинт И.А. 1980. О четвертом компоненте технологии. Научно-информационный сборник СКТБ «Дезинтегратор». Таллин, Валгус, 36.
Hint I.A. 1980. On the fourth component technology. Scientific Information collection SKTB «Disintegrator». Tallinn, Valgus, 36.
6. Шестаков В.А. 1990. Рациональное использование недр. М.: Недр, 322.
Shestakov V.A. 1990. Rational use of mineral resources. Moscow, Nedra, 322.
7. Шестаков В.А. 2004. Теория проектирования разработки угольных пластов с учетом стадий переработки и направлений использования углей. Новочеркасск, 267.
Shestakov V.A. 2004. Teoriya design development of coal seams with the processing steps and uses of coal. Novocherkassk, 267.
8. Golik V.I., Komachshenko V.I., Drebenstedt K. 2013a. Mechanochemical Activation of the Ore and Coal Tailings in the Desintegrators. DOI: 10.1007/978-3-319-02678-7_101, Springer International Publishing Switzerland.
9. Golik V.I., Komachshenko V.I., Rasorenov Y.I. 2013b. Activation of Technogenic Resources in Desintegrators. DOI: 10.1007/978-3-319-02678-7_107, Springer International Publishing Switzerland.



УДК 631.95:628.516:615.849

**ЧЕРНОБЫЛЬСКАЯ ЗОНА ОТСЕЛЕНИЯ:
РАДИАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРСПЕКТИВ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ**
**CHERNOBYL RESETTLEMENT ZONE: RADIATION-ECOLOGICAL ASPECTS
OF THE PROSPECTS OF AGRICULTURAL USE OF THE AREA**

А.И. Дутов¹, С.Ю. Булыгин², Ф.Н. Лисецкий³
A.I. Dutov¹, S.Yu. Bulygin², F.N. Lisetskii³

¹ Государственная экологическая академия последипломного образования и управления. Украина, г. Киев,
ул. Митрополита Липкивского, 35

² Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины. Украина, г. Киев, ул. Героев Оборони, 13

³ Белгородский государственный национальный исследовательский университет. Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85

¹ State Environmental Academy of Postgraduate Education and Management, 35 Metropolit Lipkivskiy St, Kiev,
03035, Ukraine

² National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, 13, Heroev Oboroni St, Kiev, 03041, Ukraine

³ Belgorod State National Research University, 85 Pobeda St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: dutov_naan@ukr.net; s.bulygin@rambler.ru; liset@bsu.edu.ru

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, Чернобыльская АЭС, удельная активность радионуклидов, безопасность сельскохозяйственной продукции, цезий 137, нормативы содержания радионуклидов.

Key words: contamination, the Chernobyl nuclear power station, the specific activity of radionuclides, safety of agricultural products, cesium 137, radionuclide content standards.

Аннотация. Представлены результаты многолетних радиационно-экологических исследований для оценки возможного сельскохозяйственного использования радиоактивно загрязненных территорий зоны отчуждения и зоны безусловного (обязательного) отселения применительно к отдаленному периоду развития радиоэкологической ситуации. Показано, что экологически ориентированные мероприятия наряду с экономической обоснованностью и целесообразностью сельскохозяйственного использования зоны отселения должны быть направлены на снижение как индивидуальной эффективной дозы облучения населения путем производства гарантированно радиоэкологически безопасной сельскохозяйственной продукции, так и коллективной – путем минимизации интенсивности потока радионуклидов с урожаем товарной продукции.

Resume. Production in the evacuation zone within the Chernobyl nuclear power station in Ukraine (area of 4200 km²) is possible only under special permit. However, over the past decade, the radiation situation in the resettlement areas due to the physical decay of short-lived radionuclides, the immobilization of Cs-137 soil-absorbing complex is much better. Therefore, the assessment of the prospects for agricultural use of Chernobyl evacuation zone for remote periods of the radiation situation directed the study in this article. Spectrometric definition of specific activity of Cs-137 as the main radionuclide in natural conditions for the five most contaminated areas of Ukraine was held. The results of radiological monitoring of the structure of production, in which the content of radionuclides in Ukraine exceeds the permissible levels were obtained. The results of long-term radiation-ecological studies to assess the potential of agricultural use of radioactively contaminated territories of Exclusion zone and unconditional (obligatory) resettlement in relation to remote period of radioecological situation were presented. Studies have shown that even the traditional processing of vegetables can significantly reduce radiation criticality in agrolandscapes of earlier resettled areas. At the same time the most promising areas of appropriate agricultural land use in the evacuation zone – is growing raw materials for further in-depth processing. It is shown that environmentally oriented activities along with the feasibility and desirability of agricultural use of the evacuation zone should be aimed at reducing both the individual effective doses to the population by producing guaranteed radioecological safety of agricultural products, and collectively – by minimizing the flow rate of radionuclides from the harvest of marketable products.

Введение

Сравнительный анализ международного опыта экологического нормирования позволил предложить систему экологических индикаторных показателей для оценки состояния окружающей природной среды в Украине [Варламов, Палагута, 2013]. Важнейшим компонентом диагностики качества окружающей среды является радиационная безопасность.

Авария на Чернобыльской АЭС вошла в историю развития мировой цивилизации как беспрецедентная техногенная катастрофа. Экспертные оценки показали, что из разрушенного четвертого энергоблока в окружающую среду было выброшено более $1.3 \cdot 10^{19}$ Бк радионуклидов [Абагян, 1986; USSR State Committee ..., 1986; Сивинцев, Хрулев, 1995; Buzulukov, Dobrynin, 1993]. В той или иной степени радиационному загрязнению подверглись почти все страны се-

верного полушария [Израэль, Петров, Северов, 1987; Сивинцев, Хрулев, 1995; Израэль, 1998]. Только в Украине, Российской Федерации и Республике Беларусь площадь радиоактивно загрязненной территории с плотностью более 37 кБк/м² превышала 145 тыс. км². В зоны радиоактивного загрязнения попали около пяти тысяч населенных пунктов с населением более пяти миллионов человек [Департамент ..., 2011; Шойгу, Большов, 2011; Балоба, 2011]. На территории Белгородской области около 140 тыс. га пашни были загрязнены искусственными радионуклидами цезием-137 и стронцием-90, но за 19 лет после аварии на ЧАЭС третья часть радионуклидов уже распалась [Лукин и др., 2005].

Наибольшее количество выселенных населенных пунктов находится на территории Украины. Сразу после аварии из 30-километровой зоны вокруг ЧАЭС (зона отчуждения) было эвакуировано население 76 населенных пунктов и 86 (зона безусловного (обязательного) отселения) – по результатам радиоэкологического обследования в последующие годы [Закон України, 1991; Кабінет Міністрів Української РСР, 1991]. Общая площадь Чернобыльской зоны отселения в Украине составляет 4200 км² [Холоша, 2008]. На этой территории была запрещена любая деятельность, направленная на производство товарной продукции без специального разрешения.

За период после Чернобыльской катастрофы радиационная ситуация на отселенной территории существенно улучшилась. Произошло это вследствие физического распада короткоживущих радионуклидов, иммобилизации ¹³⁷Cs почвенно-поглощающим комплексом [Булигін и др., 2012; Дутов, 2012, 2014]. Закономерным является вопрос о возможности возобновления на этой территории хозяйственной деятельности. Поэтому изучение радиационно-экологических аспектов возможного сельскохозяйственного использования Чернобыльской зоны отселения для отдаленного периода развития радиационной ситуации является важным и актуальным.

Объекты и методы исследований

Исследования проводили в природных условиях наиболее загрязненных областей Украины (Волинская, Житомирская, Ровенская, Киевская и Черниговская). Удельную активность ¹³⁷Cs, как основного дозообразующего радионуклида, определяли спектрометрическим методом на гамма-спектрометрическом оборудовании с полупроводниковыми детекторами GEM-30185, Ge (Li), GMX серии «EG & G ORTEC») и многоканальным анализатором ADCAM-300. Полевые опыты проводили в 1988-2006 гг. в зоне безусловного (обязательного) отселения. Почвы – дерново-подзолистые. Площадь учетной делянки – 25 м², повторность – четырёхкратная. Отбор образцов и их подготовку к анализу осуществляли по общепринятым методикам с учетом специфики научно-исследовательских работ в области сельскохозяйственной радиологии [Прістер та ін., 1992]. При анализе и обобщении полученных данных также использовали методические рекомендации по проведению комплексного радиологического мониторинга территорий расположения АЭС, экспресс-методику оценки плотности загрязнения радиоактивными изотопами цезия по данным гамма-съемки местности с учетом радионуклидного состава и распределения радионуклидов по профилю почвы, методических рекомендаций по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по общепринятым методикам статистического анализа. Компьютерную обработку результатов исследований проводили с использованием пакета прикладных программ BioStat 2008, MS Excel 2007 с надстройкой AtteStat 12.1.7 и Origin Pro v 8.5.

Плотность загрязнения опытного участка ¹³⁷Cs 7030–8695 кБк/м² (190–280 Ки/км²). Для оценки накопления радионуклидов в урожае использовали коэффициент перехода (КП) радиоактивного цезия из почвы в растения – содержание радионуклида в растении по плотности загрязнения почвы, равной единице (Бк/кг воздушно-сухой массы растений) / (кБк/м² почвы).

Результаты и их обсуждение

Обязательным условием оценки перспектив возрождения сельскохозяйственной деятельности на радиоактивно загрязненных территориях является производство гарантированно безопасной в радиационном отношении товарной продукции, которая непосредственно используется в пищу. Именно эта продукция является наиболее критической в радиационном отношении и именно для нее существующими гигиеническими нормативами жестко регламентируется содержание радионуклидов. Усредненные результаты радиологического мониторинга по структуре продукции, содержание радионуклидов в которой превышает допустимые в Украине уровни (ДУ–2006) приведена на рисунке 1.

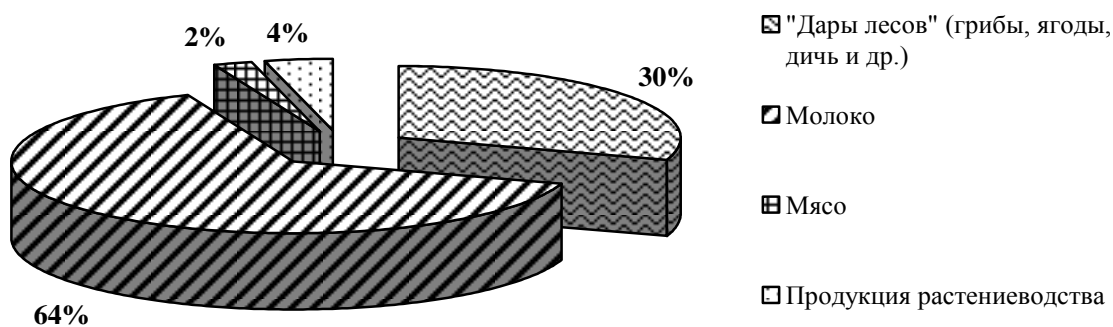


Рис. 1. Структура продукции с превышением допустимых уровней (ДУ-2006) содержания ^{137}Cs
 Fig. 1. The structure of production in excess of permissible levels (PL-2006) of ^{137}Cs

Анализ представленных данных показывает, что и в отдаленный период развития радиационной ситуации после Чернобыльской катастрофы, наиболее критическим в радиационном отношении остается молоко, которое производится в личных подсобных хозяйствах населения. В структуре загрязненной продукции оно занимает 64%. При этом ее критичность может существенно изменяться в зависимости от условий содержания животных. Так в засушливые годы, когда в качестве выпасов начинают использовать лесные угодья и/или неокультуренные пастбища, для которых характерны аномально высокие коэффициенты перехода радиоактивного цезия из почвы в травостой, количество загрязненных образцов молока значительно увеличивается.

Таким образом, развитие молочной отрасли при возрождении сельскохозяйственного производства на ранее отселенных территориях является экологически безопасным. Для организации выпаса молочного стада личных подсобных хозяйств, необходимо использовать высокоплодородные почвы с минимальной плотностью загрязнения ^{137}Cs . При этом их радиационно-экологическая критичность в значительной степени может быть компенсирована применением мелиорантов и удобрений (в особенности калийных), посевом кормовых культур, которые отличаются относительно невысокой способностью накапливать радиоцезий, введением в рацион молочных коров премиксов с радиопротекторными свойствами.

При рассмотрении радиационно-экологических аспектов возрождения отрасли животноводства на отселенных территориях следует отметить перспективность развития его мясной отрасли. Заметим, что в Украине нет допустимых уровней содержания радионуклидов в кормах. В начальный период кормления КРС мясного направления можно использовать критические угодья с более высокой плотностью радиоактивного загрязнения. Для гарантированного получения нормативно безопасного в радиационном отношении мяса, основное внимание необходимо уделять заключительной стадии откорма животных чистыми кормами. Это позволяет в 5–8 раз снизить содержание радиоцезия в продукции.

Растениеводческая продукция, которая непосредственно используется в рационе местного населения, представлена, в основном, овощами. Несмотря на то, что зона Полесья, наиболее загрязненная после Чернобыльской катастрофы, не является типичной зоной овощеводства, объемы их производства и потребления в полесских регионах увеличивается, что дает основание рассматривать эту продукцию как основную дозообразующую. Поэтому радиационно-экологические аспекты развития овощеводства на ранее выселенных территориях должны учитывать потенциальные особенности накопления радионуклида в товарной части продукции. Обобщая результаты многолетних исследований, мы разделили овощные культуры на пять условных групп (рис. 2).

Первая группа овощных культур характеризуется наименьшей потенциальной способностью накапливать радиоактивный цезий в товарной части продукции. В нее вошли (в порядке возрастания коэффициентов перехода ^{137}Cs из почвы в растения) баклажаны, лук, перец сладкий, тыква, патиссоны и томаты.

Вторая группа овощных – группа с относительно невысокой потенциальной способностью накапливать радионуклиды включает огурцы, физалис, шпинат, морковь, редис, петрушку, кинзу, капусту, перец горький, пастернак и топинамбур. В отдаленный период развития радиационной ситуации после Чернобыльской катастрофы случаев превышения гигиенических нормативов содержания радиоцезия в них не было зарегистрировано. Их можно возделывать повсеместно, где действующим законодательством разрешена хозяйственная деятельность.

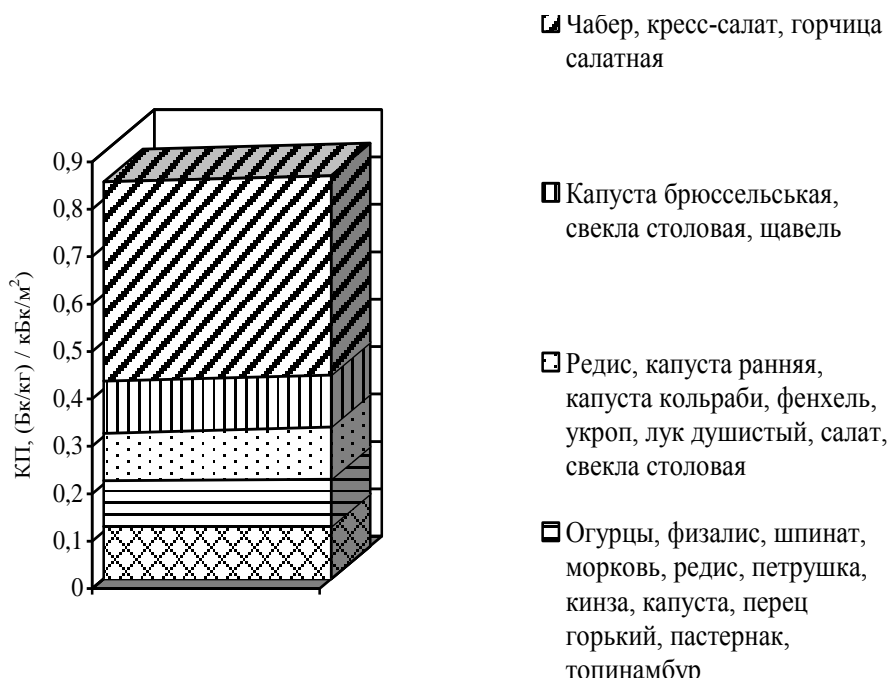


Рис. 2. Группировка овощных культур по коэффициенту перехода ¹³⁷Cs из почвы в товарную часть продукции

Fig. 2. Grouping of vegetable crops at a rate of ¹³⁷Cs transfer from soil to the commodity of the products

Третья группа овощных культур характеризуется средней способностью аккумулировать радиоактивный цезий товарной частью. Она включает редис, капусту раннюю, капусту кольраби, фенхель, укроп, салат и свеклу столовую. Эти культуры требуют большего внимания при их выращивании на радиоактивно загрязненной территории. Под них следует отводить более плодородные участки (почвы с высокой буферностью органоминерального комплекса) с невысокой плотностью загрязнения, осуществлять специальные мероприятия, направленные на снижение коэффициентов перехода ¹³⁷Cs из почвы в растения. Но особого внимания требуют овощные культуры, вошедшие в четвертую группу – группу с повышенной способностью к накоплению радиоцезия (капуста брюссельская, свекла столовая и щавель). И сегодня в отдаленный период развития радиационной ситуации после Чернобыльской катастрофы на критических в радиационном отношении органогенных грунтах при относительно невысокой плотности их загрязнения имеют место случаи превышения в них допустимых уровней содержания ¹³⁷Cs.

Группа овощей с высокой способностью накапливать радионуклиды в товарной части продукции (чабер, кресс-салат и горчица салатная) являются малораспространенными в классическом овощеводстве и достаточно редко используются в традиционном питании населения загрязненных территорий. Культивировать их при возрождении овощеводства на ранее отселенных территориях нецелесообразно.

Обращает на себя внимание тот факт, что такие овощные культуры как лук, капуста, свекла столовая могут быть отнесены к различным группам по потенциальной способности накапливать радионуклиды, что обусловлено различиями в накоплении ¹³⁷Cs разными сортами культур в пределах одного ботанического вида растений. В то же время, выращивание сельскохозяйственных культур в качестве сырья для последующей переработки, может существенно снизить критичность агроландшафтов для получения гарантированно чистой продукции (табл.).

Результаты многолетних исследований показывают, что даже традиционная переработка овощей (квашение и варка капусты, маринование томатов) может существенно снизить радиационную критичность агроландшафтов ранее отселенной территории. В то же время наиболее перспективным направлением их целесообразного сельскохозяйственного использования является выращивание сырья для дальнейшей углубленной переработки. Так крахмал и этанол, полученный из картофеля, который по радиационно-экологическим показателям не может быть непосредственно использован в питании, будет гарантированно соответствовать допустимым уровням содержания радионуклидов.

Таблица
Table

Максимальная плотность загрязнения дерново-подзолистой почвы (по содержанию ¹³⁷Cs) при выращивании продукции и ее переработки
The maximum density of contamination of sod-podzolic soil (content ¹³⁷Cs) during the growth of production and processing

Сельскохозяйственное сырье	Способ обработки (переработки)	Диапазоны плотности загрязнения почвы для производства безопасных:			
		овощей (без переработки)		сырья для переработки	
		кБк/м ²	Ки/км ²	кБк/м ²	Ки/км ²
Капуста	Варение	267–400	7–11	1333–2000	36–54
	Квашение	267–400	7–11	347–560	9–15
Томаты	Маринование	800–4000	22–108	880–5200	24–141
Картофель	Картофельное пюре	333	9	433–467	12–13
	На крахмал	333	9	1998–2664	54–72
	На этанол	333	9	16650–33300	450–900
Рапс (зерно)	На биотопливо	Вся территория, на которой разрешено АПП			

Примечание: кБк – Килобеккерель; Ки – Кюри.

Загрязненные земли Чернобыльской зоны отселения, на которых в перспективе будет разрешено сельскохозяйственное производство, без ограничения можно использовать для выращивания рапса в качестве сырья для переработки на биотопливо. Это обусловлено как минимальным коэффициентом переходом радионуклида из зерна рапса в конечный продукт, так и отсутствием допустимых уровней его содержания в биотопливе.

Заклучение

Таким образом, радиационно-экологическая оценка перспектив сельскохозяйственного использования Чернобыльской зоны отселения базируется на производстве продукции, содержание радионуклидов в которой гарантированно не превышает допустимых уровней. Наиболее рациональным направлением сельскохозяйственной деятельности в этих условиях является мясное животноводство и производство сельскохозяйственного сырья для последующей глубокой переработки, отдавая приоритет не производству продовольствия, а растениям, возделываемым человеком для получения технического сырья.

Список литературы References

- Абагян А.А. 1986. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ. Атомная энергия, 61 (5): 301–320.
Abagjan A.A. 1986. Informacija ob avarii na Chernobyl'skoj AJeS i ee posledstvijah, podgotovlennaja dlja MAGATJe [Information about the Chernobyl accident and its consequences, prepared for the IAEA]. Atomnaja jenergija, 61 (5): 301–320. (in Russian, with English summary)
- Балога В.І. (гол. ред.). 2011. Національна доповідь України. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього. К., КІМ, 356.
Baloga V.I. (gol. red.). 2011. Nacional'na dopovid' Ukraïny. Dvadcat' p'jat' rokov Chornobil'skoï katastrofi. Bezpeka majbutn'ogo [National report of Ukraine. Twenty-five years of the Chernobyl disaster. Safety future]. Kiev, KIM, 356. (in Ukrainian)
- Булигін С.Ю., Бондар О.І., Дутов О.І., Кашпаров В.О. 2012. Сучасний етап мінімізації наслідків чорнобильської катастрофи. Вісник аграрної науки, 7: 54–57.
Buligin S.Ju., Bondar O.I., Dutov O.I., Kashparov V.O. 2012. The current stage to minimize the consequences of the Chernobyl disaster. Visnik agrarnoi nauki, 7: 54–57. (in Ukrainian)
- Варламов Е.Н., Палагута О.А. 2013. Система экологических индикаторных показателей для оценки состояния окружающей природной среды в Украине. Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки, 24 (7): 188–192.
Varlamov E.N., Palaguta O.A. 2013. The environmental indicator system of indicators to assess the state of the environment in Ukraine. Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural sciences], 24 (7): 188–192. (in Russian, with English summary)
- Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. 2011. Четверть века после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления. Национальный доклад Республики Беларусь. Минск, 90.
Departament po likvidacii posledstvij katastrofy na Chernobyl'skoj AJeS Ministerstva po chrezvyčajnym situacijam Respubliki Belarus'. 2011. Nacional'nyj doklad Respubliki Belarus'. Chetvert' veka posle chernobyl'skoj katastrofy: itogi i perspektivy preodolenija [National Report of the Republic of Belarus. A quarter-century after the Chernobyl accident: results and prospects of overcoming]. Minsk, 90. (in Russian)

6. Дутов О.И. 2014. Агроекологічні підходи до мінімізації доз опромінення населення у віддалений період розвитку радіологічної ситуації після аварії на ЧАЕС. Екологічні науки: науково-практичний журнал, 1 (5): 24–30.

Dutov O.I. 2014. Agroecological approaches to minimizing doses to the population in the remote period of the radiological situation after the accident. *Ekologichni nauki: naukovo-praktichnij zhurnal*, 1 (5): 24–30. (in Ukrainian)

7. Дутов О.И. 2012. Сучасні підходи до раціонального використання радіоактивно забруднених земель (на прикладі аварії на Чорнобильській АЕС). Агрохімія і ґрунтознавство, 77: 38–43.

Dutov O.I. 2012. Current approaches to the sustainable use of radioactively contaminated land (for example, the Chernobyl accident). *Agrohimiya i gruntovnavstvo*, 77: 38–43. (in Ukrainian)

8. Закон України. 1991. Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи. Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР), 16: Ст. 199.

Zakon Ukraїni. 1991. Pro pravovij rezhim teritorii, shho zaznala radioaktivnogo zabrudnennja vnaslidok Chornobil's'koї katastrofi [On legal regime of the area radioactively contaminated by the Chernobyl disaster]. *Vidomosti Verhovnoї Radi URSR (VVR)*, 16: St. 199. (in Ukrainian)

9. Израэль Ю.А. (науч. ред.). 1998. Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии. Люксембург, Люксембургское бюро для официальных изданий европейских сообществ, 66.

Izrajel' Ju.A. (nauch. red.). 1998. Atlas zagrjaznenija Evropy ceziem posle Chernobyl's'koї avarii [Atlas of cesium contamination of Europe after the Chernobyl accident]. Luxemburg, Ljuksemburgskoe bjuro dlja oficial'nyh izdaniej evropejskih soobshhestv, 66. (in Russian)

10. Израэль Ю.А., Петров В.Н., Северов Д.А. 1987. Моделирование радиоактивных выпадений в ближней зоне от аварии на ЧАЭС. Метеорология и гидрология, 7: 8–17.

Izrajel' Ju.A., Petrov V.N., Severov D.A. 1987. Modeling of radioactive fallout in the near zone of the Chernobyl accident. *Meteorologija i gidrologija*, 7: 8–17. (in Russian, with English summary)

11. Кабинет Міністрів Української РСР. 1991. Постанова Кабінету Міністрів УРСР від 23 липня 1991 р. № 106 «Про організацію виконання постанов Верховної Ради Української РСР про порядок введення в дію законів Української РСР "Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи" та "Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок чорнобильської катастрофи"». К., 220.

Kabinet Ministriv Ukraїns'koї RSR. 1991. Postanova Kabinetu Ministriv URSR vid 23 lipnja 1991 r. № 106 «Pro organizaciju vikonannja postanov Verhovnoї Radi Ukraїns'koї RSR pro porjadok vvedennja v diju zakoniv Ukraїns'koї RSR "Pro pravovij rezhim teritorii, shho zaznala radioaktivnogo zabrudnennja vnaslidok Chornobil's'koї katastrofi" ta "Pro status i social'nij zahist gromadjan, jaki postrazhdali vnaslidok chornobil's'koї katastrofi" [Cabinet of Ministers of the USSR of 23 July 1991 g. № 106 «On organization of implementation of resolutions of the Supreme Soviet of the Ukrainian SSR of the procedure of enacting laws Ukrainian SSR "On legal regime of the area radioactively contaminated by the Chernobyl disaster" and "On Status and Social Protection citizens affected by the Chernobyl disaster"»]. Kiev, 220. (in Ukrainian)

12. Лукин С.В., Лисецкий Ф.Н., Терентьев М.В. (ред.). 2005. Состояние окружающей среды и использование природных ресурсов Белгородской области в 2003–2004 годах. Белгород, Изд-во БелГУ, 180.

Lukin S.V., Liseckij F.N., Terent'ev M.V. (red.). 2005. Sostojanie okružhajushhej sredy i ispol'zovanie prirodnyh resursov Belgorodskoj oblasti v 2003–2004 godah [State of the environment and natural resources of the Belgorod region in 2003–2004. 2005]. Belgorod, Izd-vo BelGU, 180. (in Russian)

13. Пристер Б.С. та ін. 1992. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільськогосподарської радіології. Київ, 136.

Prister B.S. ta in. 1992. Metodichnij posibnik z organizacii provedennja naukovo-doslidnih robit v galuzi sil'skogospodars'koї radiologii [Toolkit for the organization of scientific research in the field of Agricultural Radiology]. Kiev, 136. (in Ukrainian)

14. Сивинцев Ю.В., Хрулев А.А. 1995. Оценка радиоактивного выброса при аварии 1986 г. на 4-ом блоке Чернобыльской АЭС. Атомная энергия, 78. Вып. 6: 403–417.

Sivincev Ju.V., Hrulev A.A. 1995. Ocenka radioaktivnogo vybrosa pri avarii 1986 g. na 4-om bloke Chernobyl's'koї AJeS [Evaluation of radioactive release in an accident in 1986 at the fourth unit of the Chernobyl nuclear power station]. *Atomnaja jenergija*, 78 (6): 403–417. (in Russian, with English summary)

15. Холоша В.И. (ред.). 2008. Радиологічний стан територій, віднесених до зон радіоактивного забруднення (у розрізі районів). К., Інтелектуальні системи ГЕО, 49.

Holosha V.I. (red.). 2008. Radiologichnij stan teritorij, vidnesenih do zon radioaktivnogo zabrudnennja (u rozrizi rajoniv) [Radiologic state territories referred to the radioactive contamination (by area)]. Kiev, Intel'ktual'ni sistemi GEO, 49. (in Ukrainian)

16. Шойгу С.К., Большов Л.А. (общ. ред.). 2011. Российский национальный доклад. 25 лет чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986–2011. М., 161.

Shojgu S.K., Bol'shov L.A. (obshh. red.). 2011. Rossijskij nacional'nyj doklad. 25 let chernobyl's'koї avarii. Itogi i perspektivy preodolenija ee posledstvij v Rossii. 1986–2011 [Russian National Report. 25 years after the Chernobyl accident. Results and prospects of overcoming its consequences in Russia. 1986–2011]. Moscow, 161. (in Russian)

17. Buzulukov Yu., Dobrynin Yu., 1993. Release of radionuclides during the Chernobyl accident. The Chernobyl papers. Ed. Merwin, S. and Baolonov, M.: Research Enterprises, Richland WA, 1: 3–21.

18. USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy. 1986. The Accident at the Chernobyl-Nuclear-Power Plant and its Consequences. Post Accident Review Meeting (Vienna, 25–29 August 1986). Vienna: 8–25.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Авраменко Григорий Владимирович – доктор химических наук, профессор; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия
- Алябьева Татьяна Михайловна – кандидат химических наук, доцент; Белгородский университет кооперации, экономики и права, г. Белгород, Россия
- Артемьева Елена Александровна – доктор биологических наук, доцент, профессор; Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, г. Ульяновск, Россия
- Бондаренко Людмила Сергеевна – младший научный сотрудник; Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН, г. Белгород, Россия
- Бульгин Сергей Юрьевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик НААН Украины, профессор, директор; НИИ Национального университета биоресурсов и природопользования, г. Киев, Украина
- Воскобойникова Татьяна Георгиевна – аспирант; Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия
- Голик Владимир Иванович – доктор технических наук, профессор; Центр геофизических исследований Владикавказского научного центра РАН и Правительства Республики Северная Осетия-Алания, г. Владикавказ, Россия
- Гордеев Леонид Юрьевич – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Гроухин Михаил Владимирович – младший научный сотрудник; Институт комплексного анализа региональных проблем, Дальневосточное отделение РАН, г. Биробиджан, Еврейская автономная область, Россия
- Гусев Александр Викторович – кандидат географических наук; директор, станция юных натуралистов, г. Новый Оскол, Белгородская область, Россия
- Добровольская Олеся Александровна – студент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Дремук Алена Петровна – аспирант; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия
- Дроздова Екатерина Артуровна – кандидат географических наук, старший преподаватель; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Дунаев Владимир Александрович – доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий отделом; ОАО «ВИОГЕМ», г. Белгород, Россия
- Дутов Александр Иванович – доктор сельскохозяйственных наук, директор; Учебно-научный институт экологической безопасности и управления, Государственная экологическая академия последиplomного образования и управления, г. Киев Украина
- Ермакова Елена Ивановна – заместитель директора; Станция юных натуралистов, г. Новый Оскол, Белгородская область, Россия
- Ермолович Елена Ахмедовна – доктор технических наук, доцент, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Ермолович Олег Вячеславович – председатель; наблюдательный совет ООО «Торговый дом «Карина» г. Белгород, Россия
- Ерохин Кирилл Сергеевич – магистрант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Игнатенко Игнат Михайлович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник; ОАО «ВИОГЕМ», г. Белгород, Россия
- Карякин Виктор Федорович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник; Белгородский государственный технологический университет им. Шухова, г. Белгород, Россия
- Киенская Карина Игоревна – кандидат химических наук, доцент; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия
- Китов Михаил Владимирович – заместитель начальника отдела; Департамент природопользования и охраны окружающей среды Белгородской области, г. Белгород, Россия
- Колдаева Татьяна Юрьевна – старший научный сотрудник; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, г. Москва, Россия
- Колмыков Сергей Николаевич – кандидат географических наук, старший преподаватель; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Корнилов Андрей Геннадьевич – доктор географических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Кравченко Александра Сергеевна – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Кузнецова Татьяна Алексеевна – кандидат биологических наук, ассистент; Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет, г. Санкт-Петербург, Россия
- Куликовский Евгений Александрович – рыбовод; «Рыбхоз Волма» п/о Озерный, Червенский р-н, Минская обл., Республика Беларусь
- Курапова Татьяна Михайловна – кандидат биологических наук, доцент; Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия
- Лебедева Мария Григорьевна – кандидат географических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Лебедева Ольга Евгеньевна – доктор химических наук, профессор, декан; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Лисецкий Федор Николаевич – доктор географических наук, профессор, директор; Федерально-региональный центр аэрокосмического и наземного мониторинга, Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия



- Лубенская Оксана Александровна – инженер; ОАО «ВИОГЕМ», г. Белгород, Россия
- Манов Руслан Олегович – магистрант; Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия
- Маракаев Олег Анатольевич – кандидат биологических наук, доцент, декан; Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, г. Ярославль, Россия
- Мищенко Андрей Владимирович – кандидат биологических наук, доцент, Ульяновский государственный педагогический университет им. И.Н. Ульянова, г. Ульяновск, Россия
- Молчанова Ксения Андреевна – ведущий инженер; Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия
- Моторина Ирина Петровна – кандидат биологических наук, научный сотрудник; Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН, г. Белгород, Россия
- Нецветаев Владимир Павлович – доктор биологических наук, профессор, заведующий лабораторией; Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН, г. Белгород, Россия
- Овсянников Александр Николаевич – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Овчинников Александр Владимирович – старший преподаватель; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Околенова Алла Ароновна – доктор биологических наук, профессор; Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия, научный сотрудник; Институт микробиологии и иммунологии им. И.И. Мечникова НАМН Украины, г. Харьков, Украина
- Погорелая Марина Сергеевна – студент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Полетаев Арсений Олегович – студент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Полухин Олег Николаевич – доктор политических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Полчанинова Нина Юрьевна – кандидат биологических наук, старший преподаватель; Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, г. Харьков, Украина
- Ростовцева Анна Александровна – кандидат технических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Сергеев Сергей Валентинович – доктор технических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Сечин Евгений Николаевич – студент; Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, г. Ярославль, Россия
- Сидоров Андрей Владимирович – аспирант; Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, г. Ярославль, Россия
- Синица Игорь Владимирович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник; ОАО «ВИОГЕМ», г. Белгород, Россия
- Соловьев Александр Борисович – кандидат географических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Толстопятова Ольга Сергеевна – студентка; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Храмцов Борис Александрович – кандидат технических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия
- Хрисанов Виталий Алексеевич – доктор географических наук, доцент; Белгородский юридический институт МВД России, г. Белгород, Россия
- Хрусталев Евгений Иванович – кандидат биологических наук, доцент, профессор; Калининградский государственный технический университет, г. Калининград, Россия
- Чан Тхи Тхуи – студент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет г. Белгород, Россия

Ф. СП-1		АБОНЕМЕНТ на журнал 81466 <i>Научные ведомости БелГУ.</i> <i>Серия Естественные науки</i>											
(наименование издания)										Количество комплектов		1	
на 2015 год по месяцам													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
		X			X			X			X		
Куда													
(почтовый индекс)					(адрес)								
Кому													
(фамилия, инициалы)								Тел.					

ДОСТАВОЧНАЯ КАРТОЧКА													
ПВ		ме-сто		ли-тер		на журнал		81466					
										индекс издания			
<i>Научные ведомости БелГУ.</i> <i>Серия Естественные науки</i>													
(наименование издания)													
Стои-мость	подписки			руб.		коп.		Кол-во комплек-тов	1				
	перед-ресовки			руб.		коп.							
на 2015 год по месяцам													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
		X			X			X			X		
Куда													
(почтовый индекс)					(адрес)								
Кому													
(фамилия, инициалы)													