

№3 (174) 2014
Выпуск 26

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1995 г.

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

Учредитель:

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

Издатель:
НИУ «БелГУ».

Издательский дом «Белгород».

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
ЖУРНАЛА**

Главный редактор

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

Зам. главного редактора

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

Ответственные секретари:

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

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
СЕРИИ ЖУРНАЛА**

Главный редактор серии

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

Заместители главного редактора:

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

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

Ответственный секретарь

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

**НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ
Белгородского государственного университета
Естественные науки**

**Belgorod State University
Scientific Bulletin
Natural sciences**

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ

К характеристике ценопопуляций борщевика Сосновского (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) в городе Петропавловске-Камчатском (Российский Дальний Восток). **Абрамова Л.М., Девятова Е.А., Штрекер Л., Чернягина О.А. 5**

Синантропная растительность класса *Artemisietea vulgaris* в центральной части Башкирского Предуралья. **Усманова Л.С., Голованов Я.М., Абрамова Л.М. 9**

Фитозокологическая оценка мергельного карьера «Основной» (Украина, Донецкая обл.). **Хархота А.И., Прохорова С.И., Агурова И.В. 20**

Виды Красной книги Российской Федерации во флоре Белгородской области (материалы к новому изданию Красной книги Белгородской области). **Гусев А.В. 27**

Энтомо-фитопатологическое состояние коллекции растений рода *Rhododendron* L. в ботаническом саду имени акад. А.В. Фомина Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. **Ковальчук В.П., Чумак П.Я. 39**

Влияние метеорологических факторов на развитие грибов отдела *Basidiomycetes* на ароматических и лекарственных растениях. **Овчаренко Н.С. 43**

Особенности послепожарного восстановления лиственницы в межлесных лесах Центральной Якутии. **Габышева Л.П. 48**
Земляные клопы (Heteroptera, Lygaeidae) Тюменской области. **Галич Д.Е. 53**

Биология гречишного долгоносика (*Rhinoncus sibiricus* Faust, 1893) в Приморском крае. **Кузнецова А.В., Клыкков А.Г. 58**

Особенности взаимоотношений волка и диких копытных на территории Белгородской области. **Червонный В.В., Горбачева А.А. 62**

Устойчивость мембран дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* к холодным воздействиям в условиях окислительного стресса. **Горячая И.П., Зинченко В.Д., Бурак И.А. 72**

Влияние экстракта криоконсервированных фрагментов сердца поросят на электрофизиологические показатели сердца и пролиферативную активность клеток миокарда. **Рогоза Л.А., Чиж Н.А., Гальченко С.Е., Сандомирский Б.П. 79**

Солодовые ростки в рационах крупного рогатого скота. **Шапошников А.А., Афанасьев П.И., Алтухов А.А., Мартынова И.А. 85**

Калориметрическое исследование денатурации гемоглобина человека с диметилсульфоксидом. **Зинченко А.В., Говорова Ю.С. 89**

Коррекция метаболических нарушений у животных с экспериментальной полнослойной раной. **Белова С.В., Бабушкина И.В., Гладкова Е.В., Мамонова И.А., Карякина Е.В., Коршунов Г.В., Коноченко Е.А. 94**

Члены редколлегии:

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

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

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

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

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

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

С.В. Лукин, доктор географических 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 (НИУ «БелГУ»)

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

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

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

Антибактериальные свойства серебряной формы монтмориллонит содержащей глины. **Буханов В.Д., Везенцев А.И., Соколовский П.В., Савицкая Т.А.** 98

Роль карбоксильных групп в каталитической активности липазы I *Rhizopus oryzae* 1403. **Шеламова С.А., Тырсин Ю.А.** 103

ХИМИЯ

К вопросу использования монтмориллонит содержащих глин в дизайне сорбентов с заданными свойствами. **Везенцев А.И., Нгуен Хоай Тъяу, Савицкая Т.А., Габрук Н.Г., Олейникова И.И.** 109

Синтез и некоторые области применения гидрозолей бемита.

Киенская К.И., Кузовкова А.А., Марченко И.Н. 114

Исследование реакций электрофильного замещения в 1-метил-1,2-дигидропирроло [3,2,1-de] акридин-6-оне. **Алябьева Т.М.** 119

Коллоидно-химические характеристики гидрогелей на основе поливинилпирролидона, полученных методом радиационного сшивания. **Смагина В.В., Авраменко Г.В., Кривощепов А.Ф., Власова К.Ю.** 123

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Палеогеографические условия формирования пойменных почв центральной части Приднепровской возвышенности в позднем голоцене. **Мацибора А.В.** 128

Влияние видов занятого пара и приемов основной обработки на содержание легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и калия в темно-серой лесной почве. **Соколова И.А., Долгополова Н.В.** 133

Типологические и географические особенности формирования глинистого профиля агрочерноземов Западно-Украинского края. **Папиш И.Я.** 137

Методические основы оценки площади чистых паров на основе данных дистанционного зондирования. **Терехин Э.А.** 148

Сравнительный анализ фрагментированности ландшафтов белгородской части бассейна Ворсклы и бассейна Мерлы (Харьковская область, Украина). **Биатов А.П., Украинский П.А., Нарожная А.Г.** 157

Демографическая характеристика структур городской и сельской местности Забайкальского края. **Горина К.В.** 166

Сведения об авторах 175

Информация для авторов 177

Оригинал-макет **А.В. Присный,**
О.О. Петрова

E-mail: prisniy@bsu.edu.ru
Подписано в печать 26.03.2013
Формат 60×84/8
Гарнитура Georgia, Impact
Усл. п. л. 20,92
Тираж 1000 экз.
Заказ 58

Подписной индекс в каталоге агентства
«Роспечать» – 81466

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

**№3 (174) 2014
Issue 26**

SCIENTIFIC PEER-REVIEWED JOURNAL

Founded in 1995

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

Founder:

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

Publisher:

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

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

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL

Editor-in-Chief

O.N. Polukhin,
Rector of Belgorod National
Research University, Doctor of Political
Sciences, Professor

Deputy Editor-in-Chief

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

Assistant Editors

V.M. Moskovkin,
Professor of World Economy Department
of Belgorod National Research University,
Doctor of Geographical Sciences

O.V. Shevchenko,

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

**EDITORIAL BOARD OF JOURNAL
SERIES**

Chief editor:

A.V. Prisyi, Doctor of Biological
Sciences, Professor (Belgorod National
Research University)

Deputies of chief editor:

O.E. Lebedeva, Doctor of Chemical
Sciences, Professor (Belgorod National
Research University)

A.G. Kornilov, Doctor of Geographical
Sciences, Professor (Belgorod National
Research University)

Responsible secretary:

Yu.A. Prisyi, Candidate of Biological
Sciences (Belgorod National Research
University)

**Belgorod State University
Scientific Bulletin**

Natural sciences

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

Естественные науки

CONTENTS

BIOLOGY

Characteristics of Local Populations of *Heracleum sosnowskyi* Manden. in Petropavlovsk-Kamchatsky (Russian Far East). **Abramova L.M., Devyatova E.A., Strecker L., Chernyagina O.A. 5**

Synantrope Vegetation of the Class *Artemisietea vulgaris* in the Central Part of Bashkortostan Republic. **Usmanova L.S., Golovanov Ya.M., Abramova L.M. 9**

Phytoecological Assessment of the Marl Quarry "Osnovnoy" (Ukraine, Donetsk Region). **Kharkhota A.I., Prokhorova S.I., Agurova I.V. 20**

The Species of the Red List of Russian Federation in Flora of the Belgorod Region (Materials for the New Edition of the Red List of the Belgorod Region). **Gusev A.V. 27**

Entomo-phytopathological State of Collection of Plants of the Genus *Rhododendron* L. in the A.V. Fomin Botanical Garden. **Kovalchuk V.P., Chumak P.Ya. 39**

The Influence of Climatic Factors on the Development of Fungi from the Division of Basidiomycetes on Medical and Aromatic Plants. **Ovcharenko N.S. 43**

Features of Post-fire Reforestation of Larch in Interall Forests of Central Yakutia. **Gabyшева L.P. 48**

Lygaeidae (Heteroptera) of Tyumen Region. **Galich D.E. 53**

Biology of the *Rhinoncus sibiricus* Faust in Primorsky Krai.

Kuznetsova A.V., Klykov A.G. 58

Features of Mutual Relations of a Wolf and Feral Hoofed Animals in Territory of the Belgorod Region. **Chervonny V.V., Gorbachova A.A. 62**

Resistance of *Saccharomyces cerevisiae* Yeast Membranes to Cold Exposures at Oxidative Stress. **Goriacha I.P., Zinchenko V.D., Buryak I.A. 72**

Effect of Extract of Frozen-Thawed Heart Fragments on Electrophysiological Parameters of Heart and Proliferative Activity of Myocardial Cells.

Rohoza L.A., Chizh N.A., Galchenko S.Ye., Sandomirsky B.P. 79

Malt Sprouts in the Diets of Cattle. **Shaposhnikov A.A., Afanasyev P.I., Altukhov A.A., Ilyuschenko S.V., Martynova I.A. 85**

Calorimetric Research of Human Hemoglobin Denaturation with Dimethyl Sulfoxide. **Zinchenko A.V., Govorova Yu.S. 89**

Correction of Metabolic Disorders in Animals with an Experimental Full-layer Wound. **Belova S.V., Babushkina I.V., Gladkova E.V., Mamonova I.A., Karyakina E.V., Korshunov G.V., Konjuchenko E.A. 94**

Antibacterial Properties of Silver Form of Montmorillonit Containing Clay. **Buhanov V.D., Vezentsev A.I., Sokolovskiy P.V., Savitskaya T.A. 98**

The Role of Carboxyl Groups in the Catalytic Activity of Lipase I Rhizopus Oryzae 1403. **Shelamova S.A., Tyrsin Y.A. 103**

Members of editorial board:

I.V. Bathlutskaya, Doctor of Biological Sciences, Professor (Belgorod National Research University)

L.K. Buslovskaya, Doctor of Biological Sciences, Professor (Belgorod National Research University)

A.I. Vezentsev, Doctor of Technical Sciences, Professor (Belgorod National Research University)

R. Wittig, Doctor, Professor (I.V. Gete University, Frankfurt-on-Mine)

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

F.N. Lisetskiy, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod National Research University)

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

K.A. Nemets, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Kchrkiv National University after V.N. Karazin, Kchrkiv)

A.N. Petin, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod National Research University)

S.V. Sergeev, Doctor of Technical Sciences, Professor (Belgorod National Research University)

V.N. Sorokopudov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor (Belgorod National Research University)

V.K. Tokhtar, Doctor of Biological Sciences, Senior Scientific Employer (Belgorod National Research University)

M.A. Ttubitsin, Candidate of Chemical Sciences, Professor (Belgorod National Research University)

Yu.G. Chendev, Doctor of Geographical Sciences, Professor (Belgorod National Research University)

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

Passed for printing 26.03.2013
Format 60×84/8
Typeface Georgia, Impact
Printer's sheets 20,92
Circulation 1000 copies
Order 58

Subscription reference
in Rospechat' agency catalogue – 18078

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

CHEMISTRY

The Using of Montmorillonite-containing Clays in a Design of Sorbents with the Set Properties. **Vesentsev A.I., Nguyen Hoai Chau, Savitskaya T.A., Gabruk N.G., Oleynikova I.I.** 109

Synthesis and Some Applications of Boehmite Hydrosol. **Kienskaya K.I., Kuzovkova A.A., Marchenko I.N.** 114

Study of Cationoid Substitution Reactions in 1-Methyl-1,2-Dihydropirrolol [3,2,1-De] Acridine-6-on. **Alyabieva T.M.** 119

Some of the Colloid-chemical Characteristics of the Hhydrogel with PVP Achieved by Radiation Cross-linking. **Smagina V.V., Avramenko G.V., Krivoshepov A.F., Vlasova K.U.** 123

EARTH SCIENCES

Paleogeographic Conditions of the Floodplain Soils Formation in the Central Part of the Dnieper Upland in the Late Holocene. **Matsibora A.V.** 128

The Influence of Seeded Fallow Kinds and Techniques of Basic Processing on the Content of Easy Hydrolysable Nitrogen, mobile Phosphorus and Potassium on Dark-gray Forest Soils. **Sokolova I.A., Dolgopolova N.V.** 133

Typological and Geographical Peculiarities of Agrochernozem Clay Profile Formation in the West-Ukrainian Region. **Papish I.Ya.** 137

Methods of assessing the area fallow based on remote sensing data. **Terekhin E.A.** 148

Comparative Analysis of Landscape Fragmentation in the Vorskla and the Merla River Basins (Kharkov region, Ukraine). **Biatov A.P., Ukrainsky P.A., Narozhnyaya A.G.** 157

Demographic Characteristics of the Urban and Rural Areas Structures of Transbaikalia region. **Gorina. K.V.** 166

Information about Authors 175

Information for Authors 177

БИОЛОГИЯ

УДК 581.55

К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ЦЕНОПОПУЛЯЦИЙ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО (*HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN.) В ГОРОДЕ ПЕТРОПАВЛОВСКЕ-КАМЧАТСКОМ (РОССИЙСКИЙ ДАЛЬНИЙ ВОСТОК)

**Л.М. Абрамова¹,
Е.А. Девятова²,
Л. Штрекер³,
О.А. Чернягина⁴**

¹ Ботанический сад-институт УНЦ РАН, Россия, 450080, г. Уфа, ул. Менделеева, 195, корпус 3

² Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Россия, 683032, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Пограничная, 4

³ University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK 99775-7720, U.S.A.

⁴ Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Россия, 683000, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Партизанская, 6

E-mail: devyatovaEA@mail.ru; lstrecker@alaska.edu; kamchatika@mail.ru

В сообщении приведены результаты выполненных в 2013 г. исследований ценопопуляций заносного инвазивного вида *Heracleum sosnowskyi* и аборигенного вида *Heracleum lanatum* в г. Петропавловске-Камчатском (полуостров Камчатка). Выявлены очаги распространения *H. sosnowskyi*, особенности биологии вида, способствующие успеху инвазии. Поставлен вопрос о необходимости изучения синантропной флоры региона, приведен список новых для Камчатки заносных видов.

Ключевые слова: Камчатка, *Heracleum sosnowskyi*, *Heracleum lanatum*, инвазивные виды, синантропная флора.

Введение

Экспансия агрессивных чужеродных видов, нередко представляющих опасность для биоразнообразия экосистем, наносящих экономический и экологический ущерб, а иногда и непосредственный вред здоровью людей – общемировая проблема, и потому мониторинг их расселения и попытка локализации и контроля численности очагов инвазии – важнейшая экологическая задача. Некоторые биологические инвазии, которые в настоящее время угрожают экосистемам, могли быть остановлены, если бы в соответствующих регионах у людей было понимание грозящей опасности со стороны агрессивных видов.

К особо агрессивным чужеродным видам, расселяющимся из культуры и активно расширяющим вторичный ареал в РФ и Европе в целом, относится, в частности, *Heracleum sosnowskyi* Manden. Родина борщевика Сосновского – Восточный Кавказ и Закавказье, где он растет в среднем и верхнем лесном поясе, на лесных опушках, полянах и т. д.

Как заносное растение, *H. sosnowskyi* встречается в России, странах Балтии, Польше, ФРГ, Беларуси, на Украине [1]. В послевоенные годы борщевик Сосновского, как высокопродуктивная и холодоустойчивая силосная культура, широко культивировался, особенно на северо-западе Европейской России. Массовое дичание его отмечено уже в 70–80-е годы XX века [2]. Выяснилось также, что при контакте человека с растениями борщевика существует высокая опасность возникновения ожогов, а специфический запах борщевика устойчиво сохраняется в мясе и молоке сельскохозяйственных животных. Поэтому уже с 80-х годов борщевик Сосновского практически перестали культивировать, но дальнейшее распространение вида и его натурализация продолжается. Во вторичных местообитаниях борщевик предпочитает освещенные места, встречается на опушках, пустошах, залежах, обочинах дорог, по берегам водоемов и т. п.

Высокая инвазивность борщевика Сосновского обусловлена морфологическими особенностями и высокой аллелопатической активностью по отношению к другим видам растений [4–6]. По мере освоения новых территорий, борщевик Сосновского оказывает заметное влияние на биоценозы: про-

исходит изменение количественной и качественной структуры растительных сообществ, численности и состава энтомофауны, развитие эрозионных процессов [6]. Отмечено, что вещества, выделяемые борщевиком, замедляют процесс прорастания семян других видов, угнетают их семенное возобновление и развитие [5], поэтому в соседстве с борщевиком Сосновского успешно развиваются лишь те виды, которые способны к активному вегетативному размножению.

Наши исследования были начаты с целью выявления очагов распространения борщевика Сосновского на Камчатке и изучения особенностей его биологии в новых местах обитания.

Объекты и методы исследований

Первый очаг инвазии борщевика Сосновского в городе Петропавловске-Камчатском был зафиксирован в 2010 году [3]. В настоящее время вид формирует монодоминантные сообщества на склоне южной экспозиции по ул. Фестивальной (район Сероглазка) вдоль теплотрассы, по пустырям и обочинам дорог. На территории города также широко распространен аборигенный вид – борщевик шерстистый (*Heracleum lanatum* Michx.), занимающий обочины дорог, запущенные газоны, дворы (рис. 1).



Рис. 1. *Heracleum lanatum* Michx. (слева) и *H. sosnowskyi* Manden. (справа)

Летом 2013 г. нами впервые проведены работы по изучению ценопопуляции борщевика Сосновского в г. Петропавловске-Камчатском. На границе заросли в исследованном районе были отмечены следующие виды: *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Hordeum brachyantherum* Nevski, *Artemisia opulenta* Pamp., *Cirsium setosum* (Willd.) Bess., *Rumex longifolius* DC., *Taraxacum officinale* Wigg., *Plantago major* L., *Polygonum aviculare* L., *Arctium tomentosum* Mill., *Phleum pratense* L., *Amoria repens* (L.) C. Presl, *Chenopodium album* L., *Poa annua* L., *Stellaria media* (L.) Vill., *Leymus mollis* (Trin.) Nara. Единичные растения *Arctium tomentosum* Mill. и *Cirsium setosum* (Willd.) Bess. присутствовали в зарослях борщевика, что отмечается и другими авторами [4]. Интересным является и то, что борщевик активно внедряется на участки, занятые другим инвазивным видом – *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai, который также формирует густые монодоминантные заросли высотой до 3 м.

Для характеристики ценопопуляции инвазивного вида *H. sosnowskyi* на ул. Фестивальной были заложены пробные площади размером 1 м², на которых учитывались следующие параметры: число генеративных и прегенеративных растений на 1 м², высота растений, их биомасса. На растениях по стандартным методикам выполнены измерения биоморфологических параметров вида. Таким же образом оценивалась ценопопуляция аборигенного вида *H. lanatum* на склоне юго-западной экспозиции между ул. Партизанской и ул. Ленинской.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведены результаты проведенных исследований ценопопуляций *H. sosnowskyi* и *H. lanatum*. Заметно, что инвазивный вид доминирует с высокой долей участия – более 95%, в отличие от аборигенного борщевика, которые не формирует плотных зарослей. Плотность травостоя ценопопуляции борщевика Сосновского высока: в большинстве случаев более 450 растений на 1 м², находящихся на разных стадиях онтогенетического развития, причем отмечается большое количество растений, находящихся в прегенеративном возрастном состоянии. Наибольший вклад в биомассу вида вносят генеративные растения (табл. 2).

Таблица 1

Характеристика ценопопуляций *Heracleum sosnowskyi* и *H. lanatum* на Камчатке

Показатели	Ценопопуляция <i>H. sosnowskyi</i>	Ценопопуляция <i>H. lanatum</i>
Высота, см	3–312	35–198
Количество растений на м ² , шт.	450–681	18–31
Надземная биомасса вида, кг/м ² (сырая масса)	4.8–6.7	0.8–3.4
Надземная биомасса сопутствующих видов, кг/м ² (сырая масса)	–	0.001–0.20
Доля участия в сообществе	95–99%	70–95%

Таблица 2

Средние биоморфологические параметры генеративных растений *Heracleum sosnowskyi* и *H. lanatum*

Показатели	Ценопопуляция <i>H. sosnowskyi</i>		Ценопопуляция <i>H. lanatum</i>	
	Средние значения параметров	Св, %	Средние значения параметров	Св, %
Высота, см	201.9±15.4	28.5	163.9±8.3	15.2
Масса, г	1161.1±403.6	130.0	337.7±34.5	30.7
Количество соцветий, шт.	5.3±0.8	58.6	3.2±0.4	37.3
Диаметр главных соцветий, см	40.0±1.7	15.5	28.0±1.3	13.5
Число зонтичков на главном соцветии, шт.	48.8±5.2	39.5	48.8±3.6	21.8
Число цветков в одном зонтичке, шт.	56.8±1.7	10.8	27.1±1.2	13.4

В таблице 2 представлены средние биоморфологические параметры генеративных растений борщевиков *H. sosnowskyi* и *H. lanatum*. На участке 1 м² обычно находятся 3–4 генеративных растения борщевика Сосновского, причем одно из них развито наиболее сильно – до 3 м высотой и весом до 4 кг. Оно же и формирует больше всего соцветий (более 10), наиболее крупные соцветия – до 54 см, при этом на главном соцветии может находиться до 100 зонтичков (более 40 цветков в каждом). Таким образом, потенциальная семенная продуктивность инвазивного вида огромна. В случае борщевика шерстистого, на участках находилось 1–4 генеративных растения примерно равной высоты и размера, а его семенная продуктивность значительно ниже.

Первоначально борщевик Сосновского был завезен на Камчатку для испытания в качестве силосной культуры и на экспериментальных участках Камчатской сельскохозяйственной опытной станции в п. Сосновка уже в 1985 г. произрастали заросли борщевика Сосновского высотой более трех метров [7]. В настоящее время на пустырях и по обочинам дорог в п. Сосновка преобладают растения, вероятно, гибридного происхождения (*H. sosnowskyi* × *H. lanatum*), не достигающие таких больших размеров. Аналогичные, также видимо гибридные растения мы встретили на территории близлежащего к Сосновке профилактория «Голубая лагуна». Гибридизация *H. sosnowskyi* с аборигенными видами борщевиков отмечается и другими авторами: например, в Мурманске известны гибриды *H. sosnowskyi* и *H. sibiricum* [8]. На Камчатке необходимы дальнейшие исследования борщевиков с привлечением генетических методов.

Обширные площади заросли борщевика Сосновского занимают в долине р. Паратунка (бассейн Авачинской бухты). Здесь вид натурализовался на прогретых почвах у бассейнов, скважин и трубопроводов, обычных в этом районе, где используют воду Паратунского геотермального месторождения [9], и появился на газонах в поселках (по свидетельствам жителей пос. Геологи) в период 1994–1998 гг. Морфометрические характеристики растений борщевика Сосновского, формирующих заросли у одного из бассейнов с термальной водой, близки к таковым в Петропавловске-Камчатском: генеративные растения достигают высоты 3.3 метра (а их толщина у основания – 7.5 см), главное соцветие – до 60 см в диаметре, на нем развивается до 95–100 зонтичков (более 60 цветков на каждом).

Заключение

Пока борщевик Сосновского на Камчатке не приобрел статус массового вида, возможна ликвидация возникших очагов инвазии, которые должны быть поставлены под контроль карантинной инспекцией. При этом необходимо учитывать опыт борьбы с борщевиками в других регионах. Так, например, подкашивание растений борщевика не дает эффекта, поскольку этот монокарпический вид не погибает, пока не образует семена. Эффективно либо выкапывание корней, либо скашивание и сжигание растений в период от начала образования семян до окончания семеношения.

В целом инвазивные виды Камчатки, их эколого-биологические и популяционные особенности не исследованы ни в контексте ареалов, внедрения в растительные сообщества региона, ни для составления прогноза расселения по территории, выявления перспектив контроля их численности и локализации в первичных очагах распространения. Синантропная флора региона также обследована лишь фрагментарно, необходима ее полная инвентаризация. Исследования процессов синантропиза-



ции особенно важны для такого уникального региона, как Камчатка, где сохранившиеся эстетически ценные ландшафты привлекают в последнее время большое число туристов, деятельность которых может вызвать «цепную реакцию» массового расселения нежелательных для экосистем региона компонентов. Кроме борщевика Сосновского в последние десятилетия на территории населенных пунктов южной и центральной Камчатки стремительно расселяются и формируют монодоминантные заросли такие, еще не известные здесь в 80-х годах прошлого века [10] виды, как *Impatiens glandulifera* Royle, *Tussilago farfara* L., *Reynoutria sachalinensis* (Fr. Schmidt) Nakai. Начатые нами планомерные исследования синантропной флоры и растительности позволили уже в полевой сезон 2013 г. обнаружить ряд новых для флоры полуострова заносных видов: *Rumex obtusifolius* L., *Lolium perenne* L., *Stachys palustris* L., *Bidens radiata* Thuill., *Convolvulus arvensis* L., причем *Bidens radiata* найдена на территории с ограниченным антропогенным воздействием, в заказнике «Хламовицкий».

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, в рамках программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Камчатского государственного университета имени Витуса Беринга» на 2012–2016 гг. и гранта РФФИ № 12-04-00336-а.

Список литературы

1. Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В. Черная книга России. – М.: Геос, 2010. – 512 с.
2. Игнатов М.С., Макаров В.В., Чичев А.В. Конспект флоры адвентивных растений Московской области // Флористические исследования в Московской области. – М., 1990. – С. 5–105.
3. Чернягина О.А., Л. Штрекер. Инвазивные виды во флоре Камчатки // Естественные и технические науки. – 2012. – №6 (62). – С. 150–152.
4. Бочкарев Д.В., Никольский А.Н., Смолин Н.В. Трансформация пойменно-лугового фитоценоза при внедрении в него адвентивного сорного вида – борщевика Сосновского // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 81; №7. – С. 36–40.
5. Дубровин А.П. Биотестирование активности водорастворимых веществ, содержащихся в плодах *Heracleum sosnowskyi* Manden. // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2009. – №1. – С. 56–59.
6. Черняк Д.М., Зориков П.С., Вожжев В.И. Динамика роста и развития борщевиков в Приморском крае // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2011. – №5. – С. 20–25.
7. Воспоминания современников. Сигизмунд Семенович Харкевич. – Владивосток: Дальнаука, 2000 г. – 180 с.
8. Меньшикова М.Ю. Виды черной книги флоры средней России на территории Мурманска // Естественные науки. – 2011. – №3 (36). – С. 50–55.
9. Chernyagina O.A., Strecker L.V. The invasive species of Kamchatka's flora // Abstracts of the symposium «The East Asian Flora and its role in the formation of the world's vegetation». Vladivostok, Russia. September 23–27, 2012. – Vladivostok: BGIFEBRAS, 2012. – P. 17.
10. Определитель сосудистых растений Камчатской области / Под. ред. С.С. Харкевича и С.К. Черепанова. – М.: Наука, 1981. – 412 с.

CHARACTERISTICS OF LOCAL POPULATIONS OF *HERACLEUM SOSNOWSKYI* MANDEN. IN PETROPAVLOVSK-KAMCHATSKY (RUSSIAN FAR EAST)

L.M. Abramova¹,
E.A. Devyatova²,
L. Strecker³,
O.A. Chernyagina⁴

¹ Botanical Garden-Institute Ufa Scientific Centre Russian Academy of Sciences, 195 Mendeleeva St., Ufa, 450080, Russia

² Vitus Bering Kamchatka State University, 4 Pogranichnaya St., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683032, Russia

³ University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, AK 99775-7720, U.S.A.

⁴ Kamchatka Branch of Pacific Institute of Geography FED RAS, 6 Partizanskaya St., Petropavlovsk-Kamchatsky, 683000, Russia

E-mail: devyatovaEA@mail.ru;
 lstrecker@alaska.edu; kamchatika@mail.ru

This paper reports the results of a 2013 field study on the 2 local populations of the invasive *Heracleum sosnowskyi* and the native *Heracleum lanatum* in Petropavlovsk-Kamchatski (Kamchatka peninsula, Russia). It identifies the epicenter of the invasive species' distribution and discusses the properties that allow for being a successful invader. The report contains a list of introduced species new to Kamchatka and it stresses the importance of studying the region's synanthropic flora.

Key words: Kamchatka, *Heracleum sosnowskyi*, *Heracleum lanatum*, invasive species, synanthropic flora.

УДК 581.55

СИНАНТРОПНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ КЛАССА *ARTEMISIETEA VULGARIS* В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ БАШКИРСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Л.С. Усманова¹,
Я.М. Голованов²,
Л.М. Абрамова²

¹ Кушнаренковский педагогический колледж РБ. 452230, Башкортостан, Кушнаренковский р-н, с. Кушнаренково, ул. Советская, 22

² Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН. 450080, Уфа, ул. Менделеева, 195/3

E-mail: larisa-usm@yandex.ru;
jaro1986@mail.ru;
abramova.lm@mail.ru

Синантропная растительность класса *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951 девяти населенных пунктов Кушнаренковского, Чекмагушевского и Дюртюлинского районов представлена 9 ассоциациями, 2 вариантами, 6 сообществами и 1 базальным сообществом, принадлежащими к 4 союзам и 3 порядкам. Охарактеризованы 1 вариант и 2 сообщества новые для Республики Башкортостан.

Ключевые слова: населенные пункты, синантропная растительность, классификация, класс *Artemisietea vulgaris*.

Введение

Синантропная растительность является важным объектом научного исследования. Благодаря воздействию человека ее площадь постоянно увеличивается, растет флористическое и синтаксономическое разнообразие. Значимыми антропогенными факторами являются: загрязнение воздуха, водоемов, почвы, вытаптывание, выпас скота и др. Антропогенные факторы ведут к разрушению естественных сообществ и формированию вторичных сообществ, адаптированных к воздействию человека. Синантропные сообщества широко распространены в населенных пунктах, разнообразие их велико. Разнообразие растительных сообществ связано с разнообразием экологических условий, разным режимом воздействия человека и открытостью сообществ. Растительные сообщества на территории населенных пунктов открыты для внедрения в их состав как аборигенных, так и адвентивных видов. Изучение фитоценозов, формирующихся в населенных пунктах в процессе антропогенной эволюции, представляет большой научный и практический интерес. В Республике Башкортостан (РБ) изучение растительности населенных пунктов городского и сельского типов проводится с 80-х годов XX века [1–6]. Наши исследования продолжают эту работу.

Объекты и методы исследования

В статье представлены результаты исследований синантропной растительности класса *Artemisietea vulgaris*. Исследования проводились в населенных пунктах Кушнаренковского, Чекмагушевского, Дюртюлинского районов, расположенных в южной лесостепной зоне в центре Башкирского Предуралья. Изучалась флора и растительность трех районных центров (Кушнаренково, Чекмагушево, Дюртюли) и шести сел (Шарипово, Карача-Елга, Старокалмашево, Старобаширово, Куккуяново, Ивачево). Площади и население данных поселений: Кушнаренково – 15.60 км², 9251 чел., Чекмагушево – 12.26 км², 11018 чел., Дюртюли – 24.88 км², 31889 чел., Шарипово – 1.95 км², 781 чел., Карача-Елга – 1.28 км², 640 чел., Старокалмашево – 3.92 км², 1837 чел., Старобаширово – 0.97 км², 472 чел., Куккуяново – 1.54 км², 756 чел., Ивачево – 0.95 км², 567 чел. Ранее геоботанические исследования в указанных районах не проводились.

К исследуемому классу *Artemisietea vulgaris* относятся синантропные сообщества с преобладанием высокорослых двулетних и многолетних сорных травянистых видов растений, развивающиеся на различных субстратах: от сухих до умеренно влажных. Типичные местообитания этих сообществ – пустыри, дорожные скаты, огородные межи, залежи. Они подвергаются периодическим нарушениям, что позволяет этим сообществам существовать неопределенно долгое время.

Исследования синантропной растительности класса *Artemisietea vulgaris* проводились в 2009–2013 гг. Всего выполнено 230 геоботанических описаний сообществ на пробных площадях размером 6–60 м², автор описаний – Л.С. Усманова. Размер пробной площади зависел от величины и однородности сообщества. Классификация проведена методом классического синтаксономического анализа [7, 8]. При построении синтаксономии растительности использовался также «дедуктивный метод» К. Копечки и С. Гейны [9]. Названия видов даны по С.К. Черепанову [10].



Результаты и их обсуждение

Синантропная растительность класса *Artemisietea vulgaris* в исследуемых районах представлена 9 ассоциациями, 2 вариантами, 6 сообществами и 1 базальным сообществом, принадлежащими к 4 союзам и 3 порядкам. Продромус синтаксонов растительности класса *Artemisietea vulgaris* приведен ниже.

Класс *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951

Порядок *Artemisietalia vulgaris* Lohmeyer in R. Tx 1947

Союз *Arction lappae* R. Tx. 1937

Ассоциация *Leonuro-Urticetum dioicae* Solomeshch in Ishbirdin et al. 1986

Вариант *typica*

Вариант *Leonurus quinquelobatus*

Ассоциация *Geranio sibirici-Urticetum dioicae* Solomeshch in Ishbirdin et al. 1986

Ассоциация *Conio-Arctietum tomentosum* Ishbirdin et Sakhapov in Ishbirdin et al. 1988

Сообщество *Arctium tomentosum*

Базальное сообщество *Arctium tomentosum*

Порядок *Onopordetalia acanthii* Br.-Bl. et R. Tx. ex Klica et Hadač 1944

Союз *Onopordion acanthii* Br.-Bl. et al. 1936

Ассоциация *Axyrido-Artemisietum absinthii* Solomeshch in Ishbirdin et al. 1988

Ассоциация *Carduetum acanthoides* Felföldy 1942

Ассоциация *Carduo acanthoidis-Artemisio absinthii* Abramova et Sakhapov in Ishbirdin et al. 1988

Сообщество *Cynoglossum officinale*

Союз *Dauco carotae-Melilotion Görs* ex Rostański et Gutte 1971

Ассоциация *Melilotetum albi-officinale* Sissingh 1950

Ассоциация *Picrido-Pastinacetum sylvestris* Solomeshch in Ishbirdin et al. 1988

Сообщество *Berteroa incana*

Порядок *Agropyretalia repentis* Oberdorfer et al. Ex Th.Muller et Görs 1969

Союз *Convolvulo arvensis-Agropyron repentis* Görs 1966

Ассоциация *Convolvulo arvensis-Brometum inermis* Felföldy 1943

Ассоциация *Pastinaco sylvestris-Elytrigietum repentis* Ishbirdin in Ishbirdin et al. 1988

Сообщество *Calamagrostis epigeios*

Сообщество *Falcaria vulgaris*

Сообщество *Lappula squarrosa*

Синоптическая таблица ассоциаций класса *Artemisietea vulgaris* представлена в табл. 1.

Ассоциация *Leonuro-Urticetum dioicae* (табл. 1, кол. 1, 2).

Д. в.: *Arctium tomentosum*, *Leonurus quinquelobatus*, *Urtica dioica* (доминант).

Доминантными видами во флористическом составе сообществ ассоциации выступают *Urtica dioica* или *Leonurus quinquelobatus*, с высоким постоянством также встречается и *Arctium tomentosum*. Сообщества образованы высокорослыми сорными гемикриптофитами, произрастающими на богатой, умеренно увлажненной почве, приурочены к недоступным для выгнывания местам [11], что характерно и для исследованных населенных пунктов, а также для республики в целом. Разнообразие сообществ ассоциации характеризуется двумя вариантами: *typica* и *Leonurus quinquelobatus*.

Вариант *typica* (табл. 1, кол. 1). Д. в. *Arctium tomentosum*, *Leonurus quinquelobatus*, *Urtica dioica* (доминант). Видовой состав насчитывает от 9 до 17, в среднем 13 видов. ОПП варьирует в широких пределах от 45 до 90% на площади описания от 8 до 50 м². Средняя высота травостоя 55–150 см. Сообщества варианта формируются в условиях нормального увлажнения, занимают пустыри, дорожные скаты, произрастают у заборов, на территориях бывших ферм. Они встречаются во всех исследованных нами населенных пунктах.

Вариант *Leonurus quinquelobatus* (табл. 1, кол. 2). Д. в. *Leonurus quinquelobatus* (доминант). Видовой состав насчитывает от 8 до 19, в среднем 13 видов. ОПП также варьирует в широких пределах от 30 до 80% на площади описания от 10 до 30 м². Средняя высота травостоя 75–125 см. Сообщества данного варианта формируются в условиях недостаточного увлажнения. В отличие от варианта *typica*, в сообществах варианта *Leonurus quinquelobatus* виды *Artemisia absinthium*, *Atriplex patula*, *Cannabis ruderalis*, *Sisymbrium loeselii*, *Poa angustifolia* встречаются с большим постоянством. Сообщества варианта *Leonurus quinquelobatus* встречены в Кушнаренково, Чекмагушево, Дюртюли, Шарипово и Куккуяново. Сообщества распространены на пустырях, территориях бывших ферм, в парках, произрастают у заборов.

Ассоциация *Geranio sibirici-Urticetum dioicae* (табл. 1, кол. 3).

Д. в.: *Urtica dioica* (доминант), *Geranium sibiricum*.

Доминантным видом во флористическом составе сообществ ассоциации выступает *Urtica dioica*, с высоким постоянством встречается *Geranium sibiricum*. Видовой состав сообществ насчитывает от 8 до 16, в среднем 12 видов. ОПП варьирует от 45 до 80% на площади описания от 10 до 30 м². Средняя высота травостоя 30–150 см.

Таблица 1

Синоптическая таблица синтаксонов класса *Artemisietea vulgaris*

Номер синтаксона	Acc. Leonuro-Urticetum dioicae Вap.typica	Acc Leonuro-Urticetum dioicae Вap. Leonurus quinquelobatus	Acc. Geranio sibirici-Uticetum dioicae	Acc. Conio-Arctietum tomentososi	Сооб. Arctium tomentosum	Б.с. Arctium tomentosum	Acc. Carduetum canthoides	Acc. Carduo acanthoidis-Artemisietum absinthii	Acc. Axyrido-artemisietum absinthii	Сооб. Cynoglossum officinale	Сооб Berteroa incana	Acc. Melilotetum albi-officinalis	Acc. Picrido-Pastinacetum sylvestris	Acc. Pastinaco sylvestris-Elytrigietum repentis	Acc. Convolvulo arvensis-Brometum inermis	Сооб. Calamagrostis epigeios	Сооб. Falcaria vulgaris	Сооб. Lappula squarrosa
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Среднее число видов	11	13	11	9	12	5	15	16	13	12	11	12	22	13	13	15	12	11
Число описаний	12	11	7	15	22	9	18	20	8	3	18	12	8	18	17	10	11	10
Д. в. ассоциации Leonuro-Urticetum dioicae, ассоциации Geranio sibirici-Uticetum dioicae, сообщества Arctium tomentosum и базального сообщества Arctium tomentosum																		
Urtica dioica	V ³⁻⁵	V	V ³⁻⁴	V	IV	IV	II	II	II					I	II	I		
Leonurus quinquelobatus	IV	V ²⁻⁴	IV	IV	IV	I	III	II	IV	3	II	I	I	I	I			I
Arctium tomentosum	IV	IV	V	V	V ²⁻⁴	V ²⁻⁴	III	II	I	2	I	I	II	II	I			I
Д. в. ассоциации Geranio sibirici-Uticetum dioicae																		
Geranium sibiricum			V	I	I		I											
Д. в. ассоциации Conio-Arctietum tomentososi																		
Conium maculatum	II	I	I	V ²⁻⁴	I	I	I							I	I			
Bunias orientalis	I	I		II	I		I	I				I			I			
Д. в. ассоциации Carduetum acanthoides и ассоциации Carduo acanthoidis-Artemisio absinthii																		
Carduus acanthoides	II	IV	II	III	III	II	V ²⁻⁴	V	II	3	III	IV	V	IV	III	III	IV	IV
Artemisia absinthium	II	IV	II	I	III		V	V ²⁻⁴	IV	3	III	IV	V	IV	IV	V	IV	II
Д. в. ассоциации Axyrido-Artemisietum absinthii																		
Axyris amaranthoides							I		V ³⁻⁴									
Д. в. сообщества Cynoglossum officinale																		
Cynoglossum officinale	II	II	III	II	I	I	II	III	I	3 ²⁻³	I	I	II	I	I	I		
Д. в. сообщества Berteroa incana																		
Berteroa incana	I	I			I		II	II			V ²⁻⁴	II	II	II	II	III	I	II

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Д. в. ассоциации <i>Melilotetum albi-officinalis</i>																		
<i>Melilotus officinalis</i>				I			I	I			I	V ³⁻⁴	III	I	I	II	I	I
<i>Melilotus albus</i>							II	I	I			III				II		
Д. в. ассоциации <i>Picrido-Pastinacetum sylvestris</i> и ассоциации <i>Pastinaco sylvestris-Elytrgietum repens</i>																		
<i>Pastinaca sylvestris</i>	I		II	I	III	II	II	II		1	I	III	V ³⁻⁴	V	II	II		
<i>Picris hieracioides</i>					I	I		I					IV		I	II	I	
Д. в. ассоциации <i>Pastinaco sylvestris-Elytrgietum repens</i>																		
<i>Elytrigia repens</i>	III	V	III	II	V	IV	IV	III	II		III	III	III	V ³⁻⁵	III	III	II	III
Д. в. ассоциации <i>Convolvulo arvensis-Brometum inermis</i>																		
<i>Bromopsis inermis</i>	III	II	I		II	I	II	III			I	I	I	III	V ³⁻⁵	II	I	I
<i>Convolvulus arvensis</i>	II	III	III	II	III	I	III	III	IV	2	III	IV	II	IV	V	III	III	III
Д. в. сообщества <i>Calamagrostis epigeios</i>																		
<i>Calamagrostis epigeios</i>																V ³⁻⁵		
Д. в. сообщества <i>Falcaria vulgaris</i>																		
<i>Falcaria vulgaris</i>																	V ³⁻⁴	
Д. в. сообщества <i>Lappula squarrosa</i>																		
<i>Lappula squarrosa</i>		I			I		II	II	II	2	I	I	II	I	I			V ³⁻⁴
Д. в. союза <i>Arction lappae</i> и порядка <i>Artemisietalia vulgaris</i>																		
<i>Artemisia vulgaris</i>	II	I	II	I	II		I	II	II			III	III	I	I	I		
<i>Melandrium album</i>	I				I								I					
Д. в. союза <i>Dauco carotae-Melilotion</i>																		
<i>Linaria vulgaris</i>	I			I			I	II	I		II	II	II	II	I	I	I	
Д. в. союза <i>Oporordion acanthi</i> , порядка <i>Oporordetalia acanthii</i> и класса <i>Atemisietea vulgaris</i>																		
<i>Cichorium inthybus</i>		I		I	I		II	III		1	II	III	IV	IV	II	III	IV	I
<i>Euphorbia virgata</i>		I					I	I	I		I	I	III	I	II	V	II	
<i>Potentilla argentea</i>								I	II		III	II	II	I	I	II		
<i>Verbascum lychnitis</i>								I			I		II	I	I	I	III	
<i>Echium vulgare</i>		I					I	I			II							
<i>Cirsium vulgare</i>					I		I	I										
<i>Dracocephalum thymiflorum</i>							I						II					

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Cuscuta europaea	I	I		II		II												
Д. в. класса Robinietaea																		
Acer negundo					I	I	I	I				I	II					
Д. в. класса Molinio-Arrhenatheretea																		
Poa angustifolia	I	III	IV		II	II	V	IV	IV	I	IV	III	IV	III	IV	IV	V	I
Achillea millefolium	I	II	I		II	I	III	IV	IV	I	III	II	IV	I	III	III	III	I
Vicia cracca	I	I		I	I		I	I	I			I	III	I	II	II	I	
Rumex confertus	I	I	II	I	I	I	I	I						I	I	I		
Trifolium pratense					I		I	I	I		I	II	IV	I	I	I	I	
Festuca pratensis	I				I		II	I	I			II	II	I	I			
Medicago lupulina							I	I	II		I		IV	I	I	I	I	
Dactylis glomerata		I		I		I			I			I	I	I	I			
Agrostis gigantea	I				I		I	I					II	I	I			
Pimpinella saxifraga								I			I	I		I	II	I	II	
Phleum pratense					I		I	I					I	I	I			
Plantago media							I		I		I	I	II				I	
Potentilla anserina			I		I				I		I			I				
Amoria repens							I	I	II		I		II					
Medicago falcata							I				I				I	I	III	
Vicia sepium							I	I					I		I			
Fragaria viridis							I				I					I	I	
Rumex crispus		I		I	I									I				
Carum carvi	I		I		I													
Poa pratensis			II		II	I												
Leontodon autumnalis								I	I		I							
Poa trivialis	I				I		I							I				
Inula britannica								I			I	I						
Д. в. класса Festuco-Brometea																		
Nonea rossica								I			I	II	I	I	I	II	III	I
Festuca pseudovina							I				II		I		I		III	I
Thymus marschallianus											I	I	I	I		I	II	
Astragalus danicus							I				I						I	
Koeleria cristata								I			II						I	

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<i>Artemisia austriaca</i>																	I	I
Д. в. класса Trifolio-Geranietea																		
<i>Agrimonia asiatica</i>						I	I					I	I		I	II	II	
<i>Trifolium medium</i>		I						I				II			I	II		
Д. в. класса Phragmito-Magnocaricetea																		
<i>Stachys palustris</i>	I	I					I			I		I	II		I			
<i>Galium palustre</i>			I	I	I		I											
<i>Lycopus exaltatus</i>	I		I		I													
Прочие виды																		
<i>Galium album</i>	I	I			I			I	I		I	II	II	I	III	III		
<i>Salvia verticillata</i>								I				I	I	I		I	III	
<i>Myosoton aquaticum</i>	I		I	I	I		I											
<i>Tussilago farfara</i>			I					I				I		I			I	
<i>Erysimum marschallianum</i>								I			I	I	I					I
<i>Astragalus cicer</i>				I					II					I	II	I		
<i>Lavatera thuringiaca</i>							I	I					I		I		I	
<i>Xanthium albinum</i>							I	I					I				I	
<i>Equisetum arvense</i>	I										I						I	
<i>Tragopogon dubius</i>					I		I						I					
<i>Erigeron acris</i>								I				II	II					
<i>Artemisia abrotanum</i>									I								I	
<i>Oberna behen</i>														I			I	I

Примечание. Кроме того, встречены: *Acer platanoides* 8 (I), 13 (I); *Acinos arvensis* 12 (I), 14 (I); *Agrimonia asiatica* 5 (I); *Alisma plantago-aquatica* 1 (I); *Anthemis subincorporata* 13 (I), 14 (I); *Arctium lappa* 13 (I); *Artemisia marschalliana* 17 (II); *Asparagus officinalis* 14 (I); *Atriplex tatarica* 8 (I), 9 (I); *Avena fatua* 18 (I); *Ballota nigra* 13 (II); *Bidens tripartita* 1 (I); *Caragana frutex* 17 (I); *Carex contigua* 15 (I); *C. praecox* 15 (I), 17 (I); *Cenolophium denudatum* 16 (I); *Cerastium holosteoides* 7 (I), 13 (I); *Ceratocarpus arenarius* 8 (I), 18 (I); *Chamaenerion angustifolium* 1 (I); *Crepis tectorum* 8 (I); *Descurainia sophiae* 18 (I); *Echinochloa crusgalli* 15 (I); *Echinocystis lobata* 1 (I), 5 (I); *Echinops ritro* 15 (I); *E. sphaerocephalus* 8 (I); *Epilobium hirsutum* 1 (I); *Erodium cicutarium* 13 (I), 14 (I); *Eryngium planum* 8 (I), 15 (I); *Erysimum cheiranthoides* 8 (I); *Euphorbia helioscopia* 13 (I); *Fumaria officinalis* 13 (I); *Galeopsis bifida* 1 (I), 3 (I); *G. ladanum* 13 (I), 15 (I); *Galinsoga parviflora* 9 (I); *Galium verum* 17 (I); *Geum urbanum* 4 (I), 5 (I); *Heracleum sibiricum* 2 (I); *Hyoscyamus niger* 8 (I); *Lepidotheca suaveolens* 11 (I); *Lotus corniculatus* 13 (II); *Lysimachia nummularia* 1 (I); *Medicago sativa* 8 (I), 15 (I); *Odontites vulgaris* 7 (I), 14 (I); *Oxytropis pilosa* 16 (I); *Persicaria lapathifolia* 1 (I); *P. maculata* 5 (I); *Poa palustris* 3 (I); *Potentilla norvegica* 8 (I), 18 (I); *P. supina* 8 (I); *Psammophiliella muralis* 8 (I), 11 (I); *Ranunculus repens* 5 (I), 6 (I); *Rubus caesius* 1 (I), 7 (I); *Rumex acetosella* 11 (I); *R. thyrsiflorus* 5 (I), 15 (I); *Salsola collina* 8 (I); *Securigera varia* 16 (I), 17 (I); *Solanum dulcamara* 1 (I); *Stellaria graminea* 8 (I); *Tanacetum vulgare* 12 (I), 15 (I); *Thesium arvense* 17 (I); *Thlaspi arvense* 8 (I); *Veronica chamaedrus* 11 (I), 14 (I); *Veronica prostrata* 11 (I), 15 (I); *Viburnum opulus* 13 (I); *Viola arvensis* 13 (I); *V. montana* 12 (I); *V. rupestris* 17 (I).



Сообщества образованы высокорослыми многолетними гемикриптофитами, произрастающими на умеренно увлажненной почве у заборов, стен домов, на пустырях, дорожных скатах.

Сообщества ассоциации встречены в Кушнаренково, Чекмагушево, Карача-Елга, Старокалмашево, Старобаширово, Куккуяново, Ивачево.

Ассоциация *Conio-Arctietum tomentosum* (табл. 1, кол. 4)

Д. в.: *Arctium tomentosum*, *Conium maculatum* (доминант), *Leonurus quinquelobatus*, *Bunias orientalis*.

Физиономию сообществ определяет доминирование *Conium maculatum*. Сообщества ассоциации, как правило, образованы высокорослыми двулетниками и многолетниками, произрастающими на почвах от умеренно влажных до сухих, у заборов, стен домов, на пустырях, свалках, речных склонах. Видовой состав сообществ насчитывает от 6 до 15, в среднем 10 видов. ОПП варьирует от 25 до 75% на площади описания от 6 до 42 м². Средняя высота травостоя 130–165 см.

Сообщества ассоциации встречены во всех исследованных нами населенных пунктах.

Сообщество *Arctium tomentosum* (табл. 1, кол. 5)

Д. в. *Arctium tomentosum* (доминант).

Сообщества ассоциации опознаются по доминированию *Arctium tomentosum*. От ассоциации *Arctietum lappae Felföldy 1942* сообщество *Arctium tomentosum* отличается отсутствием диагностического вида *Arctium lappa*, а от ассоциации *Conio-Arctietum tomentosum Ishbirdin et Sachapov in Ishbirdin et al. 1988* – большим обилием *Arctium tomentosum* и малым постоянством и обилием диагностического вида *Conium maculatum*, от ассоциации *Leonuro-Urticetum dioicae* – более низким постоянством и обилием диагностических видов *Leonurus quinquelobatus* и *Urtica dioica* [11]. Видовой состав сообществ насчитывает от 6 до 19, в среднем 12 видов. ОПП варьирует от 30 до 75% на площади описания от 16 до 50 м². Средняя высота травостоя 60–160 см.

Сообщества образованы высокорослыми растениями–мезофитами, произрастающими у заборов, на дорожных скатах, свалках, склонах рек и отработанных карьеров в условиях достаточного увлажнения.

Сообщество *Arctium tomentosum* было описано в Зауралье Республики Башкортостан [4], нами обнаружено во всех исследованных населенных пунктах.

Базальное сообщество *Arctium tomentosum* (табл. 1, кол. 6).

Д.в. *Arctium tomentosum* (доминант).

Облик сообщества определяет доминирующий вид *Arctium tomentosum*. С высокой константностью встречаются только виды класса *Artemisietea vulgaris* (*Urtica dioica*, *Elytrigia repens*). Базальное сообщество *Arctium tomentosum* является производным фитоценозом от более богатовидового сообщества *Arctium tomentosum*, и формируется при усилении антропогенного воздействия. Видовой состав сообществ беден и насчитывает от 4 до 7, в среднем 5 видов. ОПП варьирует от 35 до 70% на площади описания от 12 до 42 м². Средняя высота травостоя 145–180 см.

Сообщества представлены высокорослыми растениями–мезофитами, произрастающими на дорожных скатах, свалках, берегах рек в условиях достаточного увлажнения. Сообщества формируются на сильно нарушенных местообитаниях, с почвами, богатыми азотом.

Ценозы базального сообщества *Arctium tomentosum* широко встречается в Республике Башкортостан [4, 12], а также во всех исследованных нами населенных пунктах.

Ассоциация *Carduetum acanthoides* (табл. 1, кол. 7).

Д. в.: *Carduus acanthoides* (доминант).

Внешний облик ассоциации определяется доминированием *Carduus acanthoides*. Видовой состав сообществ насчитывает от 9 до 19, в среднем 14 видов. ОПП варьирует от 35 до 85% на площади описания от 15 до 50 м². Средняя высота травостоя 53–140 см.

Фитоценозы ассоциации встречаются на открытых, сухих местообитаниях, это дорожные скаты, пустыри, территории около ферм.

Сообщества ассоциации широко встречаются в Республике Башкортостан [11], а также во всех исследованных нами населенных пунктах.

Ассоциация *Carduo acanthoidis-Artemisio absinthii* (табл. 1, кол. 8).

Д. в.: *Artemisia absinthium* (доминант), *Carduus acanthoides*.

Физиономия ассоциации определяется доминированием *Artemisia absinthium*. Видовой состав сообществ насчитывает от 9 до 23, в среднем 16 видов. ОПП варьирует от 35 до 75% на площади описания от 12 до 50 м². Средняя высота травостоя 38–140 см.

Сообщества ассоциации встречаются на сухих местообитаниях. Это скаты шоссе дорог, территории около ферм, залежи, пустыри.



Ассоциация описана и широко распространена в Республике Башкортостан [2, 11], встречена во всех исследованных нами населенных пунктах.

Ассоциация *Axyrido-Artemisietum absinthii* (табл. 1, кол. 9).

Д. в.: *Artemisia absinthium*, *Axyris amaranthoides* (доминант).

Сообщества ассоциации опознаются по доминированию *Axyris amaranthoides*. Видовой состав сообществ насчитывает от 9 до 17, в среднем 13 видов. ОПП варьирует от 50 до 75% на площади описания от 6 до 15 м². Средняя высота травостоя 18-60 см.

Данные сообщества формируются в условиях недостаточного увлажнения, встречаются довольно редко у заборов, на скатах шоссежных дорог.

Сообщества ассоциации *Axyrido-Artemisietum absinthii* с доминированием *Artemisietum absinthii* описаны в Башкирском Зауралье [4, 11]. Описанные нами в центре Башкирии сообщества отличаются практически полным доминированием *Axyris amaranthoides*, при этом обилие *Artemisia absinthium* мало. Сообщества ассоциации встречены в Кушнаренково, Шарипово, Старокалмашево, Ивачево.

Сообщество *Cynoglossum officinale* (табл. 1, кол. 10).

Д. в.: *Cynoglossum officinale* (доминант).

Внешний облик ассоциации определяется доминированием *Cynoglossum officinale*. Видовой состав сообществ насчитывает от 12 до 15, в среднем 13 видов. ОПП варьирует от 35 до 45% на площади описания от 10 до 35 м². Средняя высота травостоя 20-55 см.

Сообщества формируются в условиях достаточного увлажнения, встречаются редко, на речных склонах, территориях ферм.

Сообщество *Cynoglossum officinale* впервые было описано в Зауралье Республики Башкортостан [4]. Нами сообщества были встречены в Старокалмашево и Чекмагушево.

Сообщество *Berteroa incana* (табл. 1, кол.11).

Д.в.: *Berteroa incana* (доминант).

Физиономию сообщества определяется доминированием *Berteroa incana*. Сообщество *Berteroa incana* отличается от ассоциации *Berteroaetum incanae*, описанной на территории Южного Урала [5, 12], бедностью диагностических видов союза *Dauso carotae-Melilotion* (отмечается только *Linaria vulgaris*). Сообщество *Berteroa incana* по составу диагностических видов больше тяготеет к союзу *Onopordion asanthii*. Видовой состав сообществ насчитывает от 7 до 15, в среднем 11 видов. ОПП варьирует от 35 до 65% на площади описания от 4 до 30 м². Средняя высота травостоя 15–60 см.

Фитоценозы распространены на открытых местообитаниях с хорошо прогреваемой почвой, у заборов, на пустырях, залежах, нарушенных участках пастбищ.

Данное сообщество встречено во всех исследованных нами населенных пунктах.

Ассоциация *Melilotetum albi-officinalis* (табл. 1, кол. 12)

Д. в.: *Melilotus albus* (доминант, содоминант), *M. officinalis* (доминант).

Внешний облик ассоциации определяют *Melilotus officinalis* и *Melilotus albus*. Видовой состав сообществ насчитывает от 10 до 20, в среднем 15 видов. ОПП варьирует от 40 до 90% на площади описания от 6 до 40 м². Средняя высота 35–110 см.

Эти фитоценозы встречаются на залежах, краях полей, склонах оврагов.

Ассоциация широко распространена в Республике Башкортостан [3 5, 11]. Она отмечена и во всех исследованных нами населенных пунктах.

Ассоциация *Picrido-Pastinacetum sylvestris* (табл. 1, кол. 13)

Д. в.: *Pastinaca sylvestris* (доминант), *Picris hieracioides*.

Физиономию ассоциации определяется доминированием *Pastinaca sylvestris*. Видовой состав сообществ насчитывает от 18 до 29, в среднем 23 вида. ОПП варьирует от 60 до 85% на площади описания от 21 до 50 м². Средняя высота травостоя 60–130 см.

Данные фитоценозы встречаются на периодически, но не часто нарушаемых местообитаниях, по скатам шоссежных дорог, залежам.

Ассоциация широко распространена в Республике Башкортостан [11], обнаружена во всех исследованных нами населенных пунктах.

Ассоциация *Pastinaco sylvestris-Elytrigietum repentis* (табл. 1, кол. 14)

Д. в.: *Elytrigia repens* (доминант), *Pastinaca sylvestris*.

В сообществах ассоциации доминирует *Elytrigia repens*. Видовой состав сообществ насчитывает от 9 до 18, в среднем 13 видов. ОПП варьирует от 45 до 80% на площади описания от 8 до 35 м². Средняя высота травостоя 23–60 см.

Ценозы встречаются на скатах шоссежных дорог, насыпях, залежах, у заборов, т. е. на нарушенных местообитаниях, не испытывающих частых интенсивных нарушений.

Ассоциация широко распространена в Республике Башкортостан [5, 11], обнаружена также во всех исследованных нами населенных пунктах.



Ассоциация *Convolvulo arvensis*-*Brometum inermis* (табл. 1, кол. 15)

Д. в.: *Bromopsis inermis* (доминант), *Convolvulus arvensis*.

Физиономия ассоциации определяется доминированием *Bromopsis inermis*. Видовой состав сообществ насчитывает от 8 до 22, в среднем 15 видов. ОПП варьирует от 60 до 80% на площади описания от 6 до 32 м². Средняя высота травостоя 45–83 см.

Ценозы ассоциации произрастают по откосам автомобильных дорог, на насыпях.

Ассоциация широко распространена в Республике Башкортостан [5, 12], выявлена во всех исследованных нами населенных пунктах.

Сообщество *Calamagrostis epigeios* (табл. 1, кол. 16)

Д. в.: *Calamagrostis epigeios* (доминант).

В сообществе доминирует *Calamagrostis epigeios*. Видовой состав сообществ насчитывает от 12 до 23, в среднем 17 видов. ОПП варьирует от 40 до 80% на площади описания от 8 до 32 м². Средняя высота травостоя 75–120 см.

Сообщества обнаружены по нарушенным местообитаниям у заборов, по скатам шоссе-снейных дорог, склонам карьеров, дамб, на залежах.

Данные сообщества широко распространены в Республике Башкортостан [5, 12] и во всех исследованных нами населенных пунктах.

Сообщество *Falcaria vulgaris* (табл. 1, кол. 17)

Д. в.: *Falcaria vulgaris* (доминант).

Физиономия ассоциации определяется доминированием *Falcaria vulgaris*. Видовой состав сообществ насчитывает от 9 до 20, в среднем 14 видов. ОПП варьирует от 50 до 90% на площади описания от 8 до 40 м². Средняя высота травостоя 50–75 см.

Данные ценозы редко встречаются на территории Республики Башкортостан [5]. На изучаемой территории они встречены в районных центрах Кушнаренково, Чекмагушево, Дюртюли.

Сообщество *Lappula squarrosa* (табл. 1, кол. 18)

Д. в.: *Lappula squarrosa* (доминант).

Внешний облик сообщества определяется доминированием *Lappula squarrosa*. Видовой состав сообществ насчитывает от 9 до 14, в среднем 11 видов. ОПП варьирует от 30 до 70% на площади описания от 7 до 32 м². Средняя высота травостоя 30–62 см.

Сообщества встречены на нарушенных местообитаниях у стен дворовых построек, на скатах шоссе-снейных дорог. Сообщество обнаружено и описано в Республике Башкортостан впервые – в Кушнаренково, Дюртюлях, Шарипово, Куккуяново, Старобаширово.

Заключение

Таким образом, синантропная растительность класса *Artemisietea vulgaris* Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951 девяти населенных пунктов Кушнаренковского, Чекмагушевского и Дюртюлинского районов представлена 9 ассоциациями, 2 вариантами, 6 сообществами и 1 базальным сообществом, принадлежащими к 4 союзам и 3 порядкам. Охарактеризованы 1 вариант (ассоциация *Leonuro-Urticetum dioicae*, вариант *Leonurus quinquelobatus*) и 2 сообщества (сообщество *Berteroa incana* и сообщество *Lappula squarrosa*) новые для Республики Башкортостан.

Список литературы

1. Ишбирдина Л.М., Ишбирдин А.Р. Динамика флоры г. Уфы за 60-80 лет // Бот. журн. – 1993. – №3. – С. 1–10.
2. Рябова Т.Г. Флора и растительность г. Бирска: Автореф. дисс... канд. биол. наук. – Уфа, 1998. – 17 с.
3. Говоров Е.В. Растительность населенных пунктов сельского типа северо-востока Республики Башкортостан: Автореф. дисс... канд. биол. наук. – Уфа, 2004. – 16 с.
4. Суюндукова Г.Я. Синтаксономический анализ растительности населенных пунктов сельского типа Зауралья Республики Башкортостан: Дисс... канд. биол. наук. – Уфа, 2008. – 231 с.
5. Голованов Я.М., Абрамова Л.М. Растительность города Салавата (Республика Башкортостан). III. Синантропная растительность (классы *Bidentetea tripartitae*, *Stellarietea mediae* и *Artemisietea vulgaris*) // Растительность России. – 2012. – №21. – С. 34–65.
6. Голованов Я.М., Абрамова Л.М. Растительность города Салавата (Республика Башкортостан). IV. Синантропная растительность (классы *Polygono arenastri-Poëtea annuae*, *Galio-Urticetea* и *Robinietea*) // Растительность России. – 2013. – №22. – С. 11–20.
7. Braun-Blanquet J. Pflanzensociologie. Grundzuge der Vegetationskunde. 3 Aufl. – Wien-New-York: Springer Verlag. – 1964. – 865 s.
8. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций). – Уфа: Гилем, 1998. – 413 с.



9. Корецьку К., Нејну С. A new approach to the classification of antropogenic plant communities // Vegetatio. – 1974. – Vol.29. – №1. – Pp. 17–20.
10. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб: Мир и семья, 1995. – 992 с.
11. Синтаксономия экология и динамика рудеральных сообществ Башкирии / А.Р. Ишбирдин, Б.М. Миркин, А.И. Соломещ, М.Т. Сахапов. – Уфа: БНЦ УрО АН СССР, 1988. – 161 с.
12. Ишбирдин А.Р. Эколого-географические закономерности формирования синатропных флор и растительности селитебных территорий России: Дисс... канд. биол. наук. – Москва, 2001. – 342 с.

SYNANTROPE VEGETATION OF THE CLASS *ARTEMISIETEA VULGARIS* IN THE CENTRAL PART OF BASHKORTOSTAN REPUBLIC

L.S. Usmanova¹,
Ya.M. Golovanov²,
L.M. Abramova²

¹ Kushnarenkovsky Teachers College
RB, 452230, 22 Sovetskaya St,
Kushnarenkovo village, Kushnarenkovo
district, 452230, Bashkortostan

² Botanical Garden-Institute of Ufa
Scientific Research Center RAS, 195/3
Mendeleeva St, Ufa, 450080,
Bashkortostan

E-mail: larisa-usm@yandex.ru;
jaro1986@mail.ru;
abramova.lm@mail.ru

Synanthrope vegetation of class *Artemisietea vulgaris* in Kushnarenkovo, Chekmugashevo and Dyurtyulinskoe districts is represented by 9 associations, 2 variants, 6 communities and 1 basal community belonging to 4 unions and 3 orders. One variant and 2 communities for the Republic of Bashkortostan are characterized.

Key words: settlements, synanthrope vegetation, classification of vegetation, class *Artemisietea vulgaris*.



УДК 631.619:635.93:581.52

ФИТОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕРГЕЛЬНОГО КАРЬЕРА «ОСНОВНОЙ» (УКРАИНА, ДОНЕЦКАЯ ОБЛ.)

**А.И. Хархота,
С.И. Прохорова,
И.В. Агурова**

*Донецкий ботанический сад
Национальной академии наук Украины,
Украина, 83059, г. Донецк, пр. Ильича,
110*

*E-mail: donetsk-sad@mail.ru,
s.prokh@mail.ru, ir.agur@mail.ru*

Выявлено видовое и экоморфологическое фиторазнообразие карьера «Основной» (Донецкая обл., Украина), определены последовательные стадии развития растительного покрова и индицирующие их виды. На основании агрохимических параметров, популяционных исследований видов-доминантов, степени самозарастания отдельных экотопов карьера разработаны критерии фитоэкологической оценки. На территории данного карьера выделены экотопы разных типов (с положительной, нейтральной и отрицательной оценкой). Даны рекомендации по улучшению произрастания для растений изученных экотопов.

Ключевые слова: фитомониторинг, оценка, критерий, аспект, популяция, техногенный экотоп.

Введение

Антропогенная трансформация земель достигла на сегодняшний день поистине глобальных масштабов. Одной из форм человеческой деятельности является добыча полезных ископаемых из недр Земли (горные или горнорудные работы), которая может проходить открытым и закрытым способами. В результате горных работ на длительное время из хозяйственного использования выбывают огромные территории земли (только в Донецкой области (Украина) общая площадь нарушенных земель составляет 25 тыс. га, что занимает около 1% территории региона). Кроме того, для областей разработок характерным является загрязнение всех факторов окружающей природной среды – атмосферного воздуха, вод, почвенно-растительного покрова продуктами выветривания глубинных пород, а также вредными газами горящих отвалов. Под влиянием горных разработок происходит полное или частичное уничтожение первичной растительности, почв, резкое нарушение биологической продуктивности ландшафтов. Возникающие биоценозы характеризуются однообразием и появлением случайных видов, упрощенной структурой, слабой устойчивостью, отсутствием способности к самовосстановлению. Согласно конвенции о биологическом разнообразии, возникновение описанных выше форм техногенных ландшафтов в результате добычи полезных ископаемых является одной из причин уменьшения уровня биоразнообразия во многих странах мира [1].

Оптимизация таких нарушенных земель с целью восстановления их хозяйственной ценности, улучшения качества жизни человека, сохранения, рационального использования и обогащения биоразнообразия заключается в создании устойчивого растительного покрова. Для того, чтобы решить эту задачу с минимальными затратами, необходима организация научно обоснованного фитомониторинга, как системы наблюдений, оценки и прогноза состояния растительности, на протяжении всего процесса добычи полезных ископаемых (а не только на последнем этапе горных работ) [2].

Центральной составляющей ботанического мониторинга является фитоэкологическая оценка – комплекс процедур и приемов для экспертизы устойчивости растительного покрова на нарушенных территориях. На основании полученной оценки предоставляются конкретные эколого-экономические пути восстановления и реставрации почвенного и растительного покровов.

Целью данной работы было выявление фиторазнообразия и определение путей его сохранения, использования и обогащения на территории мергельного карьера «Основной» (Донецкая обл., Украина) на основании разработанных нами критериев и аспектов фитоэкологической оценки экотопов территории горнорудных разработок.

Материал и методы

Карьер «Основной» имеет площадь 637 га, представляет собой выемку глубиной 140 м с достаточно крутыми (60–70°), а иногда отвесными бортами и имеет сложную конфигурацию. Карьер находится на мергельном месторождении на юг от г. Амвросиевка (Донецкая область, Украина). В его строении берут участие отложения каменноугольного, мелового, третичного и

четвертичного периодов. Каменноугольные отложения, которые на значительной площади подстилают толщу мергелей, представлены песчаниками, алевролитами и аргиллитами; меловые – глауконитовыми песками и песчаниками с известняковым цементом, цементным и кремнеземистым мергелем. Горные породы, покрывающие мергелевую толщу, представляют собой неогеновые и четвертичные отложения; первые – глины и кварцевые пески – лучше всего развиты в западной части месторождения, вторые – представлены бурыми суглинками, сплошным покровом лежащие на более древних образованиях. С начала эксплуатации (1898 г.) карьера и до 1951 г. покрывающие породы складировались бессистемно во внутренние отвалы, а потом породы начали снимать гидроотвальным способом (гидроотвалы расположены в 5–7 км от карьера). Карьер отработан на 70%. Часть карьера рекультивирована под лесонасаждения. Центр карьера находится в точке с координатами 47°49'14" северной широты, 38°29'47" восточной долготы.

При закладке пробных площадей соблюдали правило репрезентативности участка, т. е. представленности всех видов растений и всех структурных элементов ценоза. Размер пробной площади составлял не менее 100 м². На временных пробных площадях проводили разовые учетные работы, постоянные мониторинговые площади, которые служат для многолетнего изучения процессов и закономерностей развития растительности, были заложены в восточной, западной, южной частях карьера. Общее биоразнообразие оценивали как общее количество видов различных таксономических групп, экоморфологическое разнообразие – как количество экобиоморф растений. Растительные сообщества выделяли на доминантной основе.

Для картографирования локалитетов редких видов растений фиксировали точные координаты их местопроизрастаний при помощи GPS-навигатора. При геоботаническом обследовании травостоя мониторинговых участков определяли общее проективное покрытие, задернованность, аспект (внешний вид сообщества). На каждой пробной площади выявляли флористический состав и характеризовали следующие параметры: общее и индивидуальное проективное покрытие, относительное обилие и встречаемость отдельных видов в травостое при помощи шкалы Друде, характер размещения растений в сообществе, фенологическое состояние растений [3].

При изучении популяционной структуры модельных видов использовали общепринятые в экологии и фитоценологии методы. Для каждой ценопопуляции закладывали в среднем 15–20 учетных площадок размером 1 м² [4, 5].

Результаты исследований

Ботанический мониторинг территорий горных разработок предусматривает длительное слежение за состоянием растительного покрова на разных уровнях организации, ботаническую оценку его устойчивости к антропогенному воздействию, прогнозирование дальнейшего саморазвития системы и обоснование критериев ее оптимизации. Для фитоэкологической оценки экотопов нарушенных территорий необходимым является разработка наиболее адекватных и точных критериев на каждом уровне организации растительности, которые позволяют получить объективную информацию о состоянии экосистемы с минимальными затратами времени и сил. Для достоверной оценки состояния растительного покрова и нарушенной экосистемы в целом, комплексный учет всех аспектов и критериев является обязательным условием.

В целом при проведении фитоэкологической оценки территорий горнорудных разработок нами выделены следующие аспекты: флористический, связанный с геоботаническими описаниями растительности; созологический, касающийся сохранения на техногенно нарушенных территориях редких и охраняемых видов растений и включения восстановленных участков в региональные экологические сети [6, 7, 8]; ценотический, предусматривающий мониторинг сукцессионных процессов на нарушенных горными работами территориях и оценку их тенденций; популяционный, позволяющий оценивать биоразнообразие на разных уровнях организации живого: от внутривидового до ценотического [9, 10, 11, 12]; биоморфологический, основанный на изучении различных параметров морфологических признаков особей в популяциях (размерных, габитуальных, виталитетных, индикаторных) [13, 14, 15]; индикаторно-диагностический; экотипологический и прикладной.

Целесообразность и результативность фитоэкологической оценки доказана нашими многолетними исследованиями территорий нарушенных как открытыми (карьеры после добычи твердых полезных ископаемых), так и подземными (отвалы угольных шахт) горными работами и в том числе исследованиями, проведенными на территории мергельного карьера «Основной».

Согласно флористическому аспекту фитооценки видовое разнообразие рассматриваем как количество видов, соотнесенное к определенной территориальной единице. Полный видо-

вой список растений карьера, по данным наших исследований 2012 г., насчитывает 179 видов высших (сосудистых) растений, 122 рода, 39 семейств.

Ведущими по количеству видов являются семейства Asteraceae (38 видов / 22% от их общего количества), Poaceae (18 / 10), Fabaceae (18 / 10), Lamiaceae (16 / 9), Brassicaceae (12 / 7), Rosaceae (11 / 6), Boraginaceae (9 / 5). В отличие от флоры юго-востока Украины и синантропной флоры техногенных экотопов региона, где первые 4 места принадлежат семействам Asteraceae – Poaceae – Brassicaceae – Fabaceae, во флоре карьера семейство Lamiaceae находится выше в спектре, чем Brassicaceae за счет большего количества степных растений.

Экоспектры мергельного карьера свидетельствуют о богатом экоморфологическом разнообразии карьера. По требовательности к плодородию почвы преобладают виды среднеплодородных почв (43.2%), однако велико и количество видов, приуроченных к высокоплодородным почвам (24.7%). По отношению к режиму увлажнения виды разделены на 7 групп, что указывает на наличие широко спектра экотопов по этому параметру. Экотопы мергельного карьера преимущественно засушливы, о чем свидетельствует преобладающее участие групп мезоксерофитов (39.5%) и ксерофитов (25.9%) в спектре флоры. Доля мезофитов (7.4%) и ксеромезофитов (22.8%) довольно высока за счет большого разнообразия луговых и рудеральных видов, что связано с наличием как микропонижений, так и нарушенных участков на территории карьера. Растения влажного, увлажненного режима и прибрежно-водные виды связаны с экотопами гидроотвалов. Территория карьера представляет собой открытое, хорошо освещенное пространство, поэтому экологический оптимум здесь находят гелиофиты (световые растения), составляющие преимущественное большинство среди других гелиоморф (66.0%). Участие теневыносливых видов довольно высоко (32.7%), количество же световыносливых видов незначительно (1.2%), а теневые растения совсем отсутствуют. По биоценотическому оптимуму или отношению видов к фитоценотической среде сообщества в целом, преобладают степные растения (43.2%), далее по уменьшению следуют луговые → рудеральные → петрофитные (растения каменистых обнажений) → лесные → псаммофитные (растения песков) → болотные виды. Следует отметить, что схожие тенденции распределения экоморф наблюдаются во флоре большинства техногенных территорий юго-востока Украины.

Популяционные исследования проводили на модельных видах, доминирующих на поздних стадиях самовосстановления растительности: *Stipa lessingiana* Trin. & Rupr. – доминант степных участков, редкий вид; *Jurinea brachycephala* Klokov – доминант участков петрофитной степи на мергеле, эндемичный вид; *Filipendula vulgaris* Duchense – доминант лугово-степных участков. По возрастному состоянию изученные популяции нормальные, средневозрастные, неполночленные, с преобладанием генеративной стадии g_2 (рис.), плотность особей в среднем достигает 4–5 ос./м². Это свидетельствует о высокой жизнеспособности популяций этих видов и их устойчивости в условиях мергельного карьера, а также позволяет оценить экотопы как фитоприспособные. Все это свидетельствует о положительной тенденции сингенетических процессов.

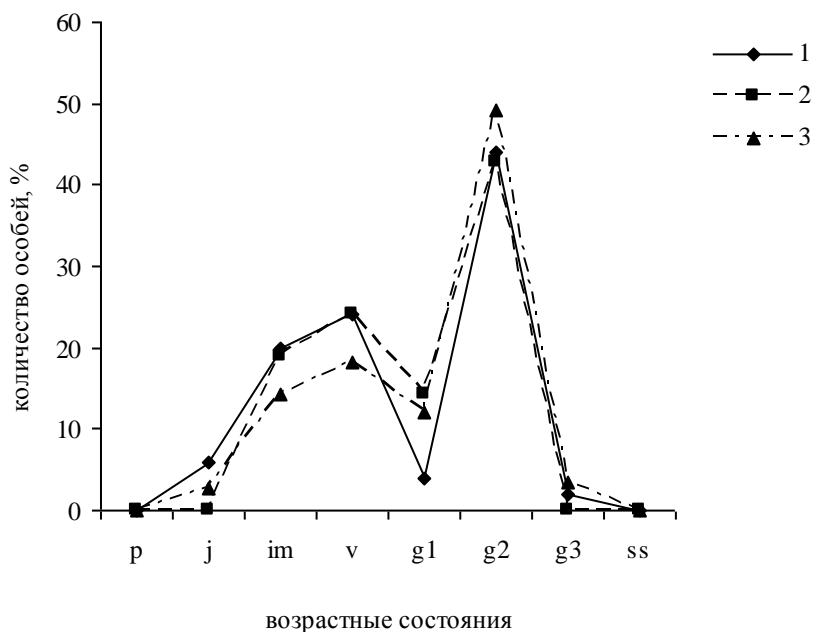


Рис. Возрастная структура популяций доминантов на территории карьера «Основной»:
1 – *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr.; 2 – *Jurinea brachycephala* Klokov; 3 – *Filipendula vulgaris* Duchense.



О степени сформированности нарушенных экосистем карьера судим по поселению редких и охраняемых видов растений (созологический аспект). Всего в разных частях карьера (запад, юг, восток) отмечено 19 видов редких и исчезающих растений (около 10% от общего количества видов карьера). Можно предположить, что произрастание на территории карьера охраняемых видов связано с антропохорным заносом диаспор из природной флоры окрестностей, либо с запасом семян в почве. В любом случае, на сегодня особи всех зарегистрированных созофитов на территории карьера хорошо развиты, высокой жизненности, способны к самовосстановлению и распространению.

Степень антропогенной трансформации растительности карьера можно оценить при помощи учета адвентивных видов растений, которые представляют собой общепризнанную на мировом уровне угрозу фитообразию. Нами отмечено 14 видов заносных растений (около 7% от общего количества видов растений карьера). Среди них выделена группа инвазивных видов (например, *Artemisia absinthium* L., *Cardaria draba* (L.) Desv., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Elaeagnus angustifolia* L.), которые, будучи широко распространенными на нарушенных территориях, способны активно внедряться в природные сообщества, вызывая при этом их обеднение и унификацию, тем самым снижая фитообразию, а значит и устойчивость фитосистемы. Для своевременной возможности ограничения численности инвазивных видов необходим постоянный контроль динамики их распространения в экотопах карьера и примыкающих территориях.

Процесс зарастания карьера «Основной», по сравнению с другими техногенными территориями региона, происходит быстро. Это, с одной стороны, способствует проникновению, закреплению и дальнейшему распространению редких, охраняемых, эндемичных видов растений, исторически существующих на обнажениях мергеля и степных участках. С другой стороны, на исследуемой территории не успевают образовываться устойчивые очаги инвазивных адвентивных видов, которые являются основным источником «флористического засорения» нарушенных территорий. Колонизация растениями экотопов карьера происходит в три фазы: попадание диаспор, прорастание их и выживание, формирование популяций и клонов. Эти фазы являются, по существу, первой, пионерной, стадией формирования растительности. Видами-индикаторами ее являются типичные для антропогенно нарушенных территорий рудеральные адвентивные и аборигенные растения: *Tussilago farfara* L., *Ambrosia artemisiifolia* L., *Cichorium intybus* L., *Sonchus oleraceus* L., *Artemisia absinthium* L., *Arctium lappa* L., *Reseda lutea* L., *Diplotaxis tenuifolia* (L.) DC., *Daucus carota* L., *Centaurea adpressa* Ledeb., *Convolvulus arvensis* L., *Echium vulgare* L., *Tanacetum vulgare* L., *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Falcaria vulgaris* Bernh.

Следующие стадии восстановления растительности в экотопах карьера классифицируем таким образом:

1. Стадия вторичных сообществ. Характеризуется относительно богатым (10–20 видов) флористическим составом из аборигенных и рудеральных видов. Распределение зарослево-пятнистое. Доминантами выступают *Elytrigia repens* (L.) Nevski, довольно обильно встречаются *Plantago lanceolata*, *Convolvulus arvensis*, *Cichorium intybus*, *Centaurea adpressa*, *Fragaria viridis* Duchesne, *Artemisia absinthium*, *Dactylis glomerata* L.

2. Условно-коренная стадия. Преобладают аборигенные, типичные для природных ценозов виды с участием как редких растений, так и рудеральных, рудерально-степных авто- либо аллохтонных элементов, играющих второстепенную роль в процессе формирования коренных сообществ. Например, на первом мониторинговом участке (восточная часть карьера) наблюдали экотопы с доминированием видов рода *Elytrigia* (*Elytrigia stipifolia* (Czern. ex Nevski) Nevski, *E. cretacea* (Klokov & Prokudin) Klokov & Prokudin), с участием степных и петрофитных видов: *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub, *Amygdalus nana* L., *Thymus cretaceus* Klokov & Des.-Shost. с обилием сор₃, *Stipa capillata*, *Jurinea arachnoidea* Bunge – сор₂, *Galatella villosa* (L.) Rchb. f., *Bromopsis riparia* (Rehmann) Holub – сор₁, рассеянно группами встречаются редкие виды *Paeonia tenuifolia* L., *Hedysarum grandiflorum* Pall., а также рудерально-степные виды, указывающие на продолжающиеся процессы восстановления растительности: *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh., *Ajuga pseudochia* Des.-Shost., *Melampyrum arvense* L., *Convolvulus lineatus* L., *Ballota nigra* L. Эти виды, а также *Salvia verticillata* L., *Marrubium praecox* Janka, *Lamium steposum* Kossko ex Klokov, *Artemisia absinthium* L., *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Myosotis arvensis* (L.) Hill, *Vicia hirsuta* (L.) S. F. Gray. являются индикаторами четвертой стадии самозарастания карьера.

3. Коренная стадия характеризуется типичной для природных сообществ региона структурой и флористическим составом из автохтонных, присущих данным ценозам видов. Индикаторами последней стадии восстановления петрофитно-степных участков являются следующие виды аборигенной флоры: *Stipa capillata*, *S. lessingiana* Trin. & Rupr., *Festuca cretacea*



T. Pop. & Proskor. с обилием сор₂, *Bromopsis inermis*, *Amygdalus nana*, *Thymus cretaceus* – сор₃, *Salvia nutans* L., *S. tesquicola* Klokov & Pobed., *Pimpinella titanophila* Woronow, *Scabiosa ochroleuca* L., *Linum ucrainicum* (Griseb. ex Planch.) Czern. – сор₁, *Jurinea brachycephala* – soc, *Paeonia tenuifolia*, *Hedysarum grandiflorum*, *Peucedanum ruthenicum* M. Bieb., *Linum czernjaëvii* Klokov, *L. flavum* L., *L. tenuifolium* L. – sp, *Plantago urvillei* Opiz, *Nonea rossica* Steven, *Asparagus officinalis* L., *Crambe tataria* Sebeók – sol; луговых мезофитных участков – *Inula germanica* L., *Filipendula vulgaris* Duchense – soc, *Tripolium vulgare* Nees, *Vicia cracca* L., *Origanum puberulum* (G. Beck) Klokov, *Phlomidoides tuberosa* (L.) Moench, *Poa angustifolia* L., *Koeleria delavignei* Czern. ex Domin – сор, *Trifolium ambiguum* M. Bieb., *Ranunculus polyanthemus* L. – sp; прибрежно-водных участков – *Ranunculus polyphyllus* Waldst. & Kit. ex Willd. – sp, *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. – soc.

На основании данных флористических, геоботанических, популяционных исследований разработаны критерии для ботанического оценивания экотопов карьера «Основной» (табл.).

Таблица

Основные критерии ботанической оценки экотопов карьера «Основной»

Критерии	Ботаническая оценка экотопа		
	положительная	нейтральная	отрицательная
Тип антропогенного вмешательства			
отсутствует	+		
прямое			+
непрямое		+	
периодическое		+	
постоянное			+
Естественное самозаращение			
<u>длительность</u> 1–5 лет			+
5–10 лет		+	
10–20 лет	+		
<u>растительные группировки</u> одновидовые (до 10 в.)			+
маловидовые (простые, 10–20 в.)		+	
многовидовые (сложные, 35–40 в.)	+		
<u>преобладающие виды растений</u>			
пионерные			+
рудеральные		+	+
стенотопные	+	+	
степные	+	+	
редкие	+		
эндемичные	+		
аборигенные	+	+	
адвентивные			+
<u>размещение растений</u>			
единичное			+
фрагментарное		+	+
групповое		+	
зарослево-пятнистое	+		
сплошное	+		
Популяции доминантов			
<u>возрастная структура</u>			
наличие всех возрастных групп	+		
преобладание прегенеративных особей		+	
отсутствие возобновления			+
<u>семенная продуктивность</u>			
высокая	+		
средняя		+	
низкая			+
<u>встречаемость</u>			
90–100%	+		
40–90%		+	
менее 40%			+



Так, были выделены экотопы разных типов (с положительной, нейтральной и отрицательной оценкой). Особого внимания и постоянного мониторинга требуют экотопы с отрицательной ботанической оценкой (малопригодные для произрастания растений), так как именно они являются источником адвентивных видов. Это экотопы территорий, недавно вышедших из эксплуатации, длительность самозарастания которых составляет от 1 до 5 лет; придорожных «ленточных» территорий (вдоль интенсивно используемых дорог, троп); окрестных территорий вблизи производственных помещений (административные корпуса, контора центрального карьера и др.). На таких территориях антропогенное воздействие на растения постоянное, сильное, прямое.

К частично фитопригодным экотопам с нейтральной ботанической оценкой относятся, например, участки сезонной рекреации у неэксплуатируемых гидроотвалов в западной части карьера. Антропогенное воздействие прямое (рекреация, вытаптывание, движение транспорта) или опосредованное (замусоривание), периодическое. На таких экотопах может осуществляться посев аборигенных видов для повышения разнообразия и устойчивости системы. При зарослево-пятнистом размещении растений, в зависимости от видового состава экотопа, вмешательство в процесс самозарастания не требуется.

Экотопы, оцененные положительно, в большинстве случаев не требуют проведения рекультивационных работ.

Критериями успешности процессов восстановления фитосистемы в экотопах техногенных территорий служат: многовидовые растительные группировки (35–40 видов); зарослево-пятнистое или сплошное размещение растений; преобладание стенотопных, степных аборигенных растений; присутствие редких и эндемичных видов; на популяционном уровне – наличие всех возрастных групп в популяциях доминантов, высокая семенная продуктивность, встречаемость их 90–100% и др. Поскольку каждая конкретная нарушенная территория имеет свои особенности, критерии фитоэкологической оценки могут меняться в некоторых пределах.

Заключение

Актуальность ботанической оценки и мониторинга нарушенных территорий носит не только локально-региональный, но и глобальный характер в связи с современной тенденцией всевозрастающей антропогенной трансформации растительного покрова в различных географических областях. Разработка и реализация приёмов их оптимизации является важнейшими задачами, решение которых обеспечит устойчивое развитие сложных техноэкосистем.

В ходе осуществления работы выявлено видовое и экоморфологическое фиторазнообразие карьера «Основной» (Донецкая обл., Украина), определены последовательные стадии развития растительного покрова и виды их индицирующие. На основании популяционных исследований видов-доминантов, степени самозарастания отдельных экотопов карьера разработаны критерии их фитоэкологической оценки. Изучение растительных группировок на отдельных стадиях сингенетической сукцессии позволяет выявить не только общие закономерности развития растительного покрова, но и дает материал для обоснованного создания эффективных устойчивых фитоценозов при рекультивации техногенных субстратов.

Для сохранения флористического разнообразия и, особенно, раритетных видов необходимо рациональное использование исследуемой антропогенной территории, а также создание микрорезерватов с высокой степенью видовой репрезентативности, которые могут служить «коридорами» для связи между «ядрами» природной растительности в формировании региональной экологической сети юго-востока Украины.

Работа выполнена при поддержке международного научного и образовательного конкурса The Quarry Life Award 2012 и Всеукраинского конкурса лучших практик сохранения биоразнообразия 2012.

Список литературы

1. Bern Convention and Habitat Concept of Biodiversity Protection: Future for Ukraine / V. Prots, O. Kagalo, L. Mocharska et al. – Lviv: Publisher ЗУКЦ, 2011. – 28 pp.
2. Горный закон Украины // Ведомости Верховного Совета Украины. – 1999. – №50. – С. 433.
3. Шеляг-Сосенко Ю.Р., Крисаченко В.С., Мовчан Я.И. Методология геоботаники. – Киев: Наук. думка, 1991. – 272 с.
4. Работнов Т.А. Структура и методика изучения ценологических популяций многолетних травянистых растений // Экология. – 1978. – №2. – С. 5–14.
5. Ценопопуляции растений (очерки популяционной биологии) / Л.Б. Заугольнова, А.А. Жукова, А.С. Комарова, О.В. Смирнова. – М.: Наука, 1988. – 184 с.
6. Прогноз использования фитоиндикационных методов в биологической рекультивации техногенных земель / А.З. Глухов, С.В. Третьяков, С.П. Жуков и др.; под ред. А.З. Глухова. – Донецк: Цифровая типография, 2012. – 56 с.



7. Шапарь А.Г., Скрипник О.А., Романенко В.Н. Обеспечение целостности Ингулецкого коридора региональной экологической сети при помощи вторичных экосистем нарушенных земель горнодобывающих предприятий Кривбасса // Экология и ноосферология. – 2006. – Т. 17. – №1–2. – С. 5–10.
8. Опыт проектирования экологической сети локального уровня в степном ландшафте северного Приазовья / О.М. Шевчук, В.М. Остапко, Т.П. Кохан, Н.П. Купенко // Промышленная ботаника. – 2009. – Вып. 9. – С. 15–24.
9. Жилиев Г.Г. Жизнеспособность популяций растений. – Львов, 2005. – 304 с.
10. Злобин Ю.А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста. – Сумы: Универ. книга, 2009. – 265 с.
11. Злобин Ю.А. Теория и практика оценки виталитетного состава ценопопуляций растений // Ботан. журн. – 1989. – Т. 74. – №6. – С. 769–781.
12. Metapopulations and metacommunities: combining spatial and temporal perspectives in plant ecology / Н.М. Alexander, В.Л. Foster, F. Ballantyne et al. // Journ. of Ecol. – 2012. – Vol. 100. – №1. – Pp. 88–103.
13. Ишбирдин А.Р., Ишмуратова М.М. Адаптивный морфогенез и эколого-ценотические стратегии выживания травянистых растений // Методы популяционной биологии. Ч. 2. – Сыктывкар, 2004. – С. 113–120.
14. Шамигулова А.С. Морфологическая изменчивость и жизнеспособность особей в ценопопуляциях *Orchis militaris* L. на Южном Урале // Ботанические исследования на Урале. – Пермь: Изд-во ПГУ, 2009. – С. 380–383.
15. Couso L.L., Fernández R.J. Phenotypic plasticity as an index of drought tolerance in three Patagonian steppe grasses // Ann. of Bot. – 2012. – Vol. 110. – №4. – Pp. 1–9.

PHYTOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE MARL QUARRY "OSNOVNOY" (UKRAINE, DONETSK REGION)

**A.I. Kharkhota,
S.I. Prokhorova,
I.V. Agurova**

*Donetsk Botanical Garden
of the National Academy of Sciences
of Ukraine, 110 Illich Ave., Donetsk
83059, Ukraine*

*E-mail: donetsk-sad@mail.ru,
s.prokh@mail.ru, ir.agur@mail.ru*

Specific and ecomorphological phytodiversity of the marl quarry "Os-novnoy" (Donetsk region, Ukraine) is identified, the successive stages of vegetation cover and indication species are defined. Based on the population studies of dominant species, the degree of self-overgrowing of different ecotopes of the quarry the criteria for their botanical assessment are developed. Based on these criteria, we have selected different types of the ecotopes (with positive, neutral and negative assessment). Depending on the domination of ecotopes of one or other types in certain quarry localities, we provide specific ways of optimizing ecotopes conditions.

Key words: phytomonitoring, assessment, criteria, aspect, population, technogenic ecotope.



УДК 574.2

ВИДЫ КРАСНОЙ КНИГИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ВО ФЛОРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ (МАТЕРИАЛЫ К НОВОМУ ИЗДАНИЮ КРАСНОЙ КНИГИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

А.В. Гусев

Новооскольская станция юных натуралистов, Россия, 309640, г. Новый Оскол, ул. Володарского, 32

E-mail: sun@edunoskol.ru

Изложены сведения о распространении, особенностях экологии, встречаемости, численности и состоянии локальных популяций сосудистых растений Красной книги РФ произрастающих на территории Белгородской области.

Ключевые слова: Красная книга, статус, категория, распространение, особенности экологии и численность.

Введение

В соответствии с Федеральными законами от 24.04.1995 года № 52-ФЗ «О животном мире», от 10.01.2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей природной среды», постановлением Правительства Российской Федерации от 19.02.1996 года № 158 «О Красной книге Российской Федерации» ведутся Красные книги субъектов Российской Федерации. Ведение Красных книг включает ряд природоохранных мероприятий, в число которых входят сбор и анализ данных об объектах животного и растительного мира, подготовку и выпуск новых изданий с учётом накопленных сведений в межредакционный период.

В данной статье представлены сведения о видах сосудистых растений, внесённых в Красную книгу Российской Федерации произрастающих на территории Белгородской области, основанные на анализе литературных источников, и многолетних исследованиях проведённых автором в восточной и юго-восточной частях Белгородской области.

Сокращения названий областей:

Белг. – Белгородская	Курск. – Курская	Пенз. – Пензенская	Тамб. – Тамбовская
Брян. – Брянская	Лип. – Липецкая	Рост. – Ростовская	Твер. – Тверская
Влад. – Владимирская	Моск. – Московская	Ряз. – Рязанская	Тул. – Тульская
Волг. – Волгоградская	Нижег. – Нижегородская	Самар. – Самарская	Ульян. – Ульяновская
Ворон. – Воронежская	Оренбург. – Оренбургская	Сарат. – Саратовская	
Калуж. – Калужская	Орл. – Орловская	Смол. – Смоленская	

Сокращения названий республик:

Мар. – Марий Эл; Тат. – Татарстан; Чув. – Чувашия; Морд. – Мордовия; Удмурт. – Удмуртия.

Сокращения названий районов Белгородской области:

Алекс. – Алексеевский	Грайв. – Грайворонский	Прох. – Прохоровский
Бел. – Белгородский	Губ. – Губкинский	Ров. – Ровеньский
Бор. – Борисовский	Короч. – Корочанский	СтО. – Старооскольский
Валуй. – Валуйский	Красн. – Красненский	Черн. – Чернянский
Вейд. – Вейделевский	Кргв. – Красногвардейский	Шеб. – Шебекинский
Волок. – Волоконовский	НО. – Новооскольский	Яковл. – Яковлевский

Результаты исследований

Виды, переданные в гербарий им. Д.П. Сырейщикова МГУ(МВ), в списке отмечены звёздочкой (*).

Отдел Голосеменные – Gymnospermae

Класс Хвойные – Pinopsida

Сем. Сосновые – Pinaceae Lindl.

1. Сосна меловая – *Pinus sylvestris* L. var. *cretacea* Kalenicz. ex Kom.

Статус региональный. Категория I.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красную книгу Ворон., Самар., Ульянов. [1].

Распространение. Эндемик бассейна Дона. Встречается по берегам рр. Дона, Потудани (Ворон.), Оскола, Нежеголи, Корочи, Кореня (Белг.), а также Северского Донца (Украина, Славянский р-н Донецкой обл.) [1, 2].



В Белг. указывается для: НО. (Стенки-Изгорья [3]); Шеб. (Бекарюковский бор, сс. Логовое, Архангельское, Чураево [3]); Черн. (окр. п. Чернянка [3]).

Нами отмечен в НО. (Стенки-Изгорья [4, 5]); Шеб. (Бекарюковский бор).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых обнажениях. Встречается редко. Вопрос о таксономическом статусе не решён окончательно. Мы рассматриваем её как экологическую форму сосны обыкновенной.

Отдел Покрытосеменные – Angiospermae

Класс Однодольные – Monocotyledones

Сем. Злаки – Gramineae Juss.

2. Ковыль Залесского – *Stipa zalesskii* Wilensky s.l. (incl. *Stipa ucrainica* P. Smirn., *S. rubens* P. Smirn., *S. glabrata* P. Smirn. ex Tzvel.)

Статус региональный. Категория I.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Лип., Морд., Нижегород., Оренбург., Пенз., Рост., Ряз., Самар., Саратов., Татар., Ульянов. [1, 2].

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

Распространение. Европейско-азиатский степной вид. Произрастает в Чехословакии, на юге Украины, в Молдове, на Нижнем Дону, Нижней Волге, в Заволжье. Азиатская часть ареала охватывает южные районы Сибири, север Средней Азии, Джунгарское Алатау [1, 7].

В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Нижегород., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Татар., Ульянов. [8].

В Белг. на северной границе ареала, указывается для: Губ. (Ямская степь [3, 9]).

Нами отмечен в Вейд. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт в степях. Встречается очень редко.

3. * Ковыль красивейший – *Stipa pulcherrima* C. Koch.

Статус региональный. Категория III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижегород., Оренбург., Орл., Пенз., Рост., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Татар., Тул., Ульянов., Чув. [1, 2].

Распространение. Европейско-древнесредиземноморский вид, распространённый в европейской части России в бассейнах Дона и Волги, а также в южных районах Западной Сибири [7]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижегород., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Татар., Ульянов., Чув. [8].

В Белг. указывается для: Валуй. (Уразово [10], между дд. Косеновка и Макеево [3]); Губ. (Ямская степь [3, 10]); НО. [3].

Нами отмечен в НО. [11]; Ров. [12, 13]; Алекс.; Валуй.; Вейд.; Губ. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на лугово-степных и степных склонах. Встречается редко.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отрабатывается методика восстановления вида в природных сообществах.

4. Ковыль опушённолистный – *Stipa dasyphylla* (Czern. ex Lindem.) Trautv.

Статус региональный. Категория I.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижегород., Оренбург., Пенз., Рост., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Татар., Удмурт., Ульянов. [1, 2].

Распространение. Восточноевропейский вид, известный также в пределах Средней Европы. В России распространён в бассейнах Дона и Волги, в Заволжье, окрестностях Ставрополя, на юге Западной Сибири [7]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Нижегород., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Татар., Ульянов. [8].

В Белг. на северной границе ареала, указывается для: Валуй. (Валуйки [10]); Губ. (Ямская степь [3, 14, 15], окр. г. Губкин [10]); Короч. (Анновка [10]); Ров. (по р. Айдар [10]).

Нами отмечен в Вейд. [16]; Губ. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт по степям. Встречается редко.

5. Ковыль перистый – *Stipa pennata* L. s. str.

Статус региональный. Категория II. Рекомендованная категория статуса редкости – V.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Брян., Волг., Ворон., Калуж., Курск., Лип., Мар., Морд., Моск., Нижегород., Оренбург., Орл., Пенз., Рост., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Татар., Тул., Удмурт., Ульянов., Чув. [1, 2].

Распространение. Европейско-среднесибирско-древнесредиземноморский вид. В России распространён в южной половине европейской части, на юге Сибири [1, 7]. В средней поло-

се европейской части России встречается в Белг., Брян., Ворон., Калуж., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижегород., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Тат., Тул., Ульянов., Чув. [8].

В Белг. указывается для: Бел. [3]; Волок. (Ютановка [3]); Губ. (Ямская степь, Лысье горы [3, 9, 14]); Короч. (сев.-восток [3]); НО. (б. «Ханова» [3]). Некоторыми авторами указывается как обыкновенный вид в Белг. [10].

Нами отмечен в Алекс. [17]; Валуй. [18]; Короч. [19, 20]; Кргов. [21]; НО. [5, 11, 22, 23, 24]; Ров. [12, 13, 19, 25]; Шеб. [26]; Вейд.; Волок.; Губ.; Прох.; Черн. (не опубликованные данные); Красн. (в печати).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на остепнённых лугах, в луговых и злаковых степях. Встречается часто в большинстве районов.

6. Пырей ковылелистный – *Elytrigia stipifolia* (Czern. ex Nevski) Nevski

Статус региональный. Вид не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуются категория статуса редкости – I.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Рост. [1, 2].

Распространение. Восточноевропейско-кавказский вид. Встречается на юге Украины, Нижнем Дону, в Предкавказье, западных и центральных районах Большого Кавказа. В средней полосе европейской части России известны местонахождения в Миусском лесничестве Рост., на северо-западе и западе Волг., в Ворон. (Борисоглебский и Новохопёрский р-ны), Саратов. (окр. Хвалынска) [1, 27].

Указывался для Белг. [8]. Современные сведения о распространении вида на территории области и гербарные сборы отсутствуют [27].

Нами отмечен в Ров. (2007 г.), Вейд. (2010 г.) неопубликованные данные. Определение вида подтверждено Н.Н. Цвелёвым. Гербарные сборы хранятся в гербарии А.В. Гусева.

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт по меловым, петрофитным степям, среди степных кустарников (*Caragana frutex* (L.) С. Koch, *Amygdalus nana* L.). Встречается редко.

Сем. Лилейные – Liliaceae Juss.

7. * Бельвалия сарматская – *Bellevalia sarmatica* (Georgi) Woronow.

Статус региональный. Категория III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Рост. [1, 2].

Распространение. Восточноевропейско-кавказский степной вид. Произрастает в Восточной Европе и на Кавказе, в Малой Азии и Северном Иране [1]. В средней полосе европейской части России встречается только в Белг. и Ворон. [8, 27].

В Белг. на северной границе ареала, указывается для: Вейд. [3]; Ров. [3, 10]. Указания в Красной книге Белг. для НО. неверны [28].

Нами отмечен в Ров. [19, 25].

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт по степям. Встречается редко.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах.

8. * Брандушка разноцветная – *Bulbocodium versicolor* (Ker-Gawl.) Spreng.

Статус региональный. Категория II. Рекомендуются категория статуса редкости – V.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Лип., Рост., Саратов., Тамб. [1, 2].

Распространение. Произрастает в юго-восточной части Средней Европы и восточном Средиземноморье, в Украине, Молдове. В России – на юге и юго-востоке европейской части и в Предкавказье [7]. В средней полосе европейской части России встречается только в чернозёмной полосе в Белг., Ворон., Курск., Лип., Саратов., Тамб. [8, 27].

В Белг. близ северной границы ареала, указывается для: Бел. [3]; Валуй. [3]; Вейд. [3]; Губ. (Лысье горы [3, 10], Ямская степь [9]); Короч. [3]; НО. [3].

Нами отмечен в Алекс. [16, 17]; Кргов. [29]; НО. [30]; Ров. [12, 25]; Валуй.; Вейд. (не опубликованные данные), Короч.; Красн. (в печати).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на степных и луговых склонах. Встречается изредка, но местами в массе до 100 и более цветущих экземпляров на 1 кв. м.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах.

9. Рябчик русский – *Fritillaria ruthenica* Wikstr.

Статус региональный. Категория V.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Брян., Волг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижегород., Оренбург., Пенз., Рост., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Тат., Тул., Ульянов. [1, 2].

Распространение. Восточноевропейско-среднеазиатский вид. Распространён в лесостепной и степной полосе Украины, на Кавказе, в Средней Азии. В России встречается в чернозёмных районах европейской части и в Западной Сибири [1, 5]. В средней полосе европейской



части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск., Орл., Пенз., Самар., Саратов., Тамб., Тул., Ульянов. [8, 27].

В Белг. указывается для: Бел. (с Нелидовка [3]); Губ. (Лысые горы [3], Ямская степь [3, 9]); Короч. (Кручка [3]); НО. (Стенки-Изгорья [31], б. Ханова [3]); Прох. (Беленихино [3]); Яковл. (Шопоино [3]).

Нами отмечен в НО. [5, 19]; Алекс.; Валуй.; Вейд.; Красн.; Ров.; Шеб. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на сухих луговых склонах, по степным кустарникам, в светлых лесах, опушках. Встречается изредка.

10. **Рябчик шахматный – *Fritillaria meleagris* L.**

Статус региональный. Рекомендуемая категория статуса редкости – I.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Брян., Влад., Калуж., Курск., Лип., Моск., Орл., Тул. [2].

Распространение. Произрастает в Средней Европе, в Украине, Молдавии. В России известен в центральных районах европейской части [7]. В средней полосе европейской части России встречается в Влад., Калуж., Курск., Лип., Моск., Орл., Саратов., Тул. [27].

В Белг. указывается для Губ. Имеется 1 гербарный сбор с заповедного участка «Ямская степь». Лог Суры, луг. О.С. Игнатенко, 20.05.1977. [Золотух, 2005].

Численность. Встречается очень редко.

Сем. Ирисовые – Iridaceae Juss.

11. * **Касатик безлистный – *Iris aphylla* L.**

Статус региональный. Категория II. Рекомендуемая категория статуса редкости – V.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Брян., Волг., Ворон., Курск., Лип., Морд., Нижегород., Орл., Пенз., Рост., Ряз., Самар., Саратов., Тамб., Татар., Тул., Чув. [1, 2].

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

Распространение. Произрастает в Средней и Восточной Европе, Малой Азии, на Балканах, Кавказе [7]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Брян., Ворон., Курск., Лип., Морд., Моск. (крайний юг), Нижегород. (юг), Орл., Пенз., Ряз. (юг), Самар., Саратов., Татар., Тамб., Тул., Ульянов., Чув. [8, 27].

В Белг. указывается для: Губ. (Богословка, Лысые горы [3, 10], ур. Алпеевка, Ямская степь [3]); НО. (б. Ханова [3, 10]); Шеб. (Б-Городище [3, 10], Бекарюковский бор [3]).

Нами отмечен в Алекс. [19]; Вейд. [16]; Короч. [20]; Кргов. [21, 30]; НО. [5, 22,23]; Шеб. [26]; Валуй.; Прох.; Черн. (не опубликованные данные). Красн. (в печати).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт в степях, среди кустарников, в петрофитных степях, по остепнённым лесным опушкам. Встречается нередко.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах [32].

12. * **Касатик карликовый – *Iris pumila* L. s. l.**

Статус региональный. Категория III. Рекомендуемая категория статуса редкости – V.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Лип., Оренбург., Орл., Рост., Самар., Саратов., Тамб., Татар., Ульянов. [1, 2].

Распространение. Произрастает в Южной Европе, Малой Азии, на Кавказе. В России sporadически встречается в степных областях европейской части, особенно на юго-востоке [7]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Лип., Пенз., Ряз. (юг), Самар., Саратов., Тамб., Ульянов. [8, 27].

В Белг. на северной границе ареала, указывается для: Вейд. (близ п. Вейделевка [3, 10], ур. Гнилое [7]); Ров. (Нагольное, Калужный яр [7]).

Нами отмечен в Алекс. [17]; Вейд. [16]; Ров. [12, 13, 19, 25]; Валуй. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт в степях, на каменистых склонах. Встречается изредка.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах [32].

Сем. Орхидные – Orchidaceae Juss.

13. * **Башмачок настоящий – *Cypripedium calceolus* L.**

Статус региональный. Категория I.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги: Брян., Влад., Волг., Ворон., Калуж., Курск., Лип., Мар., Морд., Моск., Нижегород., Оренбург., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Смол., Тамб., Татар., Твер., Тул., Удмурт., Ульянов., Чув. [1, 2].

Статус международный. Включён в Приложение II Международной конвенции СИТЕС [33], в Приложение 1 к Резолюции № 6 (1998) Постоянного комитета Бернской конвенции о биологическом разнообразии (вид европейского значения) [6].

Распространение. Произрастает в Европе (кроме крайних севера и юга), на Кавказе, в Малой Азии, Монголии, Китае, Японии. В России встречается в европейской части, на юге Сибири и Дальнего Востока [7]. В средней полосе европейской части России изредка встречается во всех областях [8, 27].

В Белг. указывается для: Бел. [3]; НО. [3]; Прох. [3].

Нами отмечен в НО. [34, 35].

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт по сыроватым лесам на карбонатных почвах. Встречается редко.

14. Пыльцеголовник красный – *Cephalanthera rubra* (L.) Rich.

Статус региональный. Категория III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Брян., Влад., Мар., Морд., Нижегород., Оренбург., Пенз., Самар., Саратов., Смолен., Тамб., Тат., Твер., Тул., Удмурт., Ульянов., Чув. [2].

Статус международный. Включён в Приложение II Международной конвенции СИТЕС [33].

Распространение. Преимущественно европейский редкий вид с дизъюнктивным ареалом, встречающийся также на Кавказе, в Малой и Средней Азии, Иране. В России ареал разделён на два фрагмента: центр европейской части и предгорья и горы Северного Кавказа [1, 7]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Брян., Влад., Калуж., Мар., Морд., Нижегород., Оренбург., Пенз., Самар., Саратов., Смолен., Тамб., Тат., Твер., Тул., Удмурт., Ульянов., Чув. [2, 8, 27].

В Белг. указывается для: Бел. (Соломино [3]); НО. [10], (б.Ханова [3]); Шеб. (к югу от Шебекино, в 1939 г. 3, 10)).

Нами отмечен в НО. [5, 35]; Черн. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт в лесах. Встречается редко.

15. * Ятрышник болотный – *Orchis palustris* Jacq. s. l.

Статус региональный. Категория III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Рост., Саратов. [2].

Статус международный. Включён в Приложение II Международной конвенции СИТЕС [33].

Распространение. Европейско-западноазиатский лугово-болотный вид. Встречается в Западной Европе, Белоруссии, Украине, Краснодарском крае, Дагестане, Калмыкии, Рост. [1]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг. (юг), Ворон. (юг), Курск., Саратов., Твер. [1, 8, 27].

В Белг. указывается для: Бел. (болото Липки [3]); НО. (Стенки-Изгорья [3]).

Нами отмечен в НО. (Стенки-Изгорья [5]); Кргв. (Маляров Лог) [16]; Ров. [36], Вейд. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт по сырым лугам. Встречается редко.

16. Ятрышник мужской – *Orchis mascula* (L.) L.

Статус региональный. Категория I.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Брян., Ворон., Курск. [1, 2].

Статус международный. Включён в Приложение II Международной конвенции СИТЕС [33].

Распространение. Европейско-западноазиатский лугово-лесной вид. Встречается в лесной полосе Западной и Восточной Европы, в Крыму, на Кавказе, Северном Урале, в Иране, Малой Азии [1, 7]. В средней полосе европейской части России отмечается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Смолен. как очень редкое растение, многие местонахождения которого в настоящее время требуют подтверждения [27].

В Белг. указывается только для Бел. (ур. «Сосновка», болото «Липки», окр. с. Нелидовка, луг у «Большого озера» [3]). Нахождение вида на территории области требует подтверждения.

17. Ятрышник обожженный – *Orchis ustulata* L.

Статус региональный. Рекомендуемая категория статуса редкости – I.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Брян., Влад., Брян., Калуж., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижегород., Пенз., Самар., Саратов., Смолен., Тат., Твер. [2].

Статус международный. Включён в Приложение II Международной конвенции СИТЕС [33].

Распространение. Широко распространён в Европе, встречается на Кавказе и в Малой Азии. В России встречается в центральных чернозёмных и, преимущественно, в нечернозёмных районах европейской части, заходя за Урал и на Северный Кавказ [7]. В средней полосе европейской части России встречается в Брян., Влад., Калуж., Курск., Лип., Морд., Моск., Нижегород., Орл., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Смолен., Тамб., Тат., Твер., Тул., Ульянов. Большинство местонаждений требует подтверждения [27].

В Белг. указывается для Губ. Отмечен единственный раз на территории заповедного участка «Ямская степь». Луг в ложбине. Несколько экземпляров (В. Сошнина и др., 31.06.1994 г.) [10].

Численность. Встречается очень редко.

18. Ятрышник шлемоносный – *Orchis militaris* L.

Статус региональный. Категория I. Рекомендуемая категория статуса редкости – II.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Брян., Волг., Влад., Ворон., Калуж., Курск., Лип., Мар., Морд., Моск., Нижегород., Оренбург., Пенз., Ряз., Самар., Саратов., Смолен., Тамб., Тат., Твер., Тул., Ульянов., Чув. [1, 2].



Статус международный. Включён в Приложение II Международной конвенции СИТЕС [33].

Распространение. Евразиатский опушечно-луговой вид. Распространён от таёжной до субтропической зоны, преимущественно в умеренно-тёплых широтах. Встречается в Западной и Восточной Европе, в Крыму, на Кавказе, в Сибири, Монголии, Иране, Малой Азии. В России ареал тянется узкой полосой по центральным областям от западных границ до Забайкалья. В европейской части вид встречается во всех чернозёмных областях, но к юго-востоку реже. Южная граница ареала проходит по Белг. и Ворон. [1, 2].

В Белг. указывается для: Бел. (дубрава у с. Соломино; на сыром лугу около ст. Беломестной [3]); Короч. [3]; НО. [3], (заповедный участок Стенки-Изгорья [10]).

Нами отмечен в НО. [16]; Кргв. [21]; Волок. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт по сырым лугам, луговым склонам с близким залеганием меловых пород, обнажениям меловых пород северных экспозиций. Встречается редко.

Класс Двудольные – Dicotyledones

Сем. Гвоздичные – Caryophyllaceae Juss.

19. * Смолёвка меловая – *Silene cretacea* Fisch. ex Spreng.

Статус региональный. Категория о. Рекомендуемая категория статуса редкости – I.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Оренбург., Рост. [1, 2].

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

Распространение. Эндемик меловых обнажений юга Европейской России. Встречается в Волг., Ворон., Рост., Саратов., единично в Оренбург. [2].

В Белг. указывается только для Алекс. (окр. с. Варваровка [3]).

Нами отмечен в Алекс. (Варваровка) [17].

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых обнажениях. Встречается очень редко.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отрабатывается методика восстановления вида в природных сообществах.

Сем. Лютиковые – Ranunculaceae Adans.

20. Прострел луговой – *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. s. l. [incl. *P. bohémica* (Scalicky) Tzvel., *P. nigricans* auct. non Stoerck, incl. *P. ucranica* (Ugr.) Wissjul.].

Статус региональный. Категория V.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Брян., Волг., Ворон., Курск., Оренбург., Рост., Самар., Саратов., Твер., Ульянов., Чув. [1, 2].

Распространение. Восточно-европейский лесостепной вид [1, 37]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Брян., Ворон., Курск., Лип., Самар., Саратов., Тамб., Ульянов. [8, 27].

В Белг. близ северной границы ареала, указывается для: Бел. (Шопино [3]); Бор. (Острасьеви Яры [3, 10]); НО. [3]; Прох. (ур. Гремучий [3]); Шеб. (Бекарюковский бор, Ржевка, хут. Партизанский [3, 10], Н-Таволжанка [3]).

Нами отмечен в НО. [19]; Ров. [12]; Шеб. [26]; Валуй.; Вейд.; Прох. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт в сосняках, по лесным опушкам и полянам, суходольным лугам, луговым степям, песчаным поймам рек. Встречается изредка, но местами в массе.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отрабатывается методика восстановления вида в природных сообществах.

Сем. Пионовые – Paeoniaceae Rudolphi

21. Пион тонколистный – *Paeonia tenuifolia* L.

Статус региональный. Категория II.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Лип., Оренбург., Рост., Саратов., Ульянов. [1, 2].

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

Распространение. Юго-восточно-европейский вид. Ареал простирается от юго-востока Средней Европы и Средиземноморья до Заволжья и Кавказа [1, 2]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип., Самар., Саратов., [8, 27].

В Белг. указывается для: Вейд. (ур. Гнилое [3]); НО. (Маленький Лог [3]); Ров. (ур. Калюжный яр, Айдар, Нагольное [3]).

Нами отмечен в Алекс. (на границе с Ров.) [16]; НО. [19, 38]; Ров. [12, 13, 16, 19, 25]; Валуй.; Вейд. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт в степях, по склонам балок (предпочитая заросли *Saragana frutex*, *Amygdalus nana*, *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) A. Klaskova), на задернованных щебнистых меловых обнажениях, по опушкам байрачных лесов. На юго-востоке области встречается изредка, но, местами, многочислен.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах.

Сем. Крестоцветные – Cruciferae V. Juss.

22. * Левкой душистый – *Matthiola fragrans* Bunge.

Статус региональный. Категория III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Оренбург., Рост., Самар., Саратов., Татар., Ульянов. [1, 2].

Распространение. Восточноевропейско-среднеазиатский вид. В Восточной Европе произрастает на юге Украины, в бассейне Дона и на Нижней Волге. Азиатская часть ареала охватывает юг Западной Сибири и Среднюю Азию [2]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Брян., Ворон., Курск., Саратов., Ульянов. [8, 27].

В Белг. указывается для: Алекс. (Меловая гора в окр. г. Алексеевка, [3, 10], Варваровка [3]); Валуй. (окр. г. Валуйки, Лобковка близ Уразово, Логачёвка [10]); Вейд. (ур. Белая гора в окр. п. Вейделевка [3, 10], ур. Гнилое [3]); Ров. (Калужный яр в окр. п. Ровеньки [3, 10], Нагольное [3]).

Нами отмечен в Алекс. [17]; Ров. [12, 13, 16, 25]; Валуй.; Вейд. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых склонах. Встречается изредка.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах.

23. Рогачка меловая – *Erucastrum cretaceum* Kotov.

Статус региональный. Вид не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Ростов. [2].

Распространение. Эндемик меловых обнажений юга европейской части России [1]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Лип. [8, 27].

В Белг. указывается для: Валуй. (Уразово, Тагобиевка [10]); Вейд. (ур. Шпингарн [10]); Шиб. (Заячий хутор [10]).

Нами отмечен в Кргов. [16]; Валуй. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых склонах. Встречается редко.

Сем. Розоцветные – Rosaceae Adans.

24. * Кизильник алаунский – *Cotoneaster alaunicus* Golitsin

Статус региональный. Категория III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Лип., Моск., Орл., Ряз., Самар., Удмурт. [1, 2].

Распространение. Эндемик Среднерусской возвышенности, характерный для её восточной части. Вид встречается на юге Моск. на востоке Тул. и Орл., на западе Лип. и Ворон., а также в Ряз., Курск. и Белг.; восточная точка ареала лежит в Самар. Указан для Удмурт. и Волг. Описан из Лип., заповедник «Галичья гора» [2].

В Белг. указывается для: Алекс. (Варваровка [3]); Бел. (Малые Кульбаки, Монастырский лес [3]); Короч. (Хмелевое [3]).

Нами отмечен в Валуй. (Борки) [18]; Короч. (Хмелевое) (не опубликованные данные), Прох. (в печати).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых обнажениях. Встречается редко, небольшими куртинами.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах.

Сем. Бобовые – Leguminosae Juss.

25. Дрок донской – *Genista tanaitica* P. Smirn.

Статус региональный. Категория III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Ростов. [1, 2].

Распространение. Восточно-европейский кальцефильно-степной вид. Эндемик бассейнов рек Дон и Северский Донец. В Украине встречается в Харьковской, Донецкой и Луганской обл. [1, 2]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Саратов. [8, 27].



В Белг. указывается для: Валуй. (Уразово [3, 10]); НО. (б. Ханова [3]); Ров. (Калужный яр [3, 8]); Шеб. (Шебекино, хут. Заячий [3, 10]).

Нами отмечен в Алекс. [17]; Кргов. [21]; НО. [21]; Ров. [12, 16, 19, 25]; Валуй.; Вейд. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых обнажениях. Встречается изредка.

26. * Копеечник крупноцветковый – *Hedysarum grandiflorum* Pall.

Статус региональный. Категория VI.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Оренбург., Пенз., Рост., Самар., Саратов., Тат., Ульянов. [1, 2].

Распространение. В юго-восточной Европе (Болгария, Румыния, Украина, Южная Россия) [37]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Самар., Саратов., Ульянов. [27].

В Белг. указывается для: Алекс. [3, 10]; Валуй. [3, 10]; Вейд. [3, 10]; Волок. [3, 10]; Короч. [3, 10]; Красн. [3]; Кргов. [10]; НО. [3, 10]; Прох. [10]; Ров. [3, 10]; Шеб. [3].

Нами отмечен в Алекс. [16]; Вейд. [16]; Короч. [19]; НО. [5]; Ров. [16, 19]; Валуй.; Волок.; Кргов.; Прох. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых склонах, вблизи которых иногда выходит в степи, на меловые породы, прикрытые тонким слоем карбонатных чернозёмов, где чувствует себя угнетённо. В восточных и юго-восточных районах встречается нередко.

27. * Копеечник украинский – *Hedysarum ucrainicum* Kaschm.

Статус региональный. Категория III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красную книгу Волг., Ворон. [1].

Распространение. Эндемик бассейнов Дона и Северского Донца. В России встречается в Белг. и Ворон. В Украине – в Луганской и Донецкой областях. [1, 2].

В Белг. указывается только для Ров. (по р. Айдар от п. Айдар до п. Ровеньки, Нагольное [3, 10], Всесвятка [3]).

Нами отмечен в Ров.: 1) По правобережью р. Айдар в окр. п. Ровеньки: (Лысая Гора, Калужный яр, ур. Зелёная Роща [12]). 2) По левобережью р. Лозовая (правый приток р. Айдар), на меловых обнажениях в окр. с. Клиновыи. Не опубликованные данные. Ранее это местонахождение вида не указывалось в литературе. 3) По правобережью р. Сарма (левый приток р. Айдар), от с. Всесвятка до с. Ногольное [13, 19, 25].

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых склонах только в бассейне р. Айдар и его притоков (Сарма и Лозовая). Встречается редко.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отрабатывается методика восстановления вида в природных сообществах.

28. * Чина синеватая (голубая) – *Lathyrus venetus* (Mill.) Wohlf.

Статус региональный. Вид не внесён в Красную книгу Белг. Рекомендуемая категория статуса редкости – III.

Распространение. За пределами России распространён в Украине, Молдове, горах Центральной и Южной Европы, а также в Малой Азии, частично на восточном Средиземноморье. В России встречается только в Белг. Ранее вид указывался для окрестностей с. Огурцово (ныне территория Украины) [40].

Нами отмечен по правобережью р. Северский Донец, в Шеб. в окрестностях сс. Новая Таволжанка, Нехотеевка, Муром и Архангельское [2, 39].

Особенности экологии и численность. Растет по тенистым широколиственным лесам. Выходит на обочины лесных дорог. Встречается очень редко.

Сем. Волчниковые – Thymelaeaceae Juss.

29. Волчеягодник алтайский, или Софии – *Daphne altaica* Pall. s. l. (incl. *D. sophia* Kalen.).

Статус региональный. Категория I.

Распространение. В России – на границе распространения. Реликт с разорванным ареалом. Основная территория его обитания – Западный Алтай. В Европейской части России известен только в Белг., чаще под названием Волчеягодник Софии (эндемик бассейна Дона). За пределами России растёт в Украине (Волчеягодник крымский) [2, 8].

В Белг. указывается для: Бел. (с. Соломино, Пески – в дубраве) [3]; Валуй. (с. Симоновка, ур. Борки, хут. Самарин на р. Палатовка [3, 10], с. Яблоново – в дубраве [3]); НО. (Стенки-Изгорья [3, 10]); Ров. (п. Ровеньки, овраг [3, 10]); Шеб. (Ржевка, хут. Партизанский [3, 10], Бекарюковский бор, исчез [3]); Черн. (сосновый бор на окраине Чернянки [3]).

Нами отмечен в Валуй. (Борки [18]); НО. (заповедный участок «Стенки-Изгорья» [5]); Ров. (окрестности п. Ровеньки, овраг «Ровеньский» [41]).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт среди кустарников, на опушках, в горных борах на мелах. Встречается редко. Сокращающийся в численности вид в связи с уничтожением мест обитания.

Сем. Первоцветные – Primulaceae Vent.

30. * Проломник Козо-Полянского – *Androsace koso-poljanskii* Ovcz.

Статус региональный. Категория VI.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Ворон., Курск. [1, 2].

Распространение. Эндемик южных районов Восточной Европы. Ограничен в своём распространении территорией, включающей в Украине – Харьковскую область, на территории Европейской России – Белг., Ворон., Курск. [1, 2, 42, 43]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск. [8, 27].

В Белг. указывается для: Алекс. (Белая гора [3, 10]); Валуй. [10], (Конопляновка, Погромец [3]); Волок. (Ютановка [3]); Губ. [10, 44], (Вишняки, Лысье горы, Ямская степь [3]); Короч. (Хмелевое [3]); Красн. (Большой Лог [3]); Кргв. [10], (Горовое, Новоухотское [3]); НО. [10], (б. Ханова [3]); Прох. [10]; Ров. [10]; СтО. [10].

Нами отмечен в Алекс. [16, 17]; Вейд. [16]; Короч. [20]; Кргв. [21]; НО. [19, 21]; Ров. [12, 19]; Валуй.; Волок.; Губ.; Прох.; Черн. (не опубликованные данные). Красн. (в печати).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на незадернованных и слабозадернованных меловых обнажениях. На востоке и юго-востоке области встречается не редко.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах.

Сем. Губоцветные – Labiatae Juss.

31. Иссоп меловой – *Hyssopus cretaceus* Dubjan.

Статус региональный. Категория VI.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Рост., Саратов. [1, 2].

Распространение. Эндемик юга европейской части России и Украины. Ареал включает бассейны Среднего и Нижнего Дона и Волги. (Агафонов) [1, 2]. В средней полосе европейской части России встречается Белг., Волг., Ворон., Курск., Рост., Саратов. [8, 27].

В Белг. указывается для: Алекс. (Белая гора [3, 10], Варваровка [3]); Валуй. (окр. г. Валуйки [3, 10], Герасимовка, Нижние Мельницы, Борки [3]); Вейд. (окр. п. Вейделевка, ур. Белая гора [3, 10]); Волок. (Нижние Лубянки [3, 10]); НО. [3, 10]; Ров. (п. Айдар, с. Нагольное, п. Ровеньки [3, 10]); Шеб. [3, 10].

Нами отмечен в Алекс. [17]; Вейд. [16, 19]; Кргв. [21]; НО. [19, 21, 30]; Ров. [12, 13, 16, 19, 25]; Шеб. [26]; Валуй (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на обнажениях меловых пород. Встречается изредка.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах.

Сем. Норичниковые – Scrophulariaceae Juss.

32. * Норичник меловой – *Scrophularia cretacea* Fisch. ex Spreng.

Статус региональный. Категория VI. Рекомендованная категория статуса редкости – III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Курск., Рост. [1, 2].

Распространение. Эндемик юго-востока Европейской России. Встречается в бассейне Дона и его притоков [1]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Курск., Саратов. [8, 27].

В Белг. указывается для: Алекс. (окр. г. Алексеевка [3, 10], с. Варваровка, с. Колтуновка [3]); Валуй. (окр. г. Валуйки, Борки, с. Герасимовка, с. Конопляновка, с. Нижние Мельницы [3], окр. п. Уразово [3, 10], Логачёвка [10]); Вейд. (Белая гора [3, 10]); Волок. (Верхние Лубянки [3]); Ров. (Калюжный Яр, окр. п. Ровеньки, Нагольное [3, 10]); СтО. [3, 10].

Нами отмечен в Алекс. [19]; Вейд. [16]; Ров. [12, 13, 16, 19, 25]; Валуй. (не опубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых склонах. Встречается изредка.

Сем. Ворсянковые – Dipsacaceae Juss.

33. * Головчатка Литвинова – *Cephalaria litvinovii* Bobr.

Статус региональный. Категория о. Рекомендованная категория статуса редкости – I.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Ворон., Пенз., Саратов., Тамб., Ульянов. [2].

Распространение. Эндемик Восточной Европы. Сведения о характере распространения большей частью основаны на материалах XVIII–XIX вв. и требуют уточнения и современного подтверждения. Вне России вид распространён в Украине, в бассейне р. Красной, левого при-



тока Северского донца. В средней полосе европейской части России указывается для Белг., Ворон., Пенз., Саратов., Тамб., Ульянов. [2, 8].

В Белг. вид отмечался в Валуй. в окрестностях с. Уразово [8, 40, 43]. В Красной книге Белг. (2005) вид отнесен к исчезнувшим на её территории в XX веке [3].

Нами найден в 2007 году в Губкинском районе, в бассейне р. Ольшанка в окрестностях с. Коньшино на северной опушке овражного леса «Вислое» [45].

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на сырых лесных опушках. Встречается очень редко.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах.

Сем. Сложноцветные – Compositae Giseke

34. * Полынь беловойлочная – *Artemisia hololeuca* Bieb. ex Bess.

Статус региональный. Категория VI.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Рост. [1, 2].

Распространение. Восточно-европейский петрофильно-степной вид. Эндемик бассейнов рек Дон и Северский Донец. В Украине распространён по р. Северский Донец и его притокам, а также по р. Крынка [1, 2]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг. (юго-вост.), Ворон (юг). [27].

В Белг. на северной границе ареала, указывается для: Алекс. (между с. Варваровка и п. Советское [3, 10], Белая гора в окр. г. Алексеевка, Станичное [3]); Валуй. (окр. г. Валуйки. с. Герасимовка, ур. Дольгальская гора [3, 10]); Вейд. (ур. Белая гора в окр. п. Вейделевка, с. Белый Колодезь, долина р. Лозная [3, 10]); Кргов. (х. Малоленинский [3]); НО. [3]; Ров. (окр. п. Ровеньки, сс. Нагольное, Айдар [3, 10]).

Нами отмечен в Алекс. [17]; Вейд. [16]; Кргов. [21]; НО. [21]; Ров. [12, 13, 16, 25]; Валуй. (неопубликованные данные).

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых обнажениях. Встречается изредка.

Сведения о восстановлении вида в природе. В государственном природном заповеднике «Белогорье» отработывается методика восстановления вида в природных сообществах.

35. Полынь солянковидная – *Artemisia salsoloides* Willd.

Статус региональный. Категория III.

Статус в сопредельных регионах. Внесён в Красные книги Волг., Ворон., Оренбург., Рост., Самар., Саратов., Тат., Ульянов. [1, 2].

Распространение. Восточноевропейско-западносибирский петрофильно-степной вид. Распространён в Восточной Европе, Предкавказье, Западной Сибири [2]. В средней полосе европейской части России встречается в Белг., Ворон., Самар., Саратов., Ульянов. [27].

В Белг. указывается для: НО. (Ниновка [3, 10]); Ров. (п. Айдар [16], Калужный Яр, Нагольное [3]); СтО. (Федосеевка [3, 10]).

Нами отмечен в Ров. [12, 13, 16, 19, 25].

Особенности экологии и численность. В Белг. растёт на меловых обнажениях. Встречается редко.

Исчезли на территории Белгородской области в XX веке: Башмачок крупноцветковый (*Cypripedium macranthon* Sw.), Кальдезия белозоролистная (*Caldesia parnassifolia* (L.) Parl.), Липарис Лезеля (*Liparis loeselii* (L.) Rich.).

Список литературы

1. Красная книга Воронежской области. Растения. Лишайники. Грибы. Воронеж: МОДЭК, 2011. Т. 1. 472 с.
2. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. редкол.: Ю.П. Трутнев и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.
3. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. Официальное издание / Общ. науч. ред. А.В. Присный. Белгород, 2005. 532 с.
4. Гусев А.В., Ермакова Е.И., Скрынников И.А. Состояние *Pinus cretacea* Kalenicz. на участке Стенки-Изгорья заповедника "Белогорье" // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2005: Материалы науч. конф. – Курск, 2005. – С. 20-22.
5. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Сосудистые растения Красной книги России и Белгородской области во флоре заповедного участка «Стенки-Изгорья» // Актуальные проблемы ботаники и методики преподавания биологии: Материалы II Международной науч.-практ. конф. г. Белгород, 24-26 сентября 2007 г. – Белгород: Изд-во ПОЛИТЕРРА, 2007. – С. 147-150.
6. 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)
7. Губанов И.А., Киселёва В.К., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). – М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2002. – 526 с.



8. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части СССР. – Изд.9-е. Л.: Колос, 1964. – 880 с.
9. Левицкий С.С. Список сосудистых растений Центрально-Чернозёмного заповедника // Тр. Центр.-Чернозём. заповед. – Курск, 1957, вып. 4. – С. 110-173.
10. Еленевский А.Г., Радыгина В.И., Чаадаева Н.Н. Растения Белгородской области (конспект флоры). М.: МПГУ, 2004. 119 с.
11. Гусев А.В. Распространение видов рода *STIPA* L. на территории Новооскольского района Белгородской области // Современные проблемы популяционной экологии: Материалы IX Международной науч.-практ. эколог. конф. г. Белгород, 2-5 октября 2006. – Белгород: Изд-во ПОЛИТЕРРА, 2006. – С. 48-49.
12. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Охраняемые растения планируемого природного парка «Ровеньской». Участок «Айдар» // Особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы и перспективы развития: Материалы VII Международной науч.-практ. конф. школьников. – п. Борисовка, 24 апреля 2008 г. – Белгород: Изд-во «Везелица», 2008. – С. 153-156.
13. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Охраняемые растения планируемого природного парка «Ровеньский», участок «Нагольное» // Особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы и перспективы развития: Материалы X Международной науч.-практ. конф. школьников. – п. Борисовка, 28 апреля 2011 г. – Белгород: Изд-во «Везелица», 2011. – С. 176-182.
14. Прозоровский Н.А. К изучению растительности Ямской степи. Курск: Изд-во Курского о-ва краеведения и госмузея. 1929. – 18 с.
15. Алёхин В.В. Растительность Курской губернии. – Курск. 1926. – 122 с.
16. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Флористические находки в восточных и юго-восточных районах Белгородской области // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013: Материалы межрегион. науч. конф. (г. Курск, 6 апреля 2013 г.). Курск, 2013. С. 16-20.
17. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Флора и растительность бассейна р. Чёрная Калитва (Алексеевский район, сс. Варваровка, Николаевка, Осадчее) // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2012: Материалы науч. конф. (г. Курск, 6 апреля 2012 г.). Курск: Курский гос. ун-т, 2012. С. 23-26.
18. Гусев А.В., Ермакова Е. И. Флора и растительность урочища Борки Валуйского района Белгородской области // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2008: Материалы науч. конф. – Курск, 2008. – С. 29-31
19. Гусев А.В. Охраняемые виды во флоре Белгородской области // XII съезд русского ботанического общества. Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Материалы Всероссийской конф. (Петрозаводск, 22-27 сентября 2008 г.) Ч. 3. – Петрозаводск, 2008. – С. 341-344.
20. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Флора верховьев р. Холок. Урочище Гороженное (Корочанский район Белгородской области) // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013: Материалы межрегион. науч. конф. (г. Курск, 6 апреля 2013 г.). Курск, 2013. С. 20-23.
21. Гусев А.В. Флористические особенности урочища Калиновское // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2006: Материалы науч. конф. – Курск, 2006. – С. 12-13.
22. Гусев А.В. Флора правобережья реки Холок в окрестностях с. Велико-Михайловка (Новооскольский район Белгородской области) // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2012: Материалы науч. конф. (г. Курск, 6 апреля 2012 г.). Курск: Курский гос. ун-т, 2012. С. 29-32.
23. Гусев А.В. Флора левобережья р. Холок. Окрестности сёл Тростенец и Василь-Дол (Новооскольский район Белгородской области) // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2013: Материалы межрегион. науч. конф. (г. Курск, 6 апреля 2013 г.). Курск, 2013. С. 12-15.
24. Гусев А.В. Флора левобережья р. Холок в окрестностях с. Малое Городище (Новооскольский район Белгородской области) // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2012: Материалы науч. конф. (г. Курск, 6 апреля 2012 г.). Курск: Курский гос. ун-т, 2012. С. 26-29.
25. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Охраняемые растения планируемого природного парка «Ровеньской». Участок «Сарма» // Особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы и перспективы развития: Материалы VII Международной науч.-практ. конф. школьников. – п. Борисовка, 24 апреля 2008 г. – Белгород: Изд-во «Везелица», 2008. – С. 156-159.
26. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Флора окрестностей с. Маломихайловка Шебекинского района Белгородской области // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2007: Материалы науч. конф. – Курск, 2006. – С. 11-12.
27. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 600 с.
28. Гусев А.В. К вопросу о мониторинге растений Красной книги Белгородской области // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2007: Материалы науч. конф. – Курск, 2007. – С. 9-11.
29. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Природный комплекс «Верховья ручья Сосна» – перспективная ООПТ муниципального значения. (Красногвардейский район) // Особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы и перспективы развития: Материалы XI Международной науч.-практ. конф. школьников. – п. Борисовка, 26 апреля 2012 г. – Белгород: Изд-во «Везелица», 2012. – С. 216-225.
30. Гусев А.В. Виды Красной книги РФ в составе степных участков восточной части Белгородской области // Степи Северной Евразии: Материалы V международного симпозиума / Под научной редакцией члена-корреспондента РАН А.А. Чибилёва. – Оренбург: ИПК «Газпромнефть» ООО «Оренбурггазпромсервис», 2009. – С. 254-256.
31. Золотухин Н.И., Золотухина И.Б., Филатова Т.Д., Рыжкова Г.А. Редкие степные растения на заповедном участке Стенки-Изгорья (Белгородская область) // Проблемы реликтов среднерусской лесостепи в биологии и ландшафтной географии: Материалы науч. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения С.В. Голицына. – Воронеж, 1997. – с. 29-34.



32. Гусев А.В. *IRIS APHYLLA* L., *IRIS PUMILA* L. S. I – перспективные декоративные виды // Фитодизайн в современных условиях: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Белгород, 14-17 июня 2010 г. / под ред. В.К. Тохтарь, В.Н. Сорокопудова. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2010. – С. 91-94.
33. Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой исчезновения (подписана 3 марта 1973 г. в г. Вашингтоне) // СИТЕС в России. – Нижний Новгород, 1995. – Вып. 5: Охрана живой природы. – С. 6-52.
34. Гусев А.В., Гарнат А.В., Федотов А.Н. Нахождение *Cypripedium calceolus* L. и других редких растений в Новооскольском районе // Экологическая безопасность и здоровье людей в XXI веке: Материалы VI Всероссийской науч. – практ. конф., – 10-12 окт. 2000 г. – Белгород, 2000. – С. 33-34.
35. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Урочище Подвислое – ООПТ муниципального значения в Новооскольском районе Белгородской области // Особо охраняемые природные территории: состояние, проблемы и перспективы развития: Материалы IX Международной науч.-практ. конф. школьников. – п. Борисовка, 22 апреля 2010 г. – Белгород: Изд-во «Везелица», 2010. – С. 135-138.
36. Гусев А.В. Флористические находки в Белгородской области (Валуйский и Ровеньский районы) // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2009: Материалы науч. конф. (г. Курск, 27 марта 2009 г.) – Курск: Курский гос. ун-т, 2009. – С. 23-25.
37. Губанов И.А., Киселёва В.К., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 2. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). – М.: – М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2003. – 583 с.
38. Гусев А.В., Ермакова Е.И. Восстановление локальных популяций *PAEONIA TENUIFOLIA* L. на территории Новооскольского района путём реинтродукции // Современные проблемы популяционной экологии: Материалы IX Международной науч.-практ. эколог. конф. г. Белгород, 2-5 октября 2006. – Белгород: Изд-во ПОЛИТЕРРА, 2006. – С. 49-50.
39. Гусев А.В., Ермакова Е.И. *Lathyrus venetus* (Mill.) Wohlf. в Белгородской области // Современное состояние, проблемы и перспективы региональных ботанических исследований: Материалы Международной науч. конф. (г. Воронеж, 6-7 февраля 2008 г.). – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2008. – С. 91-92.
40. Красная книга СССР. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений : в 2 т. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Лесн. пром-сть, 1984. – Т. 2. – 480 с.
41. Гусев А.В., Ермакова Е. И. Флора урочища «Ровеньский Яр» (Правобережье р. Айдар в окрестностях посёлка Ровеньки) // Флора и растительность Центрального Черноземья – 2009: Материалы науч. конф. (г. Курск, 27 марта 2009 г.) – Курск: Курский гос. ун-т, 2009. – С. 25-27.
42. Губанов И.А., Киселёва В.К., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 3. Покрытосеменные (двудольные: раздельнолепестные). – М.: Т-во научных изданий КМК, Ин-т технологических исследований, 2004. – 520 с.
43. Камышев Н.С. Список эндемичных и редких растений Центрального Черноземья, подлежащих охране // Охрана и рациональное использование биологических ресурсов Центрально-Чернозёмной полосы. – Воронеж, 1973. – С. 2-11.
44. Золотухин Н.И., Золотухина И.Б. Сосудистые растения // Тр. Центр.-Чернозём. заповед. – М. 1995, вып. 14. Природа Лысых Гор – нового заповедного участка в Белгородской области. – С. 29-44.
45. Гусев А.В., Ермакова Е.И. *Cephalaria litwinowii* Vobrov в Белгородской области // Современное состояние, проблемы и перспективы региональных ботанических исследований: Материалы Международной науч. конф. (г. Воронеж, 6-7 февраля 2008 г.). – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2008. – С. 82-83.

THE SPECIES OF THE RED LIST OF RUSSIAN FEDERATION IN FLORA OF THE BELGOROD REGION (MATERIALS FOR THE NEW EDITION OF THE RED LIST OF THE BELGOROD REGION)

A.V. Gusev

The Station of Young Naturalists, 32
Volodarsky St, Novy Oskol, 309640,
Russia

E-mail: sun@edunoskol.ru

There are stated data on distribution, features of ecology, occurrence, number and condition of local populations of vascular plants of the Red List Russian Federation, growing within the territory of the Belgorod region.

Key words: Red List, status, category, distribution, features of ecology and number.



УДК 632.7:632.4:635.9

ЭНТОМО-ФИТОПАТОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ КОЛЛЕКЦИИ РАСТЕНИЙ РОДА *RHODODENDRON* L. В БОТАНИЧЕСКОМ САДУ ИМЕНИ АКАД. А.В. ФОМИНА КИЕВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ ТАРАСА ШЕВЧЕНКО

**В.П. Ковальчук,
П.Я. Чумак**

Ботанический сад имени академика А.В. Фомина Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Украина, 01032, г. Киев, ул. С. Петлюры, 1

E-mail: chumakp@i.ua

Изложены результаты мониторинга вредителей и болезней растений рода *Rhododendron* L., в условиях Ботанического сада имени акад. А.В. Фомина. Приводится их описание и вредоносность. Новыми для Украины являются *Pealius rhododendri* Baker & Moles и *Aculops* sp. Наиболее вредоносными были *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouche, *Myzodes persicae* Sulz., *Microsphaera azaleae* U.Braun и *Phytophthora cinnamomi* Rands.

Ключевые слова: *Rhododendron* L., вредители, болезни, вредоносность.

Введение

Род *Rhododendron* L. – один из древнейших и крупнейших в семействе Ericaceae Juss. Интерес к интродукции и введение в культуру рододендронов возник из-за их высокой декоративности в период цветения. Наиболее крупные коллекции рододендронов в бывшем СССР были собраны в Риге, Москве, Таллине, Минске, Батуми. В Ботаническом саду имени академика А.В. Фомина Киевского национального университета имени Тараса Шевченко коллекция растений рода *Rhododendron* L. в настоящее время представлена 158 видами. Долговечность и декоративность рододендронов часто снижается вследствие повреждения их вредителями и возбудителями различных заболеваний. Комплексное изучение видового состава энтомофауны и патогенной микрофлоры необходимо для успешного культивирования растений рода *Rhododendron* L.

В бывшем СССР на рододендронах зарегистрировано более 20 видов вредителей и около 50 видов возбудителей болезней [1–5].

Целью работы было изучение видового состава энтомофауны и патогенной микрофлоры растений рода *Rhododendron* L. в условиях Ботанического сада имени академика А.В. Фомина.

Объекты и методика

Материалом для исследования служили растения рода *Rhododendron* L., произрастающие на участках Ботанического сада имени академика А.В. Фомина. Обследование растений проводили маршрутным методом с апреля по ноябрь, с периодичностью 7–10 дней. Визуальный обзор растений и сбор материала осуществляли в соответствии с принятыми методиками [6–8]. При этом были зарегистрированы симптомы и динамика развития болезней, выделена и идентифицирована патогенная микрофлора, собраны насекомые и образцы поврежденных ими растений.

Результаты и их обсуждение

В результате мониторинга были выявлены наиболее вредоносные вредители и патогены, представленные в таблице.

Таблица

Видовой состав вредных организмов на рододендронах в Ботаническом саду имени академика А.В. Фомина Киевского национального университета имени Тараса Шевченко (2009–2012 гг.)

Вид	Закрытый или открытый грунт	Частота выявления вида			
		2009	2010	2011	2012
1	2	3	4	5	6
<i>Heliothrips haemorrhoidalis</i> Bouche	открытый	-	-	-	-
	закрытый	Ч	Ч	Ч	Ч
<i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westw.	открытый	-	-	-	-
	закрытый	П	П	П	П
<i>Pealius rhododendri</i> Baker & Moles	открытый	Р	Р	Р	Р
	закрытый	-	-	-	-



Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6
<i>Otiorrhynchus sulcatus</i> F.	открытый	Р	Р	Р	Р
	закрытый	-	-	-	-
<i>Megachile centuncularis</i> L.	открытый	Ч	Ч	Ч	Ч
	закрытый	-	-	-	-
<i>Myzodes persicae</i> Sulz.	открытый	-	-	-	-
	закрытый	Р	Р	Р	Р
<i>Pseudococcus obscurus</i> Essig.	открытый	-	-	-	-
	закрытый	Ч	Ч	Ч	Ч
<i>Polyphagotarsonemus pallidus</i> Banks.	открытый	-	-	-	-
	закрытый	П	П	П	П
<i>Aculops</i> sp.	открытый	Ч	Ч	Ч	Ч
	закрытый	-	-	-	-
<i>Microsphaera azaleae</i> U. Braun	открытый	П	П	П	П
	закрытый	Ч	Ч	Ч	Ч
<i>Phytophthora cinnamoni</i> Rands	открытый	Р	Р	Р	Р
	закрытый	Ч	Ч	Ч	Ч
<i>Rhododendron mosaic virus</i>	открытый	Р	Р	Р	Р
	закрытый	-	-	-	-

Примечание: Р – редко, Ч – часто, П – постоянно

Трипс оранжерейный (*Heliothrips haemorrhoidalis* Bouche). Вредит сеянцам в закрытом грунте. Вызывает обесцвечивание и пожелтение листьев, сильное отставание растений в росте. Кроме того, вредитель загрязняет листья экскрементами.

Взрослые и личинки насекомого ведут скученный образ жизни. В условиях теплиц трипс развивается в течение всего года, давая 3–4 поколения. Развитие яйца 10–18 дней, личинка – 12–20 дней. Весь цикл от яйца до взрослой особи при оптимальных условиях длится около 30 дней. Самка откладывает 22–25 яиц. Трипс поселяется на более чем 100 видах растений – в условиях Ботанического сада. Сильно вредит сеянцам листопадных видов рододендронов (*Rhododendron luteum* Sweet, *Rhododendron japonicum* (A. Gray) Suring, *Rhododendron nudiflorum* (L.) Torr.).

Белокрылка оранжерейная (*Trialeurodes vaporariorum* Westw.) Вредит в основном сеянцам в закрытом грунте. Личинки поселяются на нижней стороне листьев, высасывают сок и вызывают ослабление растений. При высокой плотности вредителя на листьях появляются хлоротичные пятна и признаки мозаики. Листья желтеют. Личинки в процессе развития выделяют много сладкой пади, на которой развиваются сажистые грибы [12].

Взрослое крылатое насекомое светло-желтое, крылья белые, опыленные восковым налетом. Размер самки 1.0–1.5 мм, самца – 0.9 мм. Яйца (0.25 мм) откладываются на нижнюю сторону листьев. Первоначально яйца зеленовато-желтого цвета, спустя 8–10 дней приобретают черную окраску. Считается, что этим они отличаются от яиц табачной белокрылки – *Bemisia tabaci*, которая является опасным карантинным вредителем. Личинки плоские, овальные, с шипиками. Только что вышедшие из яиц личинки около 0.3 мм длины, имеют ноги и антенны. После того, как они присасываются к листу, у особей атрофируются антенны и ноги. С момента, когда на теле личинки видны красные глаза они именуется куколкой или пупарием. Зеленовато-белый пупарий покрыт восковым налетом и имеет 5–8 длинных восковых нитей [12].

Самка откладывает яйца группами, как правило, в форме круга. Плодовитость зависит от температурных условий, кормового растения и колеблется в пределах 30–500 яиц. Развитие яиц при оптимальных условиях (20–22°C и относительной влажности воздуха 70–80%) длится 11–14 дней. Продолжительность развития одной генерации – 32 (при +18°C) – 23 (при +27°C) дня. В закрытом грунте проходит 10–12 генераций вредителя. Вредоносность белокрылки заключается не только в том, что она повреждает более чем 300 видов растений из 80 семейств, а на сладких выделениях развивается комплекс сапрофитных грибов (чернь) но и в том, что она способна к передаче многих вирусных заболеваний растений [12].

Белокрылка рододендровая (*Pealius rhododendri* Baker & Moles). Вредит в открытом грунте. Новый вредитель рододендронов в Украине. Белокрылка завезена на крупномерных растениях рододендронов с питомников Европы. За вегетационный период образует одно поколение. Зимуют личинки старших возрастов.

Долгоносик бороздчатый (*Otiorrhynchus sulcatus* F.). Вредит на участках в открытом грунте. Жуки объедают с краев листья, иногда выедают почки, обгладывают кору. Личинки развиваются в почве и обгрызают корни, отчего растения увядают.

Пчела-листорез (*Megachile centuncularis* L.). Вредит в открытом грунте. Пчела вырезает правильные полукруглые части краев листьев. Растения теряют декоративную ценность. Следует отметить, что ни взрослая пчела ни ее личики не питаются на рододендронах непосредственно. Взрослая пчела, как и положено, питается нектаром, а листья она вырезает для личинок. Вырезанными кусочками листьев она набивает гнездовую камеру и откладывает яйцо.

Тело взрослой пчелы длиной 7–11 мм, черное с серыми волосками, брюшко с 4 белыми (самец) или желтыми (самка) перевязями. Отличается от других близких сородичей, например, осмий (*Osmia* L.) отсутствием подушечки между коготками [12].

Тля оранжереяная (*Myzodes persicae* Sulz.). Вредит как в открытом, так и закрытом грунте. Взрослые тли и их личинки повреждают молодые побеги и листья, высасывая из них соки. Листья желтеют, скручиваются. На растениях встречаются одновременно бескрылые и крылатые особи тли. Бескрылая самка овально-яйцевидная, светло-розовая или желто-зеленая; 1.5–2.5 мм длины. Лоб немного выпуклый. Глаза буро-красные. Усиковые бугры высокие, образуют лобный бугорок. Усики короче тела, светлее тела, затемнены только суставы 5-го членика и основание шпика. Шпик 6-го членика в 4–6 раз длиннее основания этого членика. Трубочки светлее тела, цилиндрические или слегка вздуты и затемнены на концах. Хвостик конический, вдвое короче трубочек [12].

Крылатая самка на верхней стороне брюшка имеет центральное пятно черного цвета. Голова и груди черные. Усики примерно равны длине тела или немного больше. Длина 3-го членика усика примерно равна длине шпика 6-го членика. На 3-м членике усика 11–13 ринарий, расположенных в ряд. Длина трубочек равна длине хоботка [12].

Тля повреждает более 400 видов растений, переносит более 100 вирусов. При питании выделяет падь, на которой развиваются сажистые грибы (чернь) [12].

Червец приморский мучнистый (*Pseudococcus obscurus* Essig.). При массовом размножении вызывает искривление листьев. Развивается на листьях с нижней стороны. Тело покрыто белым мучнистым порошком. Встречается в оранжереях и теплицах на сеянцах многих растений. Сильно повреждает сеянцы *Rhododendron japonicum* (A. Gray) Suring., *Rhododendron luteum* Sweet.

Клещ цикламеновый (*Polyphagotarsonemus pallidus* Banks.). Вредит в открытом закрытом грунте. Взрослые клещи и их личинки, заселяя молодые листочки и почки растений, вызывают морщинистость, искривление листьев и точку роста растений. Взрослые клещи беловато-желтые, продолговато-овальные, очень мелкие (длина тела самок 0.2–0.25 мм, самцы в 1.5 раза меньше). В закрытом грунте размножается непрерывно, продолжительность развития от яйца до взрослого клеща – 25–30 дней. Сильно вредит *Rhododendron japonicum* (A. Gray) Suring.

Клещ акулос рододендровый (*Aculops* sp.). Вредит в открытом грунте *Rh. japonicum* (Gray) Suringar., *Rh. obtusum* (Lindl.) Planch. Тело червеобразное, почти равнокольчатое, 0.12–0.15 мм длины, от белого до бледно-желтого цвета. Дорсальный щиток треугольный, козырек выступает за ротовые органы. Вредитель откладывает яйца (до 30 шт.) на нижней стороне молодых листьев, преимущественно возле их центральной жилки. При сильном повреждении молодые листья сворачиваются в середину, становятся ломкими и опадают. При температуре +20–25°C полный цикл развития клеща длится 10–12 дней. За лето в условиях г. Киева может дать 6–8 генераций. Но при повышении температуры до +30–32°C и снижении влажности воздуха развитие клеща приостанавливается. Поэтому, как правило, отмечается меньшее количество поколений этого клеща. Во второй половине августа в колониях клеща наблюдаются диапаузирующие самки, которые прячутся в почках растений.

Среди патогенных возбудителей болезней рододендронов преобладают грибы. По литературным данным рододендроны поражаются более 200 видами грибов [9].

Мучнистая роса (*Microsphaera azaleae* U. Braun). Очень вредоносная болезнь рододендронов, которая в Европе появилась в 2000 году, а на территории Украины зафиксирована в 2002 году [10]. На сегодняшний день на территории Украины этому заболеванию подвержено 7 видов рододендронов: *Rhododendron 'Arthur Bedford'*, *Rh. bureavioides* Balf. f., *Rh. hybridum* Ker-Gawl, *Rh. luteum* Sweet, *Rh. nudiflorum* (L.) Torr., *Rh. japonicum* (A. Gray) Suringar, *Rh. molle* (Blume) G. Don. Следует отметить, что приведенные виды рододендронов относятся к разным жизненным формам: вечнозеленым и листопадным. Вредоносность мучнистой росы на растениях, заключается в том, что листья теряют частично или полностью способность к ассимиляции, приобретают бурый цвет и преждевременно опадают. Пораженные побеги отстают в росте, преждевременно теряют листву. Побеги не вызревают и могут подмерзнуть. Значительно снижается репродуктивная способность и декоративные свойства рододендронов [11].

Фитофтороз рододендронов (*Phytophthora cinnamomi* Rands) проявляется в виде корневой гнили и отмирания побегов. От фитофтороза страдают не только рододендроны, но практически все культурные растения [6]. Первые симптомы появляются уже весной.

Может проявляться на всех стадиях развития рододендронов – от сеянцев до взрослых растений. У зараженных кустов почки распускаются позже, листья теряют интенсивность окраски, постепенно отмирают боковые побеги. У вечнозелёных рододендронов появляются



признаки увядания, при этом вянут листья на концах верхних побегов куста, позже отмирают и сами побеги. Взрослые листья бледнеют, теряют тургор, скручиваются, становятся коричневыми и засыхают, но не опадают. Некроз обычно начинается у основания листовой пластинки, а затем идет вдоль средней жилки по направлению к верхушке листа. Черешок и средняя жилка становятся темно-бурыми. Если сделать поперечный срез побегов видно, что слой камбия имеет бурый цвет. Заражение грибом корневой гнили происходит в почве, где грибок находится в виде спор или мицелия на остатках растений. Особенно благоприятные условия для развития этого гриба создаются при температуре +6–12°C и уплотненной почве. Если не принимаются меры борьбы с этим заболеванием, растения погибают.

Вирусная мозаика рододендронов (*Rhododendron mosaic virus*). Поражает растения как открытого, так и закрытого грунта. Болезнь проявляется мозаичными пятнами и вздутием, также может наблюдаться общий хлороз всего растения. Листовая пластинка (особенно молодых растений) слегка деформируется. Через некоторое время на них появляются некротизированные участки. Растения отстают в росте, закладывают меньше бутонов, чем здоровые. Отдельные бутоны значительно деформированы, не развиваются, некротизируются и опадают. Растения теряют декоративную ценность.

Выводы

1. На рододендронах в Ботаническом саду имени академика А.В. Фомина Киевского национального университета имени Тараса Шевченко выявлено 8 видов вредителей (*Heliothrips haemorrhoidalis* Bouche, *Trialeurodes vaporariorum* Westw., *Pealius rhododendri* Baker & Moles, *Otiorrhynchus sulcatus* F., *Megachile centuncularis* L., *Myzodes persicae* Sulz., *Pseudococcus obscurus* Essig., *Polyphagotarsonemus pallidus* Banks., *Aculops* sp.), два вида грибов (*Microsphaera azaleae* U. Braun, *Phytophthora cinnamoni* Rands) и *Rhododendron mosaic virus*. Впервые зарегистрировано *Pealius rhododendri* Baker & Moles и *Aculops* sp.

2. Наиболее вредоносными были *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouche, *Myzodes persicae* Sulz., *Microsphaera azaleae* U. Braun и *Phytophthora cinnamoni* Rands.

Список литературы

1. Гусев В.И., Римский-Корсаков М.Н. Определитель повреждений лесных и декоративных деревьев и кустарников Европейской части СССР. – М.: Гослесбумиздат, 1951. – 580 с.
2. Kondratovicz R. Rododendri. – Riga, 1965. – 122 pp.
3. Rupais A., Kalnina V. Krasnumaugu aizsardzibas rokasgramata. – Riga: Liesma, 1979. – 302 pp.
4. Ботановский И.Е. Культура рододендронов в Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1981. – 96 с.
5. Вредители и болезни цветочно-декоративных растений / Ю.В. Синадский, И.Т. Корнеева, И.Б. Добровичская и др. – М.: Наука, 1982. – 592 с.
6. Фитопатология / П.Н. Головин, М.В. Арсенева, З.Н. Халева, З.И. Шестиперова. – Л.: Колос, 1971. – 360 с.
7. Дементьева М.И. Фитопатология. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Колос, 1977. – 368 с.
8. Гелюта В.П. Флора грибов Украины. Мучнисторосяные грибы. – К.: Наук. думка, 1989. – 256 с.
9. Fungi on plants and plant products in the United States / D.F. Farr, F.G. Bills, G.P. Chamuris, E.V. Rossman. – St. Paul: APS press, 1989. – 1252 pp.
10. Гелюта В.П., Войтюк С.О., Чумак П.Я. *Microsphaera azaleae* U. Braun – новый для Украины вид борошнисторосяного гриба (Erysiphales) // Укр. ботан. журн. – 2004. – Т. 61; №2. – С. 27–33.
11. Ковальчук В.П. Вплив борошнисторосяного гриба *Microsphaera azaleae* U. Braun на ріст і репродуктивність рододендронів серії Azaleae в умовах Ботанічного саду ім. акад. О.В. Фоміна // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Інтродукція та збереження рослинного різноманіття. – 2007. – Вип. 11. – С.64–65.
12. Терезникова Е.М., Чумак П.Я. Защита цветочно-декоративных растений от вредителей. – М.: Агропромиздат, 1989. – 127 с.

ENTOMO-PHYTOPATHOLOGICAL STATE OF COLLECTION OF PLANTS OF THE GENUS *RHODODENDRON* L. IN THE A.V. FOMIN BOTANICAL GARDEN

**V.P. Kovalchuk,
P.Ya. Chumak**

A.V. Fomin Botanical Garden of Taras Shevchenko Kyiv National University, Ukraine, Kyiv, 1 S. Petlyura St, Kyiv, 01032, Ukraine

E-mail: chumakp@i.ua

The results of monitoring of the pests and diseases of plants of the genus *Rhododendron* L. under the conditions of the A.V. Fomin Botanical Garden are given. There are represented their description and injuriousness. *Pealius rhododendri* Baker & Moles and *Aculops* sp. are new for Ukraine. The most harmful were *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouche, *Myzodes persicae* Sulz., *Microsphaera azaleae* U. Braun and *Phytophthora cinnamoni* Rands.

Key words: *Rhododendron*, pests, diseases, injuriousness.

УДК 582.28 (477.75): 633.81 + 633.88

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАЗВИТИЕ ГРИБОВ ОТДЕЛА *Basidiomycetes* НА АРОМАТИЧЕСКИХ И ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ

Н.С. Овчаренко

*Никитский ботанический сад –
Национальный научный центр.
Отдел новых ароматических
и лекарственных культур,
пгт. Никита, г. Ялта, 98648, АР Крым,
Украина
E-mail: Nadezhda_Ovcharenko@mail.ru*

В статье приведены результаты исследований влияния климатических факторов на развитие грибов отдела *Basidiomycetes*, обнаруженных на ароматических и лекарственных растениях коллекции Никитского ботанического сада (Южный берег Крыма). Проведен анализ корреляционных связей между температурой воздуха, его влажностью, количеством осадков и интенсивностью развития ржавчинных грибов.

Ключевые слова: ароматические и лекарственные растения, ржавчинные грибы, температура воздуха, влажность воздуха, количество осадков, интенсивность развития гриба.

Введение

Эфиромасличные и лекарственные растения всегда являлись важным природным ресурсом, необходимым человеку. В связи с возрастанием потребностей в эфирном масле и качественном лекарственном сырье необходимо промышленное выращивание эфиромасличных и лекарственных растений. Природные условия Крыма позволяют успешно выращивать и интродуцировать многие виды ценных эфиромасличных и лекарственных растений. Наиболее крупным научным центром является Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, обладающий многочисленной коллекцией видов и сортов эфиромасличных и лекарственных растений. Одной из основных проблем при промышленном выращивании растений являются болезни растений, вызванные патогенными грибами. Современная наука доказала, что растения и грибы представляют собой эволюционно сложившуюся структурно-функциональную часть консорции, основанную на консортивных связях. Изменения в этой структуре зависят от влияния внешних факторов. Следовательно, те признаки нарушения функционального единства и гармонии этой системы, которые мы называем болезнью, являются результатом негативного влияния на эту систему факторов окружающей среды. Ни один фактор не действует сам по себе, но всегда в комплексе с другими факторами [1–3]. Растения и консортивно связанные с ними грибы являются только небольшой частью консорции, испытывающие воздействие других членов консорции, на которых также действуют факторы внешней среды. Все это усложняет точное определение воздействия какого-либо одного фактора. Подобное влияние легче всего определить на примере таких факторов, как температура, влажность воздуха и количество осадков. Влияние погодных условий на развитие грибов на растениях давно привлекало внимание ученых [4–8]. Несмотря на это, вопрос о влиянии метеорологических факторов на развитие того или иного гриба-консорта остается открытым почти для всех видов эфиромасличных и лекарственных растений Крыма. В связи с этим было проведено исследование сезонного развития и влияния климатических условий на развитие грибов-консортов из отдела *Basidiomycetes*.

Материалы и методы

Цель исследования – установить корреляционные связи между развитием ржавчинных грибов и метеорологическими факторами (температурой и влажностью воздуха, количеством осадков)

Объектом исследования являлись ржавчинные грибы-консорты эфиромасличных и лекарственных растений.

Исследования проводились в течение 2008–2011 гг. в Никитском ботаническом саду. Мониторинг растений осуществлялся весь вегетационный период растений.

Основные критерии, по которым производилась оценка развития гриба, это интенсивность развития и распространенность, рассчитанные по общепринятым стандартным методикам [9–11].

Обследование растений проводилось с отбором микологических образцов, определением распространенности гриба и установлением интенсивности его развития на растении. Для определения вида гриба применялась методика приготовления временных препаратов. При



определении вида гриба и стадии его развития использовались справочные пособия [12]. Видовые названия грибов приведены в соответствии с международной сводкой Index fungorum [13].

Для установления влияния климатических факторов на развитие грибов-консортов проводились наблюдения за сезонным развитием растений и грибов. Изучалось влияние на развитие грибов трех метеофакторов: температуры, влажности воздуха и осадков. Данные были предоставлены метеостанцией Никитского ботанического сада.

Для исследования использовались показатели среднемесячной температуры (T_{cp}), среднемесячного количества осадков (O_{cp}), и влажности воздуха (V_{cp}), а также распространенность гриба на растении (P). Данные обрабатывались с помощью программы Statistica 8. Для установления зависимости между метеоданными и развитием грибов использовался непараметрический критерий Спирмена [14–15]. В течение 2008–2011 гг. наблюдалось изменение среднегодовых температурных показателей, влажности воздуха, но особенно сильные изменения были зафиксированы для количества осадков (табл.).

Таблица

Среднегодовые климатические показатели 2008–2011 гг. по данным метеостанции Никитского ботанического сада (Южный берег Крыма)

Годы	Температура, С°	Влажность, %	Осадки, мм	
			Среднегодовой показатель	Сумма за год
2008	13.2±0.66	68.1±2.52	34.5±7.02	414.3
2009	13.7±0.61	68.3±2.31	62.8±3.12	753.5
2010	14.5±0.72	68.7±2.82	69.35±3.74	832.2
2011	12.5±0.56	68.6±2.46	37.4±1.87	449.1

Результаты и обсуждение

В ходе работы были выявлены виды растений, наиболее подверженных развитию ржавчинных грибов. Это виды: семейство Asteraceae: *Artemisia balchanorum* Krasch. (*Puccinia chrysanthemi* Rose.), *Tanacetum vulgare* (*Puccinia tanacetii* DC.); семейство Rosaceae: *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. (*Phragmidium fragariae* G. Winter.), *Sanguisorba officinalis* L. (*Phragmidium sanguisorbae* (DC.) J. Schrot.).

Установлено наличие корреляционных связей между климатическими факторами и развитием грибов. В течение 2008–2011 гг. наблюдалось не только изменение климатических показателей, но и изменение корреляционной зависимости между данными.

Развитие *Puccinia chrysanthemi* на *Artemisia balchanorum*.

Первые признаки развития гриба фиксируются в мае–июне, когда растение образует достаточную вегетативную массу. В июне встречаются единичные эцидиоспорангии, которые быстро сменяются уредоспорангиями. В течение месяца происходит дальнейшее отрастание побегов растения, образование новых листьев и интенсивное развитие *P. chrysanthemi*. К июлю распространенность достигает 30–50%. В августе, когда растения переходят в фазу «бутонизация», интенсивность развития *P. chrysanthemi* достигает 4 баллов при распространенности заболелания 50–70%. Пустулы гриба занимают почти все листья и побеги *A. balchanorum*. В конце августа – сентябре в фазе «цветение» на растении образуются телейтопустулы, распространенность гриба достигает 100%, гриб распространяется на листья, побеги, соцветия. В период плодоношения *A. balchanorum* развитие гриба достигает максимальных значений. После окончания вегетации и отмирания побегов, на сухих ветках сохраняется большое количество телейтопустул, которые остаются на растении в течение зимы. На следующий год цикл развития повторяется [11].

Влияние температуры на развитие *Puccinia chrysanthemi*.

Развитие *P. chrysanthemi* за период наблюдений 2010 и 2011 гг. практически одинаково. В 2009 г. развитие гриба было более плавным, чем в остальные годы. В 2008 г. первые признаки *P. chrysanthemi* появились так же поздно, как и в 2009 г., что может быть связано с физиологическими особенностями самого растения. За исследуемый период была установлена увеличивающаяся положительная корреляционная зависимость между температурой и развитием *P. chrysanthemi*, что согласуется с повышением температуры за период 2008–2010 гг. ($r=0.3-0.58$; $p \leq 0.05$). В 2011 г. наблюдалось снижение температуры, также происходило и снижение корреляционной зависимости между температурой и развитием гриба ($r=0.54$; $p \leq 0.01$).

Влияние влажности воздуха на развитие *Puccinia chrysanthemi*.

За период 2008–2011 гг. наблюдалась обратная корреляционная зависимость между развитием гриба и влажностью воздуха. Ее значения за этот период возросли в 1–7 раза (2008 г.: $r=-0.33$; $p \geq 0.05$, 2009 г.: $r=-0.24$; $p \leq 0.05$; 2010 г.: $r=-0.38$; $p \geq 0.05$; 2011 г.: $r=-0.57$; $p \geq 0.05$). То есть, чем больше влажность, тем ниже интенсивность развития гриба-консорта.

Влияние осадков на развитие *Puccinia chrysanthemi*.

Для растения *Artemisia balchanorum* в 2008–2010 гг. установлена небольшая недостоверная корреляция между количеством осадков и развитием гриба-консорта ($r=0.07-0.12$, $p \geq 0.05$). В 2011 г. произошло изменение знака зависимости с «+» на «-» ($r=-0.47$).

Полученные результаты свидетельствуют о хорошем приспособлении растения к засушливым условиям местообитания, что согласуется с литературными данными [16].

Развитие *Puccinia tanacetii* на растении *Tanacetum vulgare*.

Исследование *P. tanacetii* проводилось только в 2008–2010 гг., в 2011 г. признаки проявления гриба не зафиксированы. Начальные стадии развития *P. tanacetii* появляются весной, когда растение начинает интенсивный рост. На листьях с нижней стороны появляются единичные мелкие эцидиопустулы гриба. Со временем они разрастаются, занимая всю большую площадь листовой пластинки, переходят на черешок и стебель. Летом эцидиостадия заменяется уредо-, а в августе – телейтостадией [11].

В июле, когда растение цветет и плодоносит, развитие гриба достигает максимальных значений. По окончании вегетации растения телейтопустулы гриба остаются на сухих побегах и стеблях.

Влияние температуры на развитие *Puccinia tanacetii*.

За период 2008–2011 гг. развитие *P. tanacetii* было отмечено только в течение первых 3-х лет. В 2008 г. было зафиксировано раннее проявление первых признаков гриба. Интенсивность развития гриба в начале вегетации была минимальной, но уже к июлю интенсивность достигает 4-х баллов. Такая же картина развития наблюдалась и в 2010 г., но темп его распространения был более резкий по сравнению с 2008 г. В 2008 и в 2010 г. была отмечена высокая положительная корреляционная зависимость между развитием *P. tanacetii* и температурой ($r=0.46-0.66$; $p \leq 0.05$). Если сравнивать корреляционные значения этих лет, то наибольшая корреляционная зависимость была зафиксирована в 2010 г., когда наблюдалось увеличение температуры. В 2009 г. развитие *P. tanacetii* началось позже и характеризовалось относительно медленным темпом; корреляция между развитием гриба и температурными показателями здесь была невысока ($r=0.14$; $p \geq 0.05$). Максимальное развитие *P. tanacetii* в этот год было невысоким и не превышало 50%.

Влияние влажности воздуха на развитие *Puccinia tanacetii*.

При исследовании влияния влажности на развитие гриба была установлена положительная корреляционная связь между влажностью и развитием *P. tanacetii* (2008 г.: $r=-0.49$; 2009 г.: $r=0.12$; 2010 г.: $r=-0.4$; $p \geq 0.05$). Самая высокая и достоверная зависимость ($r=0.66$; $p \leq 0.05$) наблюдалась в 2011 г., когда было зафиксировано увеличение влажности воздуха. То есть, чем выше влажность воздуха, тем сильнее происходит развитие гриба, низкие показатели влажности не оказывают существенного влияния на его развитие.

Влияние осадков на развитие *Puccinia tanacetii* на *Tanacetum vulgare*.

Для *T. vulgare* корреляция между развитием гриба и количеством осадков практически отсутствовала ($r=-0.04-0.05$, $p \geq 0.05$).

Развитие *Phragmidium fragariae* на *Potentilla erecta*.

Развитие гриба начинается обычно в июне, с появлением нескольких малозаметных эцидио- и уредопустул, когда растение начинает цвести и плодоносить. Через месяц интенсивность развития гриба достигает 4 баллов, при этом почти вся нижняя часть листовой пластинки покрывается уредопустулами, которые переходят на стебли. В августе-сентябре происходит образование телейтопустул. Пораженные листья скручиваются, а затем увядают. При сильном распространении гриба растение теряет часть листьев и побегов, но на цветении и плодоношении растения это не отражается.

Влияние температуры на развитие *Phragmidium fragariae*.

Развитие гриба каждый год проходило практически одинаково: в апреле–мае появлялись первые признаки, а к июлю распространенность *Ph. fragariae* достигала 100%. Во все годы наблюдалась положительная недостоверная корреляционная связь между развитием *Ph. fragariae* и температурой, которая в 2008, 2010 и 2011 гг. была практически одинакова ($r=0.5$; $p \leq 0.05$), а в 2009 г. снизилась до $r=0.18$; $p \leq 0.05$. Отсутствие достоверных корреляционных связей при существенном изменении температуры за этот период может свидетельствовать о том, что температура не является ведущим фактором, стимулирующим развитие гриба.

Влияние влажности воздуха на развитие *Phragmidium fragariae*.

У *Potentilla erecta* наблюдается постоянная положительная недостоверная корреляционная связь между развитием гриба и влажностью воздуха. На развитие гриба влажность может оказывать влияние, которое выражается в прямой зависимости между развитием гриба *Ph. fragariae* и влажностью воздуха (2008 г.: $r=-0.5$; 2009 г.: $r=-0.06$; 2010 г.: $r=-0.35$; 2011 г.: $r=-0.5$; $p \geq 0.05$).



Влияние осадков на развитие *Phragmidium fragariae*.

Для *P. erecta* наблюдается незначительная положительная корреляционная зависимость между развитием *Ph. fragariae* и количеством осадков в 2009 и 2010 гг. ($r=0.12-0.17$; $p \geq 0.05$). В 2008 и 2011 гг. происходит изменение направленности корреляции, а также ее повышение.

Развитие *Phragmidium sanguisorbae* на *Sanguisorba officinalis*.

Первые признаки развития эцидио- и уредопустул гриба фиксируются уже в феврале, на молодых отрастающих листьях. Эти две стадии можно обнаружить на одном побеге, но на разновозрастных листьях, на нижней их стороне. Распространенность гриба в феврале-марте достигает уже 100%; на новых листьях и побегах сразу же образуются эцидио- и уредопустулы *Ph. sanguisorbae*. В мае растение начинает цвести, а к июню – плодоносить, в это время развитие гриба-консорта достигает максимальных значений. Интенсивность развития гриба в течение лета остается постоянной, и снижается только при образовании новых листьев и побегов. В течение вегетационного периода растение несколько раз цветет и плодоносит. В конце августа на побегах и листьях формируется телейтостадия, которая остается в течение зимы. На следующий год цикл развития повторяется [11].

Влияние температуры на развитие *Phragmidium sanguisorbae*.

Развитие гриба на *Sanguisorba officinalis* начинается очень рано, что связано с большим количеством телейтоустул, сохранившихся на неотмерших побегах. Весной, когда растение начинает активно вегетировать, интенсивность развития *Ph. sanguisorbae* снижается, но при этом повышается распространенность по растению. Снижение и повышение интенсивности развития *Ph. sanguisorbae* объясняется тем, что у растения в течение лета проводится несколько обрезок, и в это время происходит активное образование новых незараженных побегов. У *S. officinalis* наблюдается устойчивая корреляционная связь между температурой и развитием *Ph. sanguisorbae* которая меняется с отрицательной на положительную, по мере возрастания температуры (2008 г.: $r=-0.7$; $p \leq 0.05$; 2009 г.: $r=-0.86$; $p \leq 0.01$; 2010 г.: $r=0.76$; $p \leq 0.01$). В 2011 г. не наблюдалось изменения корреляционной зависимости при снижении температуры ($r=0.75$; $p \geq 0.05$), что может быть связано с более поздним развитием гриба, происшедшим при высоких летних температурах.

Влияние влажности на развитие гриба *Phragmidium sanguisorbae*.

Отмечается усиление развития гриба при недостатке влаги (2009 г.: $r=0.61$; $p \leq 0.01$; 2010 г.: $r=-0.65$; $p \leq 0.05$).

Влияние осадков на развитие *Phragmidium sanguisorbae*.

Достоверные корреляционные показатели наблюдались в 2009 г. ($r=0.61$; $p \leq 0.05$). В 2008 и 2010 гг. установлены снижение положительной зависимости ($r=0.53-0.29$, $p \leq 0.05$), а в 2001 г. – изменение ее на отрицательную ($r=-0.33$; $p \leq 0.05$).

Таким образом, с увеличением температуры наблюдалось увеличение корреляционной зависимости между температурой и развитием ржавчинных грибов и изменение ее знака с «-» на «+», то есть повышение температуры стимулирует развитие грибов, а понижение температуры снижает развитие. Наиболее высокая положительная корреляционная зависимость между этими двумя факторами наблюдалась в 2010 г., в году с наивысшими температурными показателями ($14.2 \pm 0.72^\circ\text{C}$). У некоторых растений эти закономерности наблюдались сильнее (*Artemisia balchanorum*, *Tanacetum vulgare*, *Sanguisorba officinalis*), у других практически отсутствовали (*Potentilla erecta*). Тем не менее, для каждого растения существуют свои особенности развития гриба.

Влажность воздуха является одним из наиболее важных факторов, влияющих на развитие грибов отдела Basidiomycetes. В период 2008–2011 годов у всех растений корреляция между развитием грибов и влажностью воздуха возрастала с 2008 до 2011 года, когда происходило незначительное увеличение влажности воздуха. При этом у некоторых видов растений характер связи изменяется с положительной на отрицательную. Самые высокие отрицательные значения были получены в 2010 и 2011 гг., когда была зарегистрирована самая высокая влажность воздуха.

Наибольшей чувствительностью к изменению количества осадков в течение года обладали мезофиты. Так, корреляционная связь с относительно высокой ($r=0.53$; $p \leq 0.05$) в 2008 г. (годовое количество осадков 414.3 мм) снижается до $r=0.29$; $p \leq 0.05$ в 2010 г. (годовое количество осадков 832.2 мм). За это время зависимость снижается почти в 2 раза, тогда как количество осадков увеличивается в 2 раза.

Таким образом, наибольшее влияние на развитие грибов оказывает температура, что особенно четко выражено в группе растений-мезофитов. Влияние влажности воздуха на развитие гриба достоверно наблюдается у *Sanguisorba officinalis*, где эти показатели значительно выше, чем у *Tanacetum vulgare* и *Artemisia balchanorum*.



Влияние количества осадков на развитие грибов четко выражено в группе растений-мезофитов, значительно ниже оно у ксерофитов. Можно предположить, что показатели температуры, влажности, количества осадков при существенных отклонениях в ту или иную сторону значительно повлияют на развитие гриба, так как будут выходить за пределы возможностей физиологической адаптации растений.

Список литературы

1. Горленко М.В. Болезни растений и внешняя среда (очерки экологии и биологии паразитов). – М., 1950. – 120 с.
2. Одум Ю. Основы экологии – М.: Мир, 1975. – 741 с.
3. Бигон М., Харпер Д., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества – М.: Мир, 1989. – Т. 1. – 667 с.
4. Минкевич И.И., Захарова Т.И. Влияние факторов погоды на развитие эпифитотий ржавчины // Микология и фитопатология, 1982. – Т. 16; №4. – С. 351–357.
5. Плахова Т.М. Требования возбудителя рамуляриоза кориандра к условиям температуры и влажности воздуха // Актуальные вопросы изучения и использования эфиромасличных растений и эфирных масел. – 1980. – С. 166.
6. Савчук Л.П., Серков Л.Н. Экология развития рамуляриоза // Труды ВНИИЭМК, 1986. – Т. XVII. – С. 146–154.
7. Торбицкий А.И. Перезимовка возбудителей мучнистой росы – *Sphaerotheca pannosa* (Wal.) Leu. var. *rosae* на эфиромасличной розе в Крыму // Труды ВНИИЭМК, 1969. – Т. 3. – С. 120–123.
8. Чернова А. К. Ржавчина роз: Дисс. канд. биол. наук – Симферополь, 1941. – 91 с.
9. Шевченко С.В., Цилюрик А.В. Лесная фитопатология – К.: Вища школа, 1986. – 384 с.
10. Исиков В. П., Работягов В. Д., Хлыпенко Л. А., Логвиненко И. Е. Интродукция и селекция ароматических и лекарственных растений. Методологические и методические аспекты – Ялта: НБС, 2009. – 110 с.
11. Визначник грибів України. Базидіоміцети – К.: Наукова думка, 1969. – 292 с.
12. Дементьева М. И. Фитопатология – М.: Агропромиздат, 1985. – 397 с.
13. Международный микологический интернет-ресурс. <http://www.indexfungorum.org> (дата обращения 04.01.2014 г.)
14. Халафян А.А. STATISTICA 6. Статистический анализ данных: учебник. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2007. – 512 с.
15. Вуколов Э. А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXEL – М.: Форум, 2008. – 464 с.
16. Логвиненко И.Е. Биологические особенности и хозяйственно-ценные признаки полыни лимонной в культуре: Дис. ... канд. биол. наук. – Ялта, 1980. – 273 с.

THE INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON THE DEVELOPMENT OF FUNGI FROM THE DIVISION OF BASIDIOMYCETES ON MEDICAL AND AROMATIC PLANTS

N.S. Ovcharenko

Nikitsky Botanical Gardens – National Scientific Centre, Laboratory of new essential oil-bearing and medical plants, Nikita, Yalta, Crimea, 98648, Ukraine

E-mail: Nadezhda_Ovcharenko@mail.ru

In this article we give the results of studies of the influence of climatic factors on the development of fungi of the division Basidiomycetes, found on medical and aromatic plants of the collection of Nikitsky Botanical Garden (Southern Coast of Crimea). The analysis of correlations between air temperature, its humidity, rainfall and intensity of rust fungi was carried out.

Key words: aromatic and medical plants, rusts, air temperature, humidity, rainfall, intensity of development of the fungus.

УДК 630*23:582.475.2:630*43(571.56-191.2)

ОСОБЕННОСТИ ПОСЛЕПОЖАРНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЛИСТВЕННОЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЯКУТИИ

Л.П. Габышева

*Институт биологических проблем
криолитозоны Сибирского отделения
РАН, Россия, 677980, г. Якутск,
просп. Ленина, 41
Институт естественных наук
Северо-Восточного Федерального
университета им. М.К. Аммосова,
Россия, 677980, г. Якутск,
ул. Кулаковского, 48*

E-mail: lpr77@yandex.ru

Исследованы межлассные лиственничные леса Центральной Якутии и их гари, формирующиеся в условиях резкой континентальности климата и многолетнемерзлых грунтов. Выявлено, что возобновление лиственницы в межлассных лесах при благоприятных условиях начинается сразу после пожара, чему в первую очередь способствуют биологические особенности лиственницы Каяндера. На гари лиственница возобновляется успешнее, чем под пологом леса. Всходы и подрост лиственницы по состоянию характеризуются как здоровые, доля ослабленных и усыхающих увеличивается по сукцессионному времени.

Ключевые слова: межлассные леса, Центральная Якутия, лиственница Каяндера, лесные пожары, лесовосстановление.

Введение

Аласно-таежный ландшафт Якутии является уникальным ландшафтом, не имеющим аналогов в мире, характеризующийся суровыми климатическими условиями, сплошным распространением многолетнемерзлых пород в сочетании со степно-пустынной сухостью. Климат Центральной Якутии характеризуется резкой континентальностью с продолжительной и малоснежной зимой с низкими температурами воздуха, а также жарким, коротким летом с большой инсоляцией и малым количеством осадков. Средняя температура января в г. Якутске около -40°C , самого теплого месяца – июля – 18.3°C , максимальная – достигает 38°C . В Центральной Якутии осадков выпадает 150–200 мм [1]. Аласно-таежный ландшафт распространен на обширной Центрально-Якутской равнине, которая состоит из двух крупных географических районов: Лено-Амгинского и Лено-Вилуйского междуречий. Наши исследования проведены на Лено-Амгинском междуречье, где для данного вида ландшафтов характерны глубокие, в основном термокарстовые аласы на суглинистых отложениях и широко развит ледовый комплекс, образованный мощными подземными жильными льдами, залегающими с глубины 1.0–2.5 м. В среднем мощность многолетнемерзлых пород составляет 100–300 м [2, 3 и др.]. В области развития аласного рельефа выделяют (рис. 1): относительно обширные равнинные участки – межлассье – положительные формы рельефа и отрицательные, врезанные в межлассье формы рельефа – аласы – замкнутые или полужамкнутые термокарстовые котловины [4].



Рис. 1. Типичный алас Лено-Амгинского междуречья, на заднем плане – межлассные леса



Широкое распространение подземных жильных льдов под межлассными лесами приводит к деформации почвогрунтов, образованию термокарстовых провалов и т. д. Начинается деградация ледового комплекса и разрушение межлассья, что в конечном итоге приводит к образованию аласных форм рельефа на данной территории [2, 4 и др.].

Межлассные пространства Лено-Амгинского междуречья заняты лесами. Несмотря на то, что межлассные леса исследуемого региона имеют малую ценность в хозяйственном отношении, они имеют огромное экологическое значение (мерзлотозащитная, водоохранная, ландшафтоформирующая роль и т. д.). Лесистость региона составляет 72% от территории земель лесного фонда, из них 88% приходится на лиственницу [5, 6]. Лиственничные леса наиболее приспособлены к суровым условиям существования, но, в то же время, они чрезвычайно чувствительны к воздействию любых факторов (лесные пожары, вырубki, раскорчевки др.). Природные условия района исследования обусловили высокое сельскохозяйственное освоение территории, в результате которого регион испытывает сильное антропогенное воздействие. Основным фактором дестабилизации и деградации лесов являются лесные пожары. В последние годы в лесах Центральной Якутии наблюдается тенденция увеличения площади и числа пожаров. Так, площадь лесных пожаров за период 1998–2005 гг., по сравнению с периодом 1990–1997 гг., увеличилась в 5.2 раза, число пожаров – в 1.3 раза [7]. Соответственно, в результате этого в лесах региона увеличились площади и количество гарей.

В условиях ледового комплекса процесс послепожарного лесовосстановления может идти двумя основными путями (с учетом других факторов лесовозобновления – обеспеченности обсеменением, площади гарей и др.). Первый путь – успешное лесовозобновление при условии сохранения устойчивости многолетнемерзлых пород, второй путь – неудовлетворительное лесовозобновление, которое происходит при нарушении устойчивости многолетнемерзлых пород. В этом случае последствия пожаров могут быть необратимыми, сразу после пожара могут начаться термокарстовые процессы, образоваться термокарстовые провалы, а в дальнейшем – термокарстовые озера. При этом лесовозобновление может быть замедлено на десятки лет или же может быть прерван лесообразовательный процесс.

Цель исследования – изучение послепожарного восстановления лиственницы в межлассных пространствах в условиях сохранения устойчивости многолетнемерзлых пород.

Исследования проведены в Мегино-Кангаласском районе Центральной Якутии в наиболее распространенном типе леса – в лиственничнике брусничном, который являлся контрольным участком. В качестве дестабилизирующего фактора выбраны лесные пожары с разной давностью возникновения, в результате которых образовались разновозрастные гари (6-ти, 16-ти, 20-ти, 65-тилетних). Изучение процессов естественного возобновления проведено по методу П.А. Цветкова [8], который основывается на методике изучения лесовосстановительных процессов А.В. Побединского [9]. Перечет подроста проводился согласно методики и классифицировался по группам высот (меньше 10, от 10 до 50, от 50 до 100, от 100 до 300, больше 300 см), жизненному состоянию (здоровые, ослабленные, усыхающие, сухие).

Результаты и их обсуждение

Наши ранние исследования [7, 10] выявили, что при полном уничтожении или нарушении подстилки и растительного покрова после пожаров в лесах происходит трансформация различных компонентов лесного биогеоценоза, заметно меняются тепловой, водный и мерзлотный режимы почв. Наглядным примером изменения почвенных условий может служить мощность сезонно талого слоя. На гарях в первые годы создаются благоприятные условия для интенсивного прогрева почвы. В результате уменьшения затеняющей способности крон деревьев, напочвенного покрова и хорошего поглощения солнечной радиации зачерненной поверхностью гари, увеличивается поступление прямой солнечной радиации [1, 11, 12, 13], которое приводит к повышению температуры почвы и изменению уровня мерзлоты. По нашим исследованиям, мощность сезонно талого слоя на гарях в среднем увеличивается на 0.3–0.8 м по сравнению с контрольным участком (табл. 1).

Таблица 1

Глубина сезонно талого слоя почвы на гарях с разной давностью пожара и контрольном участке (по средним значениям за 2002–2004 гг.), в см

Месяц	Свежая 2-хлетняя гарь	10–12-тилетняя гарь	21–23-хлетняя гарь	58–60-тилетняя гарь	Контроль
Июнь	69	67	-	57	48
Июль	102	104	94	76	56
Август	120	133	121	92	76



Установлено, что большую роль в стабилизации измененных условий играет восстановление живого напочвенного покрова. По мере зарастания гари растительностью в ходе сукцессии (с давностью пожара) начинается стабилизация измененных условий на гарях. Этот обратный процесс – охлаждение почвы в межлесных лесах, начинается через 20-25 лет после пожара, тогда как после пожара происходит обратный процесс – деградация (оттаивание) уровня мерзлоты.

Условия, складывающиеся после пожаров (тепловая мелиорация, обогащение зольными веществами, уничтожение живого напочвенного покрова), благоприятствуют формированию растительного покрова на гарях. Заселение лиственницы в межлесных лесах при благоприятных условиях (кроме почвенно-климатических условий, также и наличие обсеменителей) начинается сразу после пожара, чему в первую очередь, способствуют биологические особенности лиственницы Каяндера, выработанные в ходе эволюции.

Так, к 6-ти годам после пожара на гари количество лиственницы достигает 119.9 тыс. экз./га. Из них большая часть – 3–4-хлетние лиственницы оказываются по состоянию здоровыми и не достигают 10 см (табл. 2, 3).

К 16-ти годам после пожара на гари начинается изреживание лиственницы, в связи с чем, общее количество подростка лиственницы снижается до 20.9 тыс. экз./га (см. табл. 2, 3). Кроме лиственницы на гари много березы, кустарниковых ив. Корневая конкуренция с травяно-кустарничковым покровом, ухудшение условий среды обитания сильно сказываются на уменьшении количества и качества подростка. Увеличивается количество ослабленного подростка лиственницы, их численность может достигать до 0.8 тыс. экз./га. Гарь слабо заселяется новыми всходами (количество 3.6 тыс. экз./га), господствуют 12–15-летний подрост лиственницы высотой от 100 до 300 см (количество 7.6 тыс. экз./га) и 3–6(7)-летние лиственницы высотой от 10 до 50 см. Начинается дифференциация лиственницы по высоте.

Таблица 2

Распределение подростка лиственницы на гарях и в контроле по жизненному состоянию, тыс. экз./га

Возраст гари, лет	Жизненное состояние подростка				
	здоровые	ослабленные	усыхающие	сухие	всего
6	119.2	0.5	0.2	0	119.9
16	20.1	0.8	0	0	20.9
20	26.0	2.0	1.0	1.0	30.0
65	5.0	0	0.3	3.0	8.3
Контроль	2.4	0.9	0.5	0.3	4.1

Таблица 3

Распределение подростка лиственницы на гарях и в контроле по группам высот, тыс. экз./га

Возраст гари, лет	Группы высот					Всего
	меньше 10 см	от 10 до 50 см	от 50 до 100 см	от 100 до 300 см	больше 300 см	
6	88.5	10.5	12.7	8.2	0	119.9
16	3.6	8.1	1.6	7.6	0	20.9
20	1.2	9.8	5.7	6.1	7.2	30.0
65	2.2	0.7	1.0	1.1	3.3	8.3
Контроль	2.1	0.1	0.2	0.2	1.5	4.1

В структуре формирующейся растительности 20-тилетней гари основную роль играет подрост лиственницы высотой от 100 см и выше (количество 13.3 тыс. экз./га). Доля всходов высотой меньше 10 см значительно уменьшается. Продолжается дифференциация лиственницы по высоте, за счет чего заметно увеличивается количество ослабленного (2 тыс. экз./га), усыхающего и сухого (по 1 тыс. экз./га) подростка лиственницы (см. табл. 2, 3).

На поздних стадиях сукцессии, в частности к 65-ти годам после пожара, постепенно заканчивается дифференциация лиственницы по высоте (см. табл. 2, 3). Здесь господствуют лиственницы высотой больше 300 см. Картину происходящего процесса изреживания показывает количество сухих и усыхающих лиственниц, которое доходит до 3.3 тыс. экз./га из общего количества подростка 8.3 тыс. экз./га. На этой стадии сильно сокращается численность новых всходов лиственницы. Количественный и качественный состав возобновления зависит от погодных условий и успешности семеношения лиственницы в конкретные годы. Например, последние 2–3 года в районе исследования устоялась дождливая погода, которая улучшила усло-

вия для лесовозобновления. Всего было насчитано около 2.2 тыс. экз./га 1–2-летних всходов лиственницы.

На контрольном участке – лиственничнике брусничном, количество подростка составило 4.1 тыс. экз./га (см. табл. 2, 3). Так же как и на 65-летней гари, здесь количество новых всходов достигает 2.1 тыс. экз./га, что объясняется увеличением влажности почвы в лесу, и соответственно, уменьшением конкуренции за влагу с другими растениями. Но имеются также сухие, погибшие (0.1 тыс. экз./га) всходы.

Анализ распределения подростка на гарях по жизненному состоянию в процентном соотношении показал (рис. 2), что на молодых и средневозрастных гарях доля здорового подростка больше – 87–100%, на поздних стадиях сукцессии и в лесу – 59–60% всех лиственниц. Начиная с 16–20-тилетнего возраста популяция начинает ослабевать, увеличивается доля ослабленных (4–22%), усыхающих (3–12%) и сухих (3–36%) лиственниц. Количество и качество (жизненное состояние) подростка являются индикаторами экологических условий экотопа. Естественное послепожарное возобновление лиственницы на гарях при благоприятных условиях проходит вполне успешно, что связано с биологическими особенностями самой листвен-

ницы: она неприхотлива к почвенным условиям, растет на сухих и сырых местах, и, благодаря поверхностной корневой системе, имеет высокую конкурентоспособность.

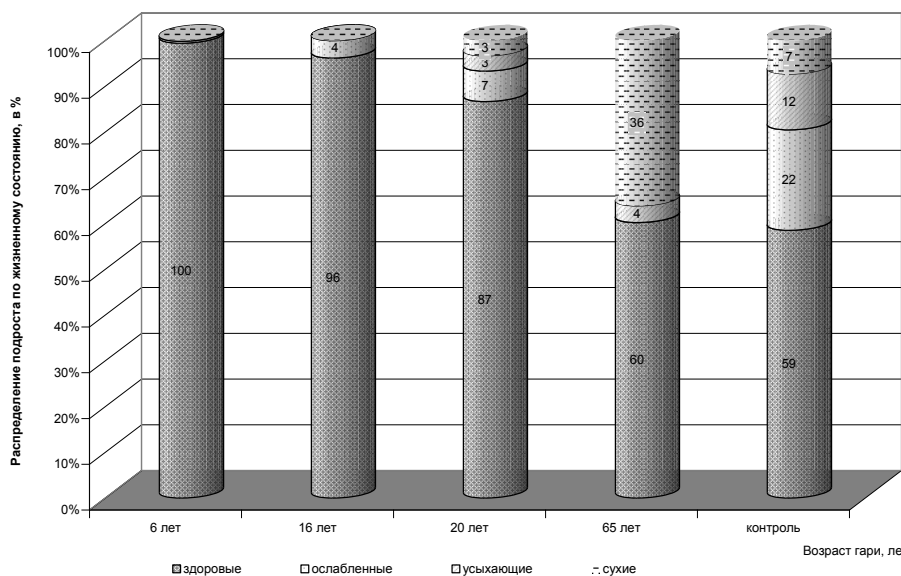


Рис. 2. Распределение подростка лиственницы на гарях и в контроле по жизненному состоянию, в % от общего количества

Анализ распределения подростка на гарях по высотным группам в процентном соотношении выявил (рис. 3), что при прохождении сукцессионного времени происходит уменьшение доли всходов лиственницы высотой до 10 см с 74% на 6-летней гари до 4% на 22-летней гари. Увеличение их доли на 65-летней гари и в лиственничнике брусничном объясняется тем, что на этих участках всходы обычно произрастают группами или куртинами в «окнах» леса. Также на рисунке 3 наглядно видно увеличение доли подростка высотой 10–50 см, 50–100 см, 100–300 см, больше 300 см, что показывает интенсивный рост подростка лиственницы и его переход от одной высотной группы к другой.

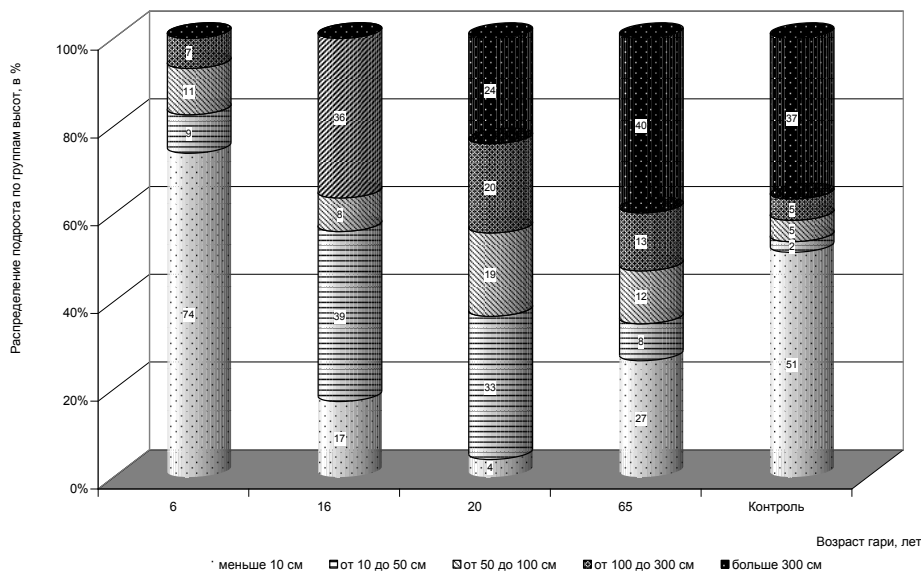


Рис. 3. Распределение подростка лиственницы на гарях и в контроле по жизненному состоянию, в % от общего количества



Таким образом, возобновление лиственницы в межлесных лесах Центральной Якутии при сохранении устойчивости многолетнемерзлых пород при благоприятных условиях начинается сразу после пожара, чему в первую очередь, способствуют биологические особенности лиственницы Каяндера. В результате исследований выявлено, что в послепожарных сообществах (гарях) лиственница возобновляется успешнее (30.0–119.0 тыс. экз./га), чем под пологом леса (4.1 тыс. экз./га). На начальном этапе сукцессии на гарях происходит вспышка численности самосева лиственницы. В дальнейшем на 10–16-летних гарях начинается дифференциация подростов лиственницы по высоте, а через 20–25 лет начинается процесс самоизреживания сильно сомкнутого подростов. На поздних стадиях (50–65-летних гарях) происходит процесс повторной дифференциации лиственницы по высоте. Всходы и подрост в послепожарных сообществах по состоянию характеризуются как здоровые (87–100% на 6–20-летних гарях), доля ослабленных (4–22%) и усыхающих (3–12%) увеличивается по сукцессионному времени.

Список литературы

1. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1973. – 119 с.
2. Соловьев П.А. Аласный рельеф Центральной Якутии и его происхождение // Многолетнемерзлые породы и сопутствующие им явления на территории ЯАССР. – М., 1962. – С. 38–53.
3. Иванов М.С. Криогенное строение четвертичных отложений Лено-Амгинской впадины. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1984. – 125 с.
4. Босиков Н.П. Эволюция аласов Центральной Якутии. – Якутск, 1991. – 127 с.
5. Леса среднетаежной подзоны Якутии / П.А. Тимофеев, А.П. Исаев, И.П. Щербаков и др. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1994. – 140 с.
6. Лыткина (Габышева) Л.П. Лесовосстановление на гарях Лено-Амгинского междуречья (Центральная Якутия). – Новосибирск: Сиб. изд. фирма «Наука» РАН, 2010. – 118 с.
7. Лыткина (Габышева) Л.П., Протопопова В.В. Лесные пожары как экологический фактор формирования лесов Центральной Якутии // Наука и образование. – 2006. – №2 (42). – С. 50–56.
8. Цветков П.А. Пирофитность лиственницы Гмелина с позиций жизненных стратегий // Экология. – 2004. – №4. – С. 259–265.
9. Побединский А.В. Изучение лесовосстановительных процессов. – М.: Наука, 1966. – 60 с.
10. Лыткина (Габышева) Л.П. Послепожарная динамика лесорастительных условий в лиственничных лесах Центральной Якутии // География и природные ресурсы. – 2008. – №2. – С. 181–185.
11. Тарабукина В.Г., Саввинов Д.Д. Влияние пожаров на мерзлотные почвы. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1990. – 120 с.
12. Саввинов Д.Д. Гидротермический режим почв в зоне многолетней мерзлоты. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд., 1976. – 254 с.
13. Гаврилова М.К. Радиационный режим в лиственничных лесах Юго-Западной Якутии. – Лесоведение. – 1969. – №1. – С. 16–23.

FEATURES OF POST-FIRE REFORESTATION OF LARCH IN INTERALAS FORESTS OF CENTRAL YAKUTIA

L.P. Gabysheva

Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 41 Lenin Ave., Yakutsk, 677980, Russia

Institute of Natural Sciences of Ammosov North-Eastern Federal University, 48 Kulakovskiy St, Yakutsk, 677980, Russia

E-mail: llp77@yandex.ru

Are investigated the interalal larch forests of the Central Yakutia and their burned sites, being formed in the conditions of extreme continental climate and permafrost. It is established that the larch reforestation in the interalal forest under favorable conditions begins right after the fire. It is promoted in the first place due to the biological features of *Larix cajanderi*. The larch regeneration on burned sites is more successful, than in the forest. Shoots and young subgrowth are characterized as healthy. The proportion of the frail and withering larch increased on succession time.

Key words: interalal, Central Yakutia, larch, forest fires, reforestation.



УДК 595.754

ЗЕМЛЯНЫЕ КЛОПЫ (HETEROPTERA, LYGAEIDAE) ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Д.Е. Галич

Тобольская комплексная научная
станция УрО РАН, Россия, 626152,
г. Тобольск, ул. акад. Ю. Осипова, 15

E-mail: galichdim@mail.ru

Исследования видового разнообразия и пространственно-временного распределения земляных клопов в Тюменской области проводятся впервые. Выявлено, с учетом литературных данных, 58 видов из 34 родов. Показано биотопическое и геоморфологическое распределение полужесткокрылых, в каждой группе биотопов достоверно установлены доминанты, дана оценка проникновения интразональных видов.

Ключевые слова: Heteroptera, Lygaeidae, видовое разнообразие, динамика, пространственно-временное распределение.

Введение

Lygaeidae или земляные клопы – крупное семейство полужесткокрылых, занимающих 2 место по количеству видов в отряде после семейства Miridae.

К сожалению, изученность этого семейства в Западной Сибири, в том числе и на территории Тюменской области, оставалась низкой, в первую очередь из-за особенностей биологии и трудоемких методов сбора.

Первую публикацию, посвященную гетероптерофауне, включая данные о земляных клопах на современной территории Тюменской области, сделал В. Oshanin в 1870 [1], а первое обобщающее исследование по полужесткокрылым провел в 1930 году К.П. Самко [2], в котором были представлены результаты оригинальных исследований и обобщены разрозненные и отрывочные данные более ранних публикаций. К настоящему времени появился еще ряд работ по исследованиям полужесткокрылых в Тюменской области и на сопредельных территориях [3]. Несмотря на выше изложенное, доля Lygaeidae в этих работах была незначительной, и не отражала в действительности ни видового разнообразия, ни других показателей.

Объекты и методы исследования

Сборы материала на территории Тюменской области были проведены в Тобольском, Уватском, Нижнетавдинском, Тюменском, Казанском и Бердюжском районах автором и коллегами: С.П. Бухкало, Е.В. Сергеевой, С.А. Ивановым. За 9 лет исследований, с 2005 по 2013 годы, было обследовано более 50 различных биотопов: таежные, лиственные, смешанные леса, луговые, лугово-полевые, пойменные и ксерофитные участки, расположенные на разных уровнях геоморфологического профиля – от коренной террасы правобережья Иртыша с холмисто-увалистым ландшафтом до пойменных участков левобережья, отражающих основное разнообразие биотопов.

Для сбора материала использовались общепринятые методы: ловушки Барбера [4], почвенно-зоологические раскопки [5], кошение травостоя и ручной сбор.

За период исследований с 2005 по 2013 годы было собрано и обработано 1294 экз., большая часть материала определена Н.Н. Винокуровым (г. Якутск). Результаты исследований частично вошли в работы по инвентаризации фауны [6, 7, 8], часть неопубликованного материала вошла в «Каталог полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) Азиатской части России» [9].

Автор по земляным клопам также опубликовал часть материала, это: новые находки в Западной Сибири [10]; новые находки на территории Тюменской области [11]; краткое сообщение о Lygaeidae в долине Иртыша [12]. Эта работа обобщает и подытоживает всю имеющуюся информацию о земляных клопах на территории Тюменской области с 1870 года по настоящее время.

Результаты и их обсуждение

Видовое разнообразие земляных клопов в Тюменской области.

Проведенные исследования подтвердили богатое видовое разнообразие земляных клопов на территории Тюменской области, с учетом литературных данных отмечено 58 видов из 34 родов (табл.).



Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
35	<i>Pterotmetus staphyliniformis</i> (Schilling, 1829)				3			8				11
36	<i>Trapezonotus anorus</i> (Flor, 1860)				5							5
37	<i>T. arenarius arenarius</i> (Linnaeus, 1758)		1		39	4	3					47
38	<i>T. desertus</i> Seidenstücker, 1951	1			1	1		1				4
39	<i>Megalonotus antennatus</i> (Schilling, 1829)	2	1		5	1	1	1				11
40	<i>M. chiragra</i> (Fabricius, 1794)		1		33			1				35
41	<i>M. sabulicola</i> (Thomson, 1870)		1		2							3
42	<i>Sphragisticus nebulosus</i> (Fallén, 1807)									2		2
43	<i>Ligyrocoris sylvestris</i> (Linnaeus, 1758)						3					3
44	<i>Pachybrachius fracticollis</i> (Schilling, 1829)									1	2	3
45	<i>P. luridus</i> Hahn, 1826							1				1
46	<i>Plinthis pusillus</i> (Scholtz, 1847)						2					2
47	<i>Graptopeltus lynceus</i> (Fabricius, 1775)				1							1
48	<i>Panaorus adpersus</i> (Mulsant et Rey, 1852)	2	17		16	48						83
49	<i>Peritrechus angusticollis</i> (R.F. Sahlberg, 1848)				1						1	2
50	<i>P. convivus</i> (Stål, 1858)									1		1
51	<i>P. geniculatus</i> (Hahn, 1832)				3			7		1		11
52	<i>P. nubilus</i> (Fallén, 1807)										1	1
53	<i>Raglius alboacuminatus</i> (Goeze, 1778)					1						1
54	<i>Rhyparochomus pini</i> (Linnaeus, 1758)	4	70		183	42	1		8	15	1	326
55	<i>Stygnocoris cimbricus</i> (Gredler, 1870)									8		8
56	<i>S. rusticus</i> (Fallén, 1807)		1		9							10
57	<i>S. sabulosus</i> (Schilling, 1829)					9	1	11	2			23
58	<i>S. similes</i> Wagner, 1953				1							1
Количество видов		9	13	7	24	15	13	21	7	10	4	58
		40				27			16			
Количество экземпляров		104	188	31	334	132	284	95	85	36	5	1294
		789				379			126			

Примечание: * – виды, у которых отсутствуют данные о биотопической приуроченности.

Геоморфологическое и биотопическое распределение земляных клопов.

В биотопах на коренной террасе в сравнении с 1-ой надпойменной площадкой и поймой отмечено как наибольшее видовое разнообразие земляных клопов – 40 к 27 к 16 видам, так и преобладание их по численности – 789 экз. (70%) к 379 экз. (29.3%) к 126 экз. (9.7%) соответственно (см. табл. 1).

На открытых травянистых участках коренной террасы отмечено 27 видов (365 экз. – 73.5%), на 1-ой надпойменной площадке – 21 вид (95 экз. – 19.2%), в пойме – 10 видов (36 экз. – 7.3%).

В лесных сообществах на коренной террасе отмечено 16 видов (293 экз. – 44.3%), на 1-ой надпойменной площадке – 12 видов (284 экз. – 42.9%), в пойме – 7 видов (85 экз. – 12.8%).

В темнохвойных лесах доминирует широко распространенный вид *Kleidocerys resedae* (41%), который ближе к пойме часто замещается видом *Drymus brunneus* (22%), локально, на отдельных участках, в качестве субдоминанта может выступать *Eremocoris abietis abietis*.

В лиственных лесах на коренной террасе доминируют два вида – *Rhyparochomus pini* (37%) и *Scolopostethus thomsoni* (34%), однако на 1-ой надпойменной площадке и в пойме их численность резко падает, там доминирует *Drymus brunneus* (58%).

В луговых и лугово-полевых сообществах коренной террасы доминирует *Rhyparochomus pini* (50.1%) с двумя субдоминантами – *Trapezonotus arenarius arenarius* (10.7%) и *Megalonotus chiragra* (9%), на 1-ой надпойменной площадке и в пойме доминанты не выявлены.

В прибрежных сообществах доминанты также не выявлены.

На ксерофитных участках встречается только один южный вид *Lygaeus equestris*, а *Panaorus adpersus* хоть и встречается в различных биотопах исследуемой территории, но проявляет склонность к более теплообеспеченным, ксерофитным участкам.

Численность и сезонная динамика земляных клопов.

Количественные учеты земляных клопов показали, что большинство видов выходят из зимней диапаузы в мае, а уход в нее начинается с конца сентября (более поздние учеты проводились почвенно-зоологическими раскопками уже диапаузирующих особей).

Первый пик активности отмечался во второй и третьей декадах мая (13 и 14 видов – 87 экз. (6.7%) и 80 экз. (6.2%) соответственно), который идет за счет перезимовавших в имагинальной стадии видов. Второй, максимальный, пик идет уже за счет видов, зимующих в ларвальной стадии. Доразвитие, окукливание и выход взрослых особей отмечались с третьей декады июля (18 видов – 163 экз. (12.6%)) и продолжались в первой и второй декаде августа (19 и 18 видов – 193 экз. (14.9%) и 249 экз. (19.2%) соответственно) (рис.).

Осеннего пика, как у некоторых других семейств / таксономических групп полужесткокрылых, на исследуемой территории не выявлено.

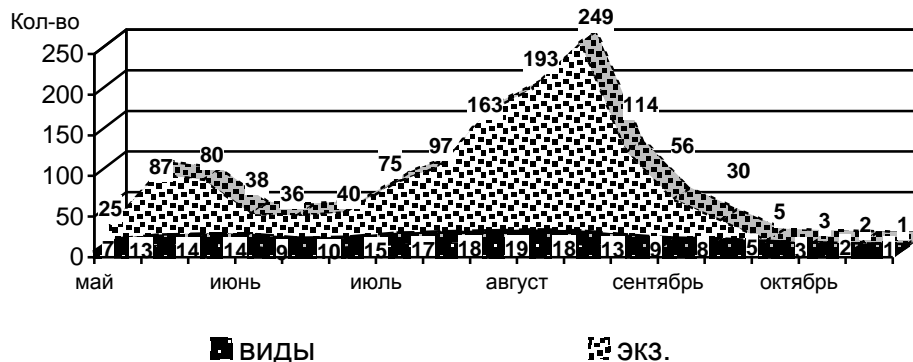


Рис. Сезонная динамика видового разнообразия и численности земляных клопов в Тюменской области (с мая по октябрь 2005–2013 гг.)

Заключение

В фауне земляных клопов (Heteroptera, Lygaeidae) Тюменской области выявлено 58 видов из 34 родов, теперь это самая изученная по данной группе насекомых административная область в Западной Сибири.

Среди обитающих на территории Тюменской области видов сем. Lygaeidae только 7 из 58 можно назвать обычными, широко распространенными, часто встречающимися, это: *Kleidocerys resedae*, *Drymus brunneus*, *Eremocoris abietis abietis*, *Scolopostethus thomsoni*, *Trapezonotus arenarius arenarius*, *Panaorus adpersus*, *Rhyparochomus pini*; вместе они составляют 75.8%, остальные (51 вид) встречаются единично, локально, вместе их доля составляет – 24.2%.

При исследовании пространственно-временного распределения земляных клопов в геоморфологическом профиле отмечается невысокое видовое разнообразие и численность в пойме, однако, здесь имеются очень интересные находки, это представители рода *Stygnocoris*. На 1-ой надпойменной площадке численность возрастает, но она не столь значительна, как на коренной террасе, однако по количеству видов 1-ая надпойменная площадка близка к коренной террасе.



Большинство видов земляных клопов в Тюменской области приурочены к открытым луговым и лугово-полевым участкам.

Проведенные исследования достоверно выявили доминантов практически во всех биотопах на всем геоморфологическом профиле за исключением поймы.

Отметим низкую степень проникновения видов этого семейства с юга, всего один вид – *Lygaeus equestris*, встречающийся по ложбинам остепненных склонов южной и юго-восточной экспозиции коренной террасы Иртыша. Проникновение северных видов на юг не выявлено.

В результате наблюдений сезонной динамики выявлено 2 пика активности, отмечены: период ухода в зимнюю диапаузу (с 25–30 сентября) и весенний выход из нее (с 10–15 мая).

На основе анализа динамики имагинальной стадии все виды земляных клопов в Тюменской области дают за сезон только 1 поколение.

Работа поддержана программой Президиума РАН: Живая природа. № 12-П-4-1074.

Список литературы

1. Ошанин В.Ф. О сибирских полужесткокрылых насекомых // Изв. Общ-ва любителей естествозн., археол. и этногр. – Т. 8, №1. – С. 97–108.
2. Самко К.П. К познанию энтомофауны Тобольского округа. Ч. 3: Hemiptera-Heteroptera Тобольского округа // Изв. Зап.-Сиб. геогр. об-ва. – Омск, 1930. – Т. 7. – С. 2–16.
3. Санникова М.Ф. Материалы по фауне наземных полужесткокрылых (Hemiptera) Тюменской области // Основные вопросы энтомологии и вирусологии сельского хозяйства Северного Зауралья. – Тюмень, 1975. – Вып. VI. – С. 21–32.
4. Barber H.S. Traps for cave-inhabiting insects // J. Elish. Mitchell. Science Soc. – 1931. – Pp. 259–266.
5. Гиляров М.С. Учет крупных беспозвоночных (мезофауны) // Методы почвенно-зоологических исследований. – М.: Наука. 1975. – С. 12–29.
6. Винокуров Н.Н. Новые данные о распространении полужесткокрылых (Heteroptera) в Сибири и Дальнем Востоке России // Амур. зоол. журн. – 2009. – Вып. 1(3). – С.197–199.
7. Винокуров Н.Н., Голуб В.Б. Материалы по полужесткокрылым (Heteroptera) фауны Сибири и Дальнего Востока России // Алт. зоол. журн. – 2009. – Вып. 3. – С. 25–28.
8. Винокуров Н.Н. Новые данные о распространении полужесткокрылых (Heteroptera) в Сибири и Дальнем Востоке России // Амур. зоол. журн. – 2010. – Вып. 2(1). – С. 10–12.
9. Винокуров Н.Н., Канюкова Е.В., Голуб В.Б. Каталог полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) азиатской части России. – Новосибирск: Наука, 2010. – 320с.
10. Галич Д.Е., Иванов С.А., Толстикова А.В. Дополнение к фауне водных и наземных полужесткокрылых (Heteroptera) юга Западной Сибири // Вестник ТюмГУ. – 2011. – №12. – С. 98–102.
11. Галич Д.Е., Иванов С.А. Дополнение к фауне полужесткокрылых (Heteroptera) Тюменской области // Алт. зоол. журн. – 2012. – Вып.6. – С.3–14.
12. Галич Д.Е. Биотопическое распределение герпетобионтных полужесткокрылых (Heteroptera, Lygaeidae) в долине Иртыша // Сб. материалов XVI Всероссийского совещания по почвенной зоологии «Проблемы почвенной зоологии». –Москва–Ростов-на-Дону: Т-во научных изданий КМК, 2011. – С. 27.

LYGAEIDAE (HETEROPTERA) OF TYUMEN REGION

D.E. Galich

Tobolsk complex scientific station of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 15 Yu. Osipova St., Tobolsk, 626152, Russia

E-mail: galichdim@mail.ru

Researches of specific variety and regional-temporary distribution of Lygaeidae in the Tyumen Region are taking place for the first time. 58 species from 34 genera are determined considering literature data. Displaying Habitat and geomorphological distribution of Heteroptera are displayed, the dominants of each group of habitats are reliably established, an assessment of penetration of intrazonal species is given.

Key words: Heteroptera, Lygaeidae, specific variety, track record, regional-temporary distribution.



УДК 595.768.23:591.5

БИОЛОГИЯ ГРЕЧИШНОГО ДОЛГОНОСИКА (*RHINONCUS SIBIRICUS* FAUST, 1893) В ПРИМОРСКОМ КРАЕ

А.В. Кузнецова¹,**А.Г. Клыков²**

¹ Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений РАСХН, Россия, 692512, г. Уссурийск, ул. Уссурийская, 9

² Приморский научно-исследовательский институт сельского хозяйства РАСХН, Россия, 692539, п. Тимирязевский, ул. Воложенина, 30

E-mail: biometod@rambler.ru;
alex.klykov@mail.ru

Приведены сведения об особенностях развития гречишного долгоносика в условиях Приморского края. Исследованиями установлено, что гречишный долгоносик развивается в одном поколении. Выход жуков из зимовки происходит в мае–июне, в зависимости от погодных условий года. Откладка яиц продолжается с середины июня до середины августа, личинки развиваются около месяца, окукливание происходит в почве. Оптимальной для развития гречишного долгоносика является температура 20–22°C.

Ключевые слова: гречишный долгоносик, гречиха, биология, жук, личинка, температура.

Введение

В настоящее время наибольший вред посевам гречихи съедобной (*Fagopyrum esculentum* Moench) в Приморском крае наносит гречишный долгоносик (*Rhinoncus sibiricus* Faust). Первые данные о гречишном долгоносике на Дальнем Востоке приведены в работе А.М. Мищенко в 1940 г., а позднее в 1952–1957 гг. этот вид зарегистрирован М.А. Сафиуллиной как серьезный вредитель культуры в Амурской области [1, 2]. В России гречишный долгоносик встречается от Тывы до Амурской области, Приморского края, юга Хабаровского края до Сахалина и юга Курильских островов. Он известен в Японии, Кореи, Китае и Монголии [3]. Гречишный долгоносик повреждает растения на протяжении всего периода вегетации гречихи. Вредоносность имаго вредителя проявляется в фазу всходов культуры. Жуки выгрызают небольшие круглые отверстия в листьях, тем самым, уменьшая ассимиляционную поверхность листовой пластинки. Всходы, поврежденные имаго при сильном заселении и засушливой погоде погибают. Повреждение растений личинками проявляется в фазу цветения и созревания культуры. Личинка очень сильно повреждает первый узел стебля, из-за этого происходит искривление его, полегание и слом. В результате повреждения растений имаго и личинками происходит снижение урожая культуры до 40 % [4]. В связи с этим целью исследования послужило изучение биологии гречишного долгоносика в Приморском крае.

Как известно, вредоносность болезней и вредителей, в большой степени зависит от климатических факторов. Абиотические факторы (температура, влажность воздуха, осадки) влияют на размножение и развитие насекомых [5]. Они отражаются на таких важных характеристиках популяции, как плодовитость, смертность, возрастной состав, соотношение полов, уровень стремления к миграции. Температура может оказывать двойное воздействие на насекомых. Во-первых, с ее повышением увеличивается скорость обмена веществ, в результате изменяется поведение. Во-вторых, температура среды и ее изменения воспринимаются терморепцепторами, в связи с этим насекомое может активно искать благоприятную для себя зону и уходить из неблагоприятной [5]. Также на активность насекомых влияет и освещенность [6]. В Приморском крае изучение биологии, фенологии и трофических связей гречишного долгоносика ранее не проводилось, поэтому исследования в этом направлении актуальны.

Цель работы – изучить биологические особенности вредителя и выявить влияние температуры воздуха на развитие гречишного долгоносика.

Объекты и методы исследований

Изучение биологии гречишного долгоносика проведено на опытных полях ГНУ Приморский НИИ сельского хозяйства Россельхозакадемии и в лаборатории отдела биометода ГНУ Дальневосточного НИИ защиты растений Россельхозакадемии в 2009–2013 гг. согласно методическим указаниям В.Ф. Палия и Б.В. Добровольского [7, 8]. Объектом наших исследований послужили особи гречишного долгоносика собранные в Уссурийском районе Приморского края. Сборы вредителя проводили ручным методом и кошением стандартным энтомологическим сачком по диагонали поля в нескольких местах. Собранных насекомых содержали в стеклянных садках, которые закрывали белой бязью. Внутри садков ставили листья растений гре-



чихи, на которые происходила откладка яиц, и они же служили пищей для насекомых. В каждый садок помещали одну пару, т.е. самца и самку. Полученные кладки яиц вместе с листом гречихи помещали в чашки Петри, на дно которых клали фильтровальную бумагу. Наблюдения велись ежедневно. После выхода личинок из яиц их, вместе с листом гречихи, где находилась кладка яиц, осторожно переносили в стеклянный садок, на дно которого выстилали фильтровальную бумагу. Кормом для личинок служили свежие и молодые стебли растений культуры. К моменту окукливания в садок насыпали просеянную землю слоем 3 см. Садки для опыта размещали в регулируемых температурных условиях (20–30°C) и влажности (75%). Начиная с мая по сентябрь, нами проведены наблюдения за развитием гречишного долгоносика в естественных условиях Приморского края. На основании полученных данных определена фенология вредителя. Зафиксировано время выхода имаго гречишного долгоносика из мест зимовки и перехода его из одной стадии развития в другую. Влияние солнечной освещенности на активность лета и численность жуков вредителя проводили в безветренную погоду [9].

Результаты и их обсуждение

Гречишный долгоносик относится к числу недостаточно исследованных видов насекомых, нам предстояло, как можно детально изучить биологию развития этого вредителя. Морфологические диагностические признаки гречишного долгоносика приведены в работе М.А. Сафиуллиной [2].

Первые особи гречишного долгоносика появляются уже в конце мая или начале-середине июня при повышении температуры до 12–15°C. В условиях Приморского края выход жуков в 2009 г. зафиксирован в конце июня, а в 2010 и 2013 гг. наблюдался в начале июня. В 2011 и 2012 гг. выход жуков из мест зимовки отмечен в конце мая (табл. 1). После выхода из зимовки самки проходят период дополнительного питания. До появления всходов гречихи они питаются листьями сорных растений сем. *Polygonaceae*. С появлением всходов гречихи жуки переселяются на неё и питаются сначала семядольными листьями, затем настоящими. Спаривание жуков и откладка яиц самками гречишного долгоносика начинается во второй-третьей декаде июня и продолжается до середины августа. Самки откладывают яйца от 5 до 40 штук в места боковых развилок стебля и на листья гречихи. Яйца овальные, молочно-белого цвета. Период развития от яйца до личинки занимает 7–10 суток.

Таблица 1

Фенология гречишного долгоносика (*Rhinoncus sibiricus* Faust) в Приморском крае в 2009–2013 гг.

Год	май			июнь			июль			август			сентябрь		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
2009	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	●	●	●	●	●					
							○	○	○	○	○				
								■	■	■	■	■			
										□	□	□			
2010	⊙	⊙	⊙	●	●	●	●	●	●	●					
					○	○	○	○	○	○	○				
						■	■	■	■	■	■	■			
								□	□	□	□	□			
2011	⊙	⊙	●	●	●	●	●	●	●	●					
					○	○	○	○	○	○	○				
						■	■	■	■	■	■	■			
								□	□	□	□	□			
2012	⊙	⊙	●	●	●	●	●	●	●	●					
					○	○	○	○	○	○	○				
						■	■	■	■	■	■	■			
								□	□	□	□	□			
2013	⊙	⊙	⊙	●	●	●	●	●	●	●					
					○	○	○	○	○	○	○				
						■	■	■	■	■	■	■			
								□	□	□	□	□			

Обозначения: ⊙ – имаго в состоянии диапаузы; ● – активные имаго; ○ – яйцо; ■ – личинка; □ – куколка.



Нами установлено, что личинки гречишного долгоносика после отрождения из яиц внедряются в полую часть боковых развилки (узлы). В стеблях растений гречихи обнаруживали личинок вредителя разных возрастов. Мы их разделили на пять возрастов, личинка последнего возраста морфологически не отличается от предкуколки.

Личинки живут и питаются внутри стебля гречихи. Они поедают внутреннюю мягкую ткань стебля, сосредотачиваясь в узлах, где оставляют бурые порошкообразные экскременты. Личинки повреждают стебли от первого до пятого и шестого узла. Нами замечено, что личинки передвигаются внутри стебля червеобразно. Двигаются они от основания к верхней части стебля. При этом личинки, вышедшие из кладки яиц делают от 4 до 6 входных и выходных отверстий. Некоторые стебли гречихи были повреждены несколькими личинками. В одном стебле могут питаться от 1 до 4 личинок. Появление личинок в стеблях гречихи отмечено в третьей декаде июля. В конце августа численность личинок резко сокращается, а в начале сентября личинок гречишного долгоносика в стеблях гречихи уже не обнаруживали.

Исследованиями установлено, что живут и развиваются личинки внутри стебля гречихи около месяца. Окукливание происходит, как правило, в почве, но нами установлено их окукливание и в стебле. Личинка перед окукливанием сооружает мягкий белый кокон. Из почвы или стебля взрослый жук выходит и начинает питаться листьями гречихи. Имаго гречишного долгоносика встречаются на гречихе от всходов до уборки. В большом количестве они отмечались со второй половины июня до августа. Имаго хорошо летают. Массовый лет жуков гречишного долгоносика происходит в солнечные дни при прогревании воздуха до +20°C и выше. В хороший солнечный день располагаются на верхней стороне листьев гречихи. В пасмурную, ветреную и холодную погоду они прячутся в цветы, пазухи листьев и под комочками почвы. Серая земляная окраска хорошо их маскирует. При понижении ночных и дневных температур в конце сентября взрослые особи уходят на зимовку. Зимуют жуки гречишного долгоносика в почве. Таким образом, в Приморском крае за вегетационный период развивается одно поколение вредителя.

В природных условиях гречишный долгоносик в течение лета также дает одно поколение, период его развития растянут. Это объясняется несколькими причинами, прежде всего, одновременным выходом жуков из мест зимовки, растянутостью яйцекладки и индивидуальными отклонениями в продолжительности развития отдельных стадий под действием меняющихся агроклиматических факторов.

С повышением температуры воздуха, вредоносность гречишного долгоносика уже к середине июля резко увеличивается. Вредитель проходит период дополнительного питания перед началом откладки яиц, нанося существенный вред всходам культуры. При критических температурах для гречишного долгоносика, затрудняются все необходимые процессы для жизни и развития. Теплая и сухая погода положительно влияет на жизненный цикл насекомого, так как время развития стадий, тесно связано с температурным фоном. Температура и влажность оказывает большое влияние на спаривание и откладку яиц гречишного долгоносика, что в дальнейшем сказывается и на повреждении растений. Поэтому мы провели лабораторные опыты по изучению влияния температуры воздуха на развитие гречишного долгоносика.

При температуре 30°C, при влажности 75% время яйцекладки наступает на несколько дней раньше, но количество отложенных яиц сокращается, по сравнению с откладкой яиц при температуре 20, 22 и 25°C (табл. 2).

Таблица 2

Влияние температуры воздуха на количество отложенных яиц в лабораторных условиях, 2009–2013 гг.

Температура воздуха, °C	Дата начала откладки яиц	Количество отложенных яиц одной самкой, шт.
20	15.07	25
22	13.07	40
25	10.07	32
30	8.07	20

Примечание. Влажность воздуха в лабораторных условиях составляла 75%.

Изучение влияния температуры на развитие личинок гречишного долгоносика показало, что при температуре 20°C, оно проходило медленнее, чем при 22–25°C, а температура воздуха 30°C была неблагоприятной (погибло 60% личинок вредителя). Исследованиями выявлено, что оптимальной температурой воздуха для роста и развития личинок является 22°C (табл. 3). Температурные условия повлияли также и на период развития куколок, оптимальные они были при 20–22°C (средняя продолжительность развития куколок при этом составила 8 суток). Оптимальной температурой воздуха для развития куколок гречишного долгоносика считается 20–22°C, при этих условиях отмечен самый низкий процент гибели.



Таблица 3

Влияние температуры воздуха на развитие личинок и куколок гречишного долгоносика в лабораторных условиях, 2009–2013 гг.

Температура воздуха, °С	Всего личинок в опыте, штук	Погибло личинок		Средняя продолжительность развития личинки, сут.	Всего куколок в опыте, штук	Погибло куколок		Средняя продолжительность развития куколки, сут.
		штук	%			штук	%	
20	20	4	20	30	10	1	10	8
22	20	2	10	28	10	1	10	8
25	20	8	40	27	10	2	20	7
30	20	12	60	26	10	5	50	6

Заключение

В результате проведенного исследования установлено, что выход имаго гречишного долгоносика происходит при температуре 13,5–14°С, а оптимальной температурой для откладки яиц считается 20–25°С при влажности 75%. Откладка яиц начинается в середине июня и продолжается до середины августа. Период развития от яйца до личинки занимает 7–10 суток. Развитие личинок и куколок вредителя проходит благоприятно при 20–22°С и влажности 75%. Личинки живут и питаются внутренней мягкой тканью стебля, сосредотачиваются в узлах гречихи, делая от 4 до 6 входных и выходных отверстий, из-за этого происходит полегание растений, что приводит к снижению урожайности. Имаго гречишного долгоносика встречаются на гречихе от всходов до уборки. Массовый лет имаго гречишного долгоносика происходит в солнечные дни при прогревании воздуха до 20°С и выше. Личинки развиваются около месяца, окукливание происходит в почве. В условиях Приморского края гречишный долгоносик развивается в одном поколении.

Список литературы

1. Мищенко А.И. Насекомые – вредители полевых и овощных культур Дальнего Востока. – Хабаровск, 1940. – 262 с.
2. Сафиуллина М.А. Гречишный долгоносик в Амурской области // Труды БСХИ. – Благовещенск, 1959. – Т. 1. – С. 35–40.
3. Гречишный долгоносик – опасный вредитель гречихи в Приморском крае / В.И. Потемкина, А.В. Кузнецова, А.С. Лелей и др. // Защита и карантин растений. – 2008. – №6. – С. 38.
4. Вредоносность гречишного долгоносика (*Rhinoncus sibiricus* Faust) в Приморском крае / А.В. Кузнецова, А.Г. Клыков, Р.В. Тимошинов, Л.М. Моисеенко // Доклады российской академии сельскохозяйственных наук. – 2012. – №5. – С. 35–37.
5. Чернышев В.Б. Экология насекомых. Учебник. – М.: Изд-во МГУ. – 1996. – 304 с.
6. Чернышев В.Б., Самков М.Н., Афонина В.М. Лет насекомых на свет во время полного солнечного затмения 31 июня 1981 г. // Зоол. журн. – 1985. – Т. 62. – Вып. 9. – С. 1431–1433.
7. Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых. – Воронеж, 1970. – 186 с.
8. Добровольский Б.В. Фенология насекомых. – М.: Высшая школа. – 1969. – 223 с.
9. Осмоловский Г.Е. Выявление сельскохозяйственных вредителей и сигнализация сроков борьбы с ними. – М.: Россельхозиздат, 1964. – 200 с.

BIOLOGY OF THE *RHINONCUS SIBIRICUS* FAUST IN PRIMORSKY KRAI

**A.V. Kuznetsova¹,
A.G. Klykov²**

¹ Far Eastern Scientific Research Institute for Plant Protection of RAAS, 9, Ussuriyskaya St., Ussuriysk, 692512, Russia

² Primorsky Scientific Research Institute of Agriculture of RAAS, 30, Volozhenina St., Stl. Timiryazevsky, 692539, Russia
E-mail: biometod@rambler.ru;
alex.klykov@mail.ru

Provides information about the peculiarities of the buckwheat weevil under Primorye. Studies have found that buckwheat weevil develops in one generation. The beetles from hibernation takes place in May and June, depending on weather conditions of the year. Oviposition lasts from mid-June to mid-August, the larvae develop about a month, pupation occurs in the soil. Optimal for the development of buckwheat weevil temperature is 20–22 °C.

Key words: *Rhinoncus sibiricus* Faust, buckwheat, biology, beetle, grub, temperature.



УДК 591.5 (470.325)

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОТНОШЕНИЙ ВОЛКА И ДИКИХ КОПЫТНЫХ НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

**В.В. Червонный,
А.А. Горбачева**

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

*E-mail: chervonny @ bsu.edu.ru;
gorbacheva@bsu.edu.ru*

В статье рассмотрены взаимоотношения волка и диких копытных на основе материалов зимних маршрутных учетов охотничьих животных, проводимых Белгородоохотуправлением в последние 50 лет. На основе этих данных, выявлены пространственно-временные особенности взаимоотношений видов в экосистеме «хищник-жертва».

Ключевые слова: хищник-жертва, белгородские популяции волка и диких копытных.

Введение

Проблема изучения взаимоотношений волка и диких копытных имеет хозяйственный, природоохранный и социальный аспекты. Эти животные являются составными звеньями в сложной экологической системе «растительность – копытные – хищные». В результате функционирования этой системы происходит непрерывная адаптация взаимодействующих видов, где хищничество служит важной движущей силой естественного отбора [1, 2]. Во-первых, волк регулирует численность копытных, поддерживая ее на таком уровне, при котором не возникает катастрофического истощения пастбищ.

Второе, не менее важное, значение этого хищника заключается в преобразовании состава популяции своих жертв, что имеет эволюционный аспект. В результате активности волка в популяциях его жертв возникают микропопуляции с измененной половой и возрастной структурой [3].

Оценка воздействия волка на копытных неоднозначна. По мнению некоторых авторов [4, 5], численность диких копытных зависит от продуктивности растительности и от изменений климата, а роль хищников в процессе динамики поголовья копытных считается второстепенной. Другие авторы считают, что роль волка в динамике населения копытных является, наряду с антропогенным воздействием, определяющей [6].

Любая альтернативная оценка деятельности волка не может быть верной. Ведь хищничество, как и любой другой экологический фактор, динамично и его изменчивость во времени и пространстве может быть большой, что связано со многими переменными факторами среды. Объективность оценки хищничества волка возрастает, если при его анализе принимать во внимание состояние абиотических и антропогенных факторов, которые могут коренным образом изменить характер и интенсивность хищничества.

Несмотря на возросший интерес к рассматриваемой проблеме, ощущается явный недостаток региональных работ по этой триаде. Особенно мало детальных материалов, полученных в результате длительных наблюдений на уровне отдельных областей. Специальных исследований взаимоотношений волка и копытных на территории Белгородской области не проводилось. В опубликованных работах ([7, 8]) содержатся лишь фрагментарные сведения по этой проблеме. Настоящая статья предполагает хотя бы до некоторой степени восполнить этот пробел.

Материал и методика

В качестве фактического материала использованы данные спецслужб охотнадзора о численности волка и копытных, полученные в результате проведения зимних маршрутных учетов на территории Белгородской области за последние 50 лет по общепринятой методике [9]. Этот учет проводится после окончания промыслового сезона, то есть во второй половине зимы. Поэтому сведения о численности изучаемых видов отражают состояние их популяций в этот период года.

Анализ литературных источников о взаимоотношении растительности, копытных и хищников показал, что в ряде случаев в них приводятся усредненные экологические характеристики, нередко выявленные различными методическими подходами, подчас несопостави-

мыми. Особенно этим страдают количественные взаимоотношения в системе «копытные – хищные», которые часто не отражают реальной ситуации в природе.

Рассмотрим некоторые аспекты этой проблемы. Прежде всего, следует особо подчеркнуть, что число жертв, рассчитываемое на одного волка, для данной территории обычно приводится в целом для всей области. При этом не учитывается та часть территории, где нет хищника. Это существенно искажает соотношение волка и копытных, которыми он питается. Очень часто это соотношение рассчитывается исходя из одного вида жертвы, хотя на данной территории обитает несколько видов копытных. Некоторые из них наиболее доступны для волка, но и это обстоятельство в основном не учитывается. Около 40 лет тому назад один из авторов этой статьи произвел такие расчеты на территории европейской части России, рассмотрев взаимоотношения волка и лося [10].

Академик Северцов С.А. в своей фундаментальной работе «Динамика населения и приспособительная эволюция животных» [11] писал «Вольтера первый со всей определенностью объяснил изменения численности животных в природе с борьбой за существование между хищником и жертвой и разработал теорию этого процесса (стр. 195)». Анализируя теорию Вольтера [12], он высказывает целый ряд критических замечаний в ее адрес. Тем не менее, Северцов С. А. считает, что «Теория Вольтера, в особенности ее третий закон, имеет огромное значение для многих отраслей практической биологии и в частности для охотничьего хозяйства (стр. 198)».

Особенности взаимоотношений хищника и жертвы математически выражаются уравнением [12, 13]. В основе его лежит положение о том, что напряженность этих взаимоотношений зависит от числа потенциальных жертв, приходящихся на одного хищника. Чем оно больше, тем больше вероятность встреч, тем меньше хищник тратит энергии на её добычу.

То же самое можно сказать и о популяции жертвы, подавляющее большинство особей которой при высокой плотности населения не подвергаются нападению хищника, так как среди многочисленной группы ему легче найти тех особей, которые имеют физические, этологические и другие недостатки. Следовательно, когда на одного хищника, в пределах его ареала, приходится много жертв, межвидовая борьба слабая, поэтому ее можно оценить 1 баллом, а когда мало жертв наблюдается очень напряженная борьба, которую оценивают более высокими баллами.

На основе анализа 30-летних данных было выявлено 4 типа межвидовых отношений в экосистеме «хищник – жертва». В связи с этим, степень напряженности межвидовой борьбы на территории Белгородской области оценивалась по 4-х балльной шкале.

I балл характеризует территорию, где на одного волка приходится в среднем 450 особей копытных, что соответствует очень низкой напряженности межвидовой борьбы в экосистеме хищник – жертва.

II балл, или второй тип территории, характеризует ситуацию, где низкая напряженность межвидовой борьбы, когда на одного волка приходится в среднем 200 копытных.

III балл – на территории этого типа на одного волка приходится в среднем 115 особей копытных, что соответствует средней напряженности межвидовой борьбы.

IV балла – на территории этого типа на одного волка приходится в среднем 53 особи копытных, поэтому здесь происходит острая межвидовая борьба.

Очевидно, что в разных частях Белгородской области напряженность межвидовой борьбы отличается. Для удобства анализа административные районы Белгородской области мы объединили в три группы:

западную – Борисовский, Грайворонский, Краснояружский и Ракитянский районы;

центральную – Белгородский, Валуйский, Волоконовский, Губкинский, Ивнянский, Корочанский, Прохоровский, Шебекинский, и Яковлевский районы;

восточную группу – Алексеевский, Вейделевский, Красненский, Красногвардейский, Новооскольский, Старооскольский, Ровеньский и Чернянский районы.

Результаты исследований

В первые годы после образования Белгородской области дикie копытные были представлены в основном косулей, численность которой составляла всего лишь 330 особей. Кабан и лось только начали осваивать территории области. Поэтому волк наносил большой ущерб домашним животным [14]. Сведениями о гибели домашних животных от волка на территории Белгородской области мы не располагаем. Поэтому приведем литературные данные о потравках волка, собранные в европейской части РСФСР. На этой территории только за один 1976 г. волки уничтожили 11733 особи домашних животных, в том числе 81% составляли овцы, 16% - телята крупного рогатого скота и 3% - прочие домашние животные [8]. Сложившаяся ситуация активизировала борьбу с этим хищником. В период интенсивной борьбы с ним (1955-1957 гг.) на

территории Белгородской области ежегодно добывали до 300 волков. Поэтому за 10 лет численность их в области резко сократилась и к 1966 г. этот вид остался лишь в трех районах: Алексеевском, Корочанском и Ровеньском, а в 1967 г. он был обнаружен только лишь в двух районах: Чернянском и Красногвардейском – смежных с Алексеевским районом.

В последние четыре года первого периода численность волка на территории Белгородской области увеличилась (рис. 1). Поэтому волка вновь начали добывать. Размер официального изъятия составил почти 80% поголовья этого хищника в Белгородской области.

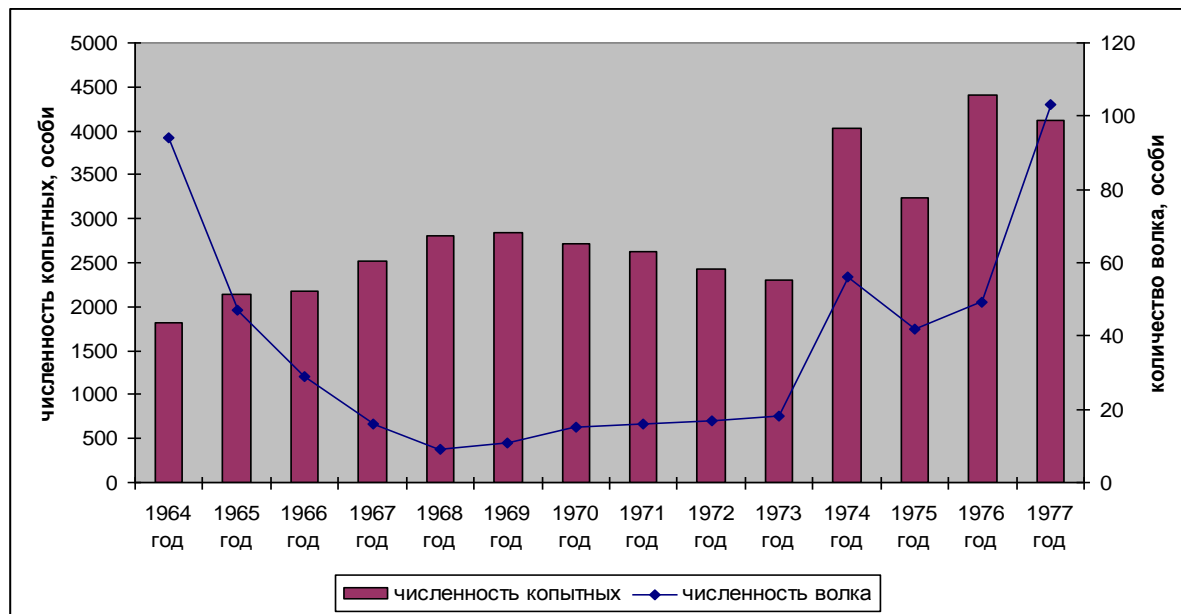


Рис. 1. Динамика численности копытных и волка на территории Белгородской области в первый период.

Такой высокий процент опромышления белгородской популяции волка можно объяснить тем, что из 135 добытых хищников, по которым мы располагаем сведениями, почти половина (45%) приходилась на волчат, взятых из логова. В последующие 10 лет (1979-1988), когда было добыто 436 волков, доля волчат уменьшается до 36%. Объясняется это тем, что волки начали устраивать логова в более глухих местах [10].

Подробной информацией о состоянии популяций волка и копытных мы располагаем начиная с 1964 г., поэтому и рассмотрим как складывались взаимоотношения хищника и его жертв на территории Белгородской области за последние 50 лет.

В 1964 г. площадь ареала белгородской популяции волка составляла 130,7 тыс. га или 44% от площади биотопа, свойственного для этого вида. На этой территории обитало 94 волка и 1810 особей копытных, то есть на одного хищника приходилось около 20 особей жертв. При этом необходимо учесть, что численность белгородской популяции кабана в этом году была минимальной (60 особей) за последние 50 лет и составляла всего лишь 3%, а доля лося составляла 14% от общей численности копытных Белгородской области. Поэтому «пресс» волка в 1964 г. в основном ложится на косулю, доля которой в этом году составляла 83% от общей численности сообщества копытных области.

Начиная с 1966 г. наблюдается стадия депрессии в популяции волка, которая продолжается до 1973 г. В это время численность волка на территории Белгородской области находилась, в основном, в пределах 11-18 особей, а площадь его обитания составляла от 15 до 25% территории, пригодной для этого вида. Поэтому в эти годы, число копытных, приходящихся на одного волка, было максимальным за весь первый период и составляло 250 особей (рис. 2).

Процесс, происходящий в популяции хищника, ослабил его давление на популяции жертв, поэтому общая численность копытных начала понемногу увеличиваться. Как видно из рис. 2, этот процесс у них происходил по-разному. Численность косули – основной жертвы волка, направленно снижалась и к 1974 г. доля её снизилась с 79% до 41%, то есть почти в два раза, в то время как доля популяции лося увеличилась, примерно, в два раза (с 8 до 20%), а доля кабана направленно возростала и к 1974 г. увеличилась втрое (с 13 до 39%).

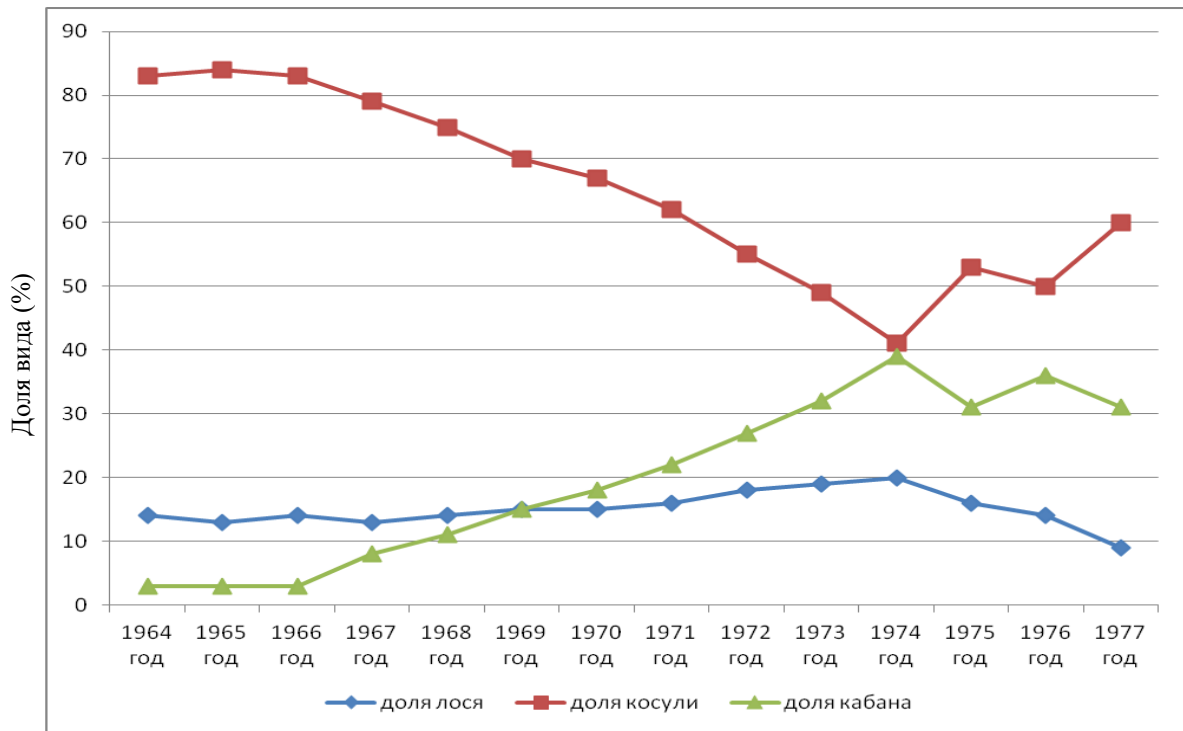


Рис. 2. Доля вида в сообществе копытных (%), обитающих на территории Белгородской области

В последние четыре года первого периода численность копытных по сравнению с его началом увеличилась почти в 2,5 раза. Причем, это произошло за счет косули, доля которой в сообществе копытных увеличилась с 41% до 60%, то есть примерно в 1,5 раза. Численность кабана в эти годы существенно не изменялась (31-39%), а поголовье лося сократилось с 20% до 9% в связи с неумеренным его промыслом.

В эти же годы, одновременно с увеличением численности копытных, происходило увеличение численности волка, поголовье которого в этот период увеличилось примерно в 2 раза, и практически достигло уровня первых лет рассматриваемого периода.

В первый период площадь ареала белгородской популяции волка находилась в пределах 124 – 144 тыс. га, т. е. размеры его существенно не изменялись. Почти то-же самое можно сказать и о пространственной структуре популяции хищника (рис. 3).

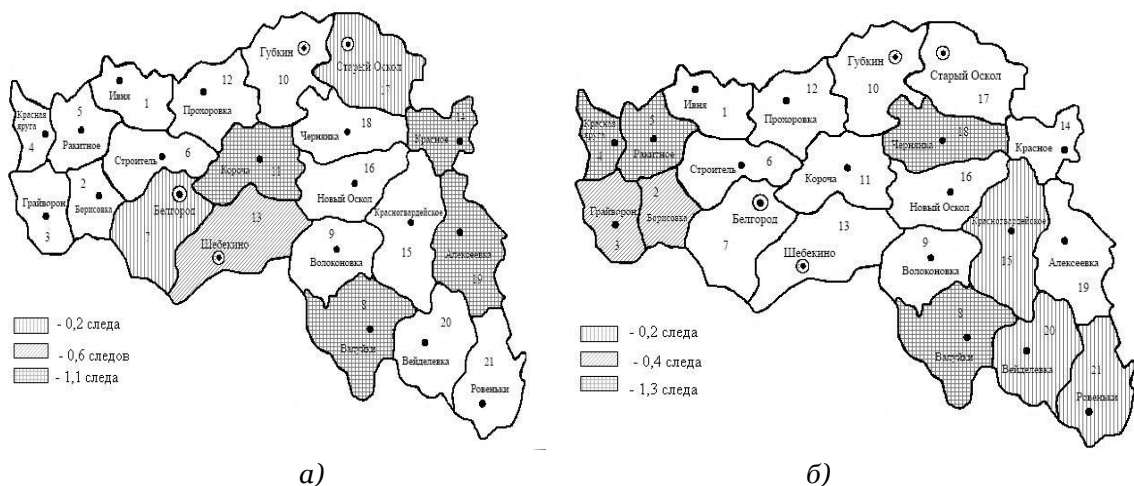


Рис. 3. Среднее число следов волка на 10 км маршрута в административных районах Белгородской области (а – в 1964 году; б – в 1976 году).

Как видно из рисунка 3, в начале и в конце изучаемого периода большая часть населения волка обитала в основном на востоке Белгородской области. Эта закономерность сохраняется на протяжении всех 14 лет первого периода. На западе Белгородской области волк был зарегистрирован на протяжении 11 лет, а в центральной ее части число таких лет было почти вдвое меньше.

В начале второго периода (1982 г.) площадь ареала белгородской популяции волка составила 162 тыс. га. Она была представлена двумя группировками: западной, на долю которой приходилась примерно пятая часть площади его ареала и юго-восточной, размеры которой были примерно в 4 раза больше площади западной группировки. В каждой из этих группировок обитало примерно 10 особей хищника.

В пределах ареала западной группировки волка в 1982 г. обитало 267 копытных, средняя плотность населения которых составляла 7.9 особей. На этой территории на одного волка приходилось в среднем около 30 особей копытных, из них доля косули составляла 52%.

В пределах ареала юго-восточной группировки волка обитало 1242 особи копытных, почти половину поголовья которых составляла доля косули. На рассматриваемой территории на одного хищника приходилось 124 жертвы, а на западе Белгородской области число потенциальных жертв было в 4 раза меньше.

В первой группировке самая острая напряженность межвидовой борьбы наблюдалась в Борисовском и Грайворонском районах, где на одного волка приходилось 28 особей копытных.

Во второй группировке наиболее острая межвидовая борьба в 1982 г. отмечалась в Алексеевском и Красненском районах, где на одного волка приходилось 63 особи копытных, то есть более чем в два раза больше, чем на западе Белгородской области (рис. 4).

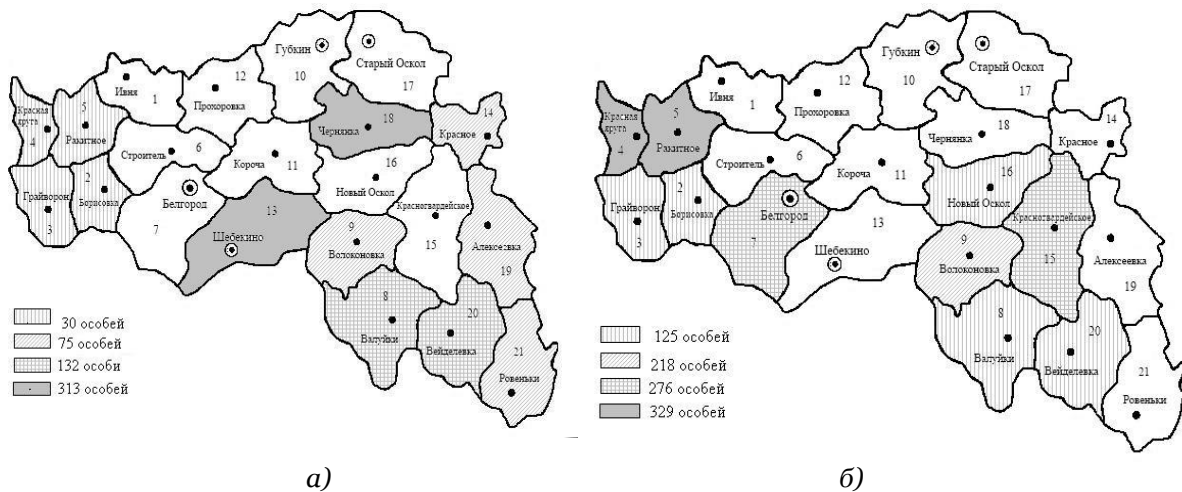


Рис.4. Среднее число копытных, приходящихся на одного волка на территории Белгородской области (а – в 1982; б - в 1989 г.)

Таким образом, в 1982 г. в пределах ареала белгородской популяции волка, которая в этом году освоила 58,6% территории, свойственной для этого вида, на одного волка приходилось в среднем 84 особи копытных, из которых почти половина потенциальных жертв (48,1%) приходилась на косулю и 38,6% – на кабана. Средняя плотность волка в этом году составила 0,11 особей, а средняя плотность копытных, обитающих совместно с волком, составила 9,3 особи.

В 1982 г. в пределах ареала копытных на 41,4% его площади волки не были зарегистрированы. На этой территории обитало 1336 особей копытных, средняя плотность населения которых составляла 11,6 особей, а на «волчьей» территории она составила 9,3 особи, то есть была в 1,2 раза меньше. Следует особо подчеркнуть, что на освоенной волком территории крупные копытные (лось и благородный олень) в 1982 г. составляли 13,2% от общей численности копытных, а на свободной от волка территории крупных копытных было 24,9%, то есть больше примерно в два раза.

Что же касается мелких копытных (косули и кабана), то это соотношение в году 1982 г. выглядит следующим образом: на «волчьей» территории доля косули в сообществе копытных составляла 48,1%, то есть почти половину их общей численности, а на свободной от хищника территории – удельный вес этого наиболее уязвимого копытного составлял 39,1%, а кабана – 36%. Таким образом, мелких жертв копытных на свободной от хищника территории было 75%, а на территории, освоенной волком доля этих видов составила 87% от общей численности ко-

пытных. Как видно, число потенциальных жертв в местах совместного обитания волка и копытных в 1982 г. было в 1,2 раза больше, чем на свободной от волка территории.

Как видно из рисунка 4, основная часть населения волка в начале и в конце второго периода обитала, в основном, на востоке Белгородской области. Эта закономерность сохраняется на протяжении всех 10 лет второго периода. Однако, площадь обитания волка на этой территории существенно изменялась. Так, например, в 1988 г. волк освоил 75% (120,4 тыс. га) площади биотопа, а в 1985 г. «волчья» территория на востоке Белгородской области сократилась до 43% площади биотопа.

Примерно такая же ситуация наблюдалась и на западе области. Здесь волк встречался на протяжении всего второго периода, но размеры освоенной им территории колебались в пределах 40-60%. В центральной части Белгородской области волк был зарегистрирован только на протяжении шести лет. Максимальная площадь его обитания была зафиксирована в 1984 г., когда хищник освоил 62% биотопа, а минимальная – в 1983 и 1985 гг., когда ареал обитания волка составил всего лишь 13% площади биотопа.

В разных частях Белгородской области происходило разнонаправленное изменение площади обитания хищника, что и определяло общую площадь его ареала, которая во втором периоде находилась в основном в пределах 116.3- 206.5 тыс. га.

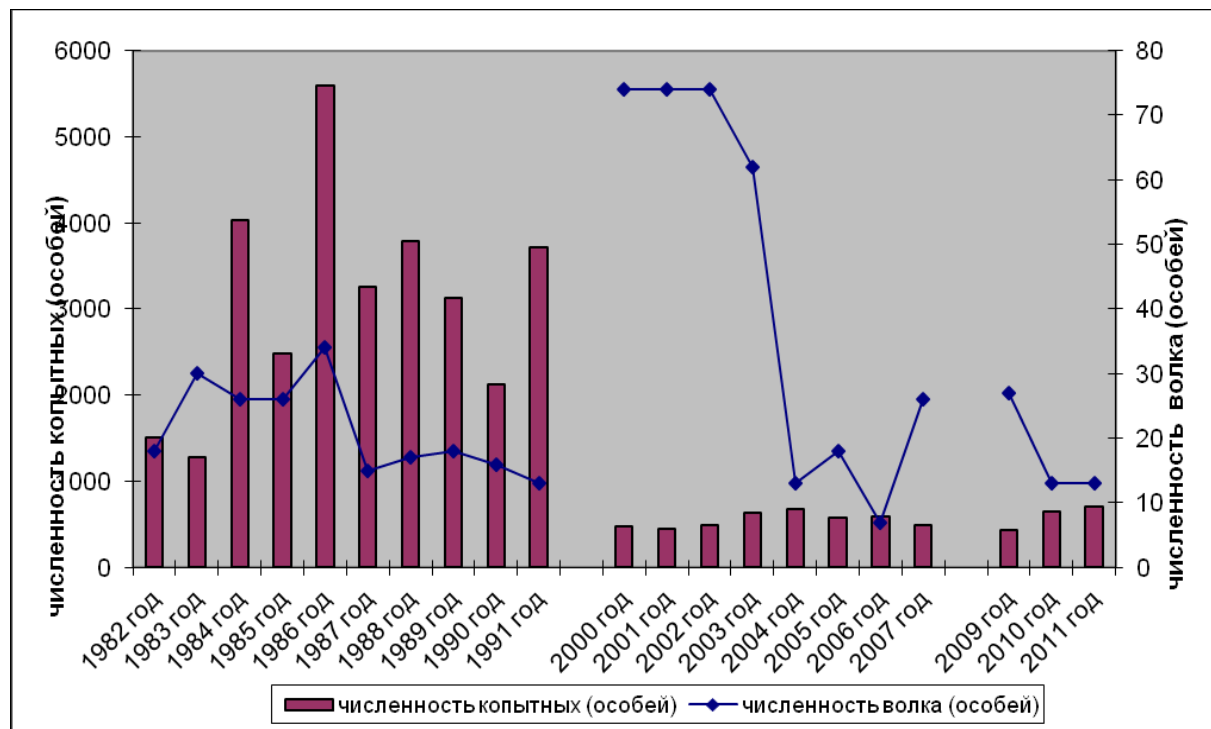


Рис 5. Динамика численности копытных и волка на территории Белгородской области во второй и третий периоды

Как видно из рисунка 5, в целом в Белгородской области во втором периоде обитало от 13 до 34 волков. Копытных в эти годы насчитывалось в среднем 3088 особей. При этом максимальная численность копытных отмечена в 1986 г. (5.6 тыс. особей), а минимальная – в 1983 (1.3 тыс. особей). При этом следует отметить, что максимальная численность копытных приходится на год с максимальной численностью хищника. В этом году на одного волка приходилось 164 особи копытных. Наименьшая напряженность межвидовой борьбы наблюдалась в 1991 г. В этом году численность волка была минимальной (13 особей), тогда как общее количество копытных на «волчьей» территории составляло 3709 голов, т.е., на одного хищника в 1991 г. приходилось 285 особей жертвы. Максимальная напряженность межвидовой борьбы наблюдалась в 1983 г., когда был зафиксирован минимум копытных на «волчьей» территории, а численность хищника была близка к максимуму (30 особей). В результате, на одного волка приходилось всего 43 особи жертвы (рис. 6).

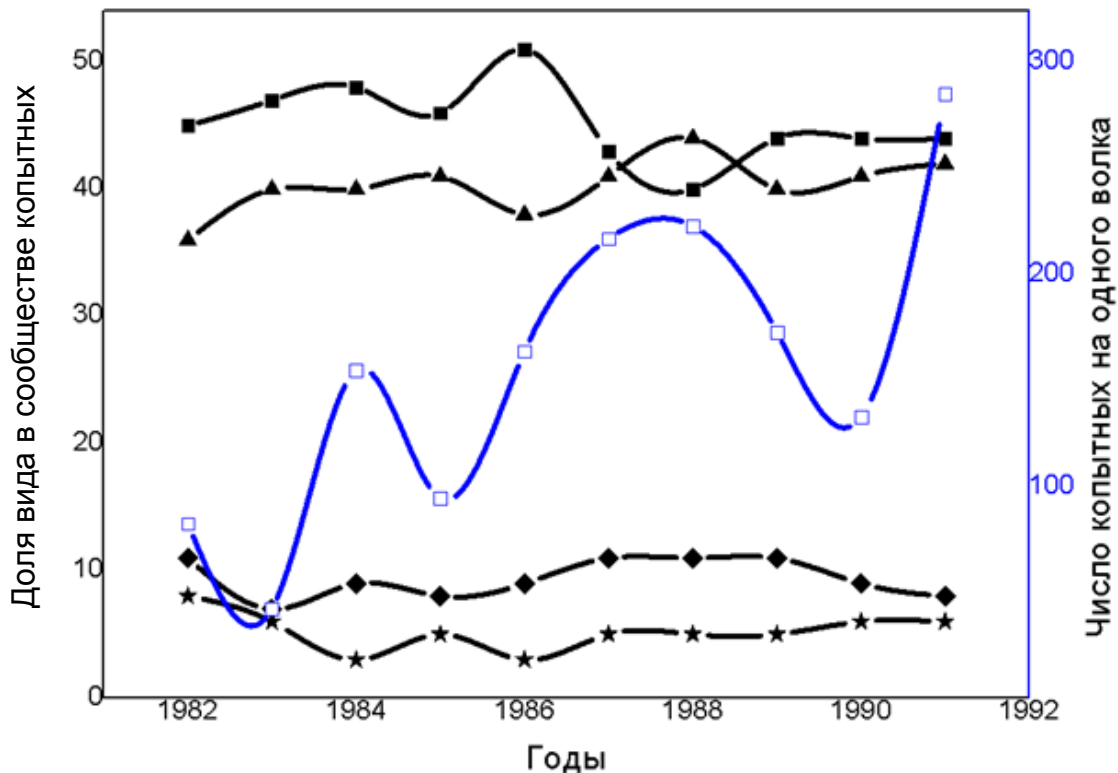


Рис. 6. Доля вида в сообществе копытных и среднее число их, приходящихся на одного волка на территории Белгородской области во втором периоде: ■ – косуля, ▲ – кабан, ◆ – лось, ★ – благородный олень, □ – число копытных приходящихся на одного волка

Площадь ареала белгородской популяции волка в начале III периода (2000 г.) составила 90,7 тыс. га, в следующем году она увеличилась до 144,8 тыс. га., и в этом периоде достигла максимального значения. Начиная с 2002 г. происходит в основном направленное сокращение площади ареала хищника. Наименьшая площадь ареала волка отмечена в 2010 г., когда он освоил всего лишь 12% площади биотопа, а наибольшая площадь его обитания наблюдалась в 2001 г. (48%). На этой территории в 2001 г. В этом году было учтено 74 волка, тогда как в 2010 г., было зарегистрировано всего 13 хищников.

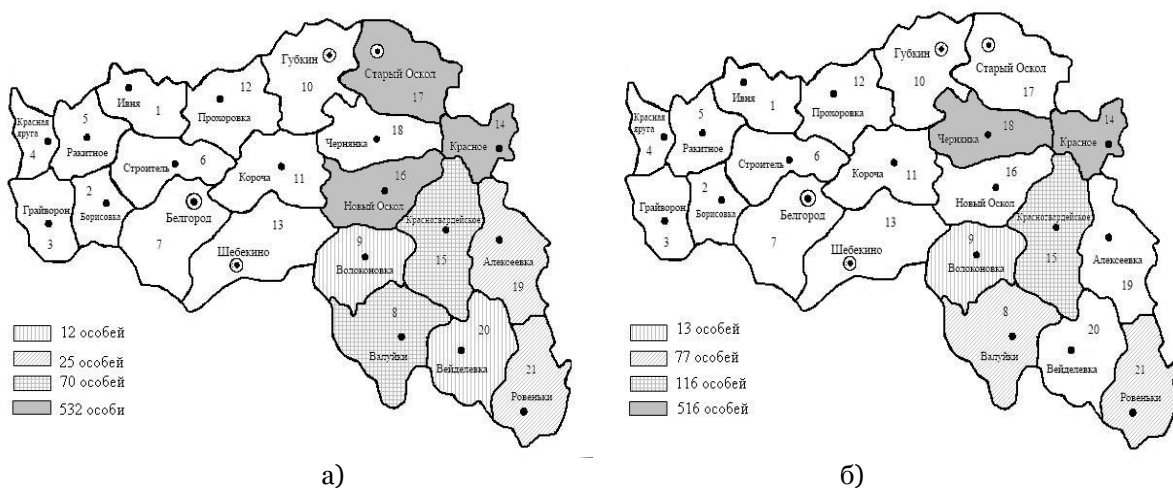


Рис. 7. Среднее число копытных, приходящихся на одного волка на территории Белгородской области (а – в 2001 г.; б – в 2009 г.).

Следует особо подчеркнуть, что в эти годы волки были зарегистрированы только в восточной части области, где они встречались на протяжении всего третьего периода. В центральной части хищника не было пять лет, а на западе области волк встречался всего лишь три года подряд.

Как видно из рисунка 7, в начале и в конце третьего периода основная часть популяции хищника обитала на востоке Белгородской области. Такая же закономерность была выявлена в первом и втором периодах.

Ситуация в популяции волка, в третьем периоде выглядела следующим образом. Площадь его обитания в конце периода по сравнению с его началом сократилась в 2.5 раза. В 2010 г. волк зарегистрирован только в двух восточных районах области: Валуйском и Волоконовском, где было учтено 13 особей. В этом году здесь обитало 736 особей копытных, то есть на одного хищника приходилось в среднем 56.6 особей жертвы. Однако, в Валуйском районе на одного хищника приходилось 102 жертв, а в Волоконовском - около 18, т. е. почти в 6 раз меньше.

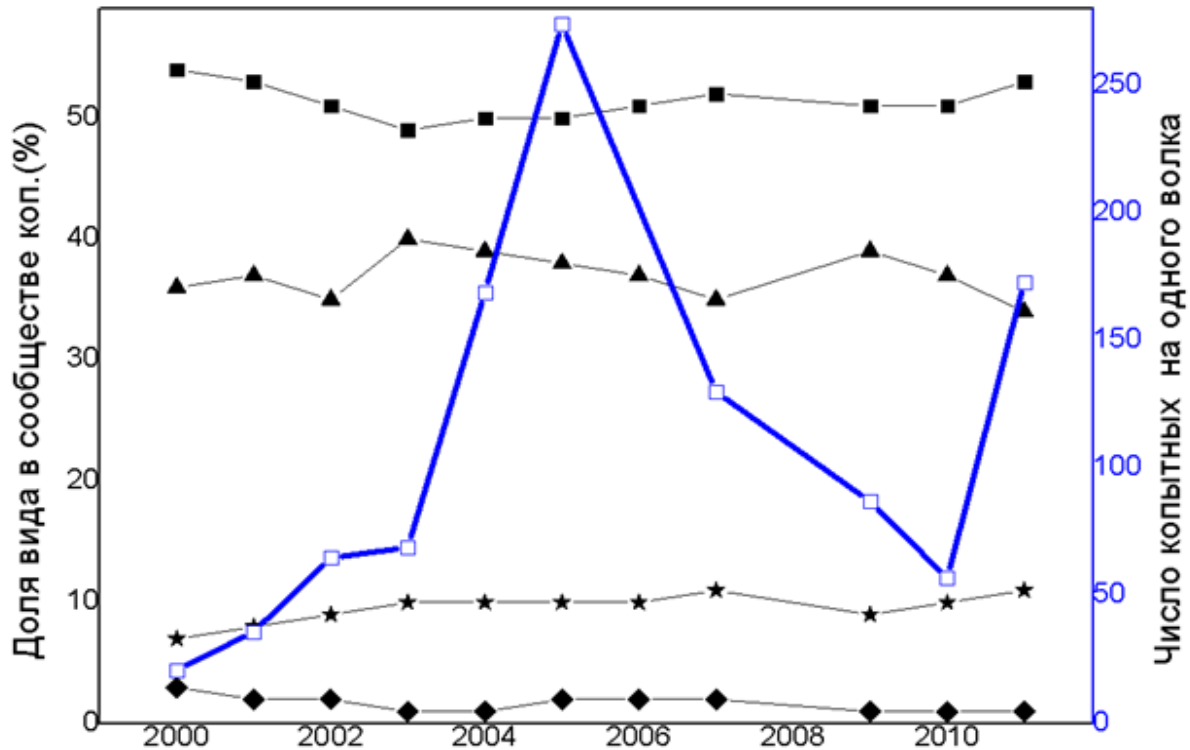


Рис.8. Доля вида в сообществе копытных и среднее число их, приходящееся на одного волка на территории Белгородской области в третьем периоде: ■ – косуля, ▲ – кабан, ◆ – лось, ★ – олень, □ – число копытных на одного волка

В начале третьего периода (2000 г.) на территории, где регистрировался волк, обитало 1583 особи копытных, из них на долю лося и благородного оленя приходилось от 2% до 3%; доля кабана составила 31%, тогда как на косулю приходилось 65%. Среди копытных ведущая роль в течение всего третьего периода принадлежит косуле (рис. 8).

Максимальное количество копытных на территории, занимаемой волком, отмечалось в 2005 г. и составило 4931 особь; минимальное – регистрировалось в 2010 г. – всего 736 особей. В поливидовой группировке копытных в эти годы доля европейской косули превалировала над тремя остальными видами и составила 44% и 69% соответственно.

Доля лося на протяжении третьего периода не превышала 3%. Такая же картина в популяции лося наблюдалась и на «волчьей» территории, и там, где волк не был зафиксирован. Доля косули на территории обоих типов находилась в пределах 49-56%.

В результате проведенного анализа мы выяснили наиболее значимые события, происходящие в популяциях копытных и волка в каждом из трех периодов. В заключении рассмотрим динамику процессов, происходящих в популяции волка за последние 50 лет, которые практически привели к его почти полному исчезновению на территории Белгородской области.

В 1964–1965 гг. площадь ареала белгородской популяции волка была стабильной и находилась в пределах 140–145 тыс. га. В 1966 г. размеры его сокращаются примерно втрое и на этом уровне площадь ареала сохраняется и в следующем году. В последующие пять лет рассматриваемый параметр изменяется скачкообразно. Начиная с 1973 г. происходит в основном направленное увеличение площади ареала белгородской популяции волка и в 1978 г. размеры



его достигают 207 тыс. га, т.е. возрастают почти в 5 раз по сравнению с его минимальным значением, которое наблюдалось в 1967 г.

Во втором анализируемом периоде (1982–1991 гг.) рассматриваемый параметр изменяется скачкообразно, но в 1984 г., 1986 г. размеры его увеличиваются до 201–207 тыс. га, т. е. площадь ареала белгородской популяции волка достигает уровня 1978 тыс. га. После расширения ареала площадь его в основном направленно сокращалась и его размеры в 1991 г. уменьшаются примерно в 1.5 раза. В последние 10 лет изучаемого периода площадь ареала белгородской популяции волка продолжает сокращаться.

Динамику численности белгородской популяции волка мы имеем возможность проследить, начиная с 1960 г. На территории Белгородской области в 1960–1961 гг. обитало примерно 120 волков, что является рекордным показателем за период исследования. Затем численность их направленно сокращалась и к 1968 г. она уменьшилась в 12 раз. Начиная с этого года и вплоть до 1977 г. поголовье волка стабилизируется на уровне 10–18 особей, а затем его численность возрастает и в 1977 г. поголовье хищника почти достигает уровня 1960–1961 гг. – 103 особи. В последующие пять лет наступает фаза депрессии, а поэтому численность волка в 1982 г. по сравнению с 1977 г. уменьшается до 18 особей, т.е. почти в шесть раз, и примерно на этом уровне поголовье волка остается до 1991 г.

В последующие девять лет происходит рост численности белгородской популяции волка и в 2000 г. на этой территории было учтено 74 волка, т. е. почти в пять раз больше, чем в 1991 г.

В 2001–2002 гг. численность волка стабилизируется на уровне 2000 г., но уже в 2003 г. намечается тенденция к ее сокращению, а в 2004 г. происходит почти пятикратное сокращение поголовья волка и примерно на этом уровне численности белгородская популяция волка стабилизируется. Но в 2013 г. во время учета, который проводится после окончания промыслового сезона, не было обнаружено ни одного волка.

Анализ состояния белгородской популяции волка показал, что за последние 50 лет численность этого хищника существенно изменялась. Периоды подъема численности вида сменялись периодами стабилизации, на смену которым приходила стадия депрессии. В результате этих процессов, происходящих в изучаемой популяции, в настоящее время этот хищник на территории Белгородской области почти исчез.

Заключение

За последние 50 лет численность и площадь ареала белгородской популяции волка очень сильно изменялись. В начале рассматриваемого периода на изучаемой территории обитало примерно 120 волков, а площадь популяционного ареала достигала 200 тыс.га, а в конце его первый показатель сократился примерно в 10 раз, а второй – в 6 раз.

В середине рассматриваемого периода в пределах обитания волка было учтено 50%, а в конце его – 28% общего поголовья копытных Белгородской области. Плотность населения жертв в эти годы изменялась от 20 до 30 особей на 1000 га. биотопа.

Одной из главных причин деградации белгородской популяции волка является неоправданно высокий процент промысла его популяции (70%–88%), а также охота на снегах, что значительно облегчает добычу волка.

Список литературы

1. Филонов К.П. Копытные животные и крупные хищники на заповедных территориях. – М.: Изд «Наука», 1989. – 256 с.
2. Волк. (под ред. Бибикова Д. И.).- М.: Изд. «Наука», 1985. – 606 с.
3. Шварц С.С. Экологические механизмы эволюционного процесса. // Тр. Ин-та экологии растений и животных УНЦ АН СССР, 1969, вып. 65. – С5-198
4. Ломанов И.К. Закономерности динамики численности и размещения населения лося в европейской части России. – М.: 1995. – 60 с.
5. Рожков Ю.И., Проняев А.В. и др. Лось. Популяционно-биологический анализ лицензионной информации. – М.: Изд. ГУ Центр охотконтроль, 2001, - 263 с.
6. Данилкин А.А. Оценка хищничества: хищники и копытные // Национальный охотничий журнал. Охота №4, 2009, - С 10-13
7. Червонный В.В. Возрастной и половой состав кабанов, лосей и волков, добытых в Белгородской области //Тезисы докладов III Межрегиональной экологической конференции. – Белгород, 1994. Часть III. - С. 98-99.
8. Животный мир Белгородской области (под ред. Присного А.В.), Белгород, ЗАО «Белгородская областная типография», 2012. – С.280.
9. Приклонский С.Г. Зимний маршрутный учет охотничьих животных. //Труды Окского государственного заповедника. Вып. IX, 1973. – С. 35-62.



10. Червонный В.В. Взаимоотношения волка и лося // Копытные фауны СССР. – М.: Изд. «Наука». – 1975. – С.208-209.
11. Северцов С.А. Динамика населения и приспособительная эволюция животных. М.-Л.: Изд. АН СССР, 1942. – 315 с.
12. Volterra V. Principes de biologie mathematique. Acta Biotheoretica, VIII. Part.1, 1937
13. Lotka M.A. Elements of Physical Biology. Baltimore, 1925
14. Приклонский С.Г. Воздействие волка на домашних животных // Волк. М.: Изд. «Наука», 1985. – С. 374-377.
15. Северцов С.А. Хищник и жертва. – в кн.: Памяти академика Северцова А.Н.. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1940. – Т.II, ч. 1. – С.5-59.

FEATURES OF MUTUAL RELATIONS OF A WOLF AND FERAL HOOFED ANIMALS IN TERRITORY OF THE BELGOROD REGION

**V.V. Chervonny,
A.A. Gorbachova**

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

*E-mail: chervonny @ bsu.edu.ru;
gorbacheva@bsu.edu.ru*

In article mutual relations of a wolf and feral hoofed animals on the basis of stuffs of winter routeing accounts of the hunting animals spent by the Belgorod control of the hunting economy last 50 years are considered. On the basis of these data, existential features of mutual relations of kinds in system "predator-victim" are revealed.

Key words: a predator-victim, the Belgorod populations of a wolf and feral hoofed animals.



УДК 577.352.4:582.282.23:57.043

УСТОЙЧИВОСТЬ МЕМБРАН ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* К ХОЛОДОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ В УСЛОВИЯХ ОКИСЛИТЕЛЬНОГО СТРЕССА

**И.П. Горячая,
В.Д. Зинченко,
И.А. Буряк**

Институт проблем криобиологии
и криомедицины НАН Украины,
Украина, 61015, г. Харьков,
ул. Переяславская, 23.

E-mail: irynagor@gmail.com

Исследованы целостность мембран клеток *S. cerevisiae* после цикла замораживание-отогрев (-196°C – $+30^{\circ}\text{C}$), обработанных озоном в различных дозах перед замораживанием, а также жизнеспособность клеток, обработанных озоном в различных дозах после замораживания-отогрева. После цикла замораживание-отогрев клеток в физиологическом растворе без обработки озоном мембраны повреждаются у 60% клеток. В образцах клеток, обработанных озоном в дозе 29 пмоль $\text{O}_3/10^6$ кл перед замораживанием, количество клеток с неповрежденными мембранами близко к 90%, что объясняется существованием перекрестной адаптации между окислительным стрессом и стрессом, вызванным замораживанием-отогревом. Обработка клеток озоном в дозе 29 пмоль $\text{O}_3/10^6$ кл после замораживания-отогрева способствует повышению показателей жизнеспособности клеток (число КОЕ/мл) на 30–50% по сравнению с клетками, не обработанными озоном. Данный эффект объясняется гормезисом – стимуляцией живой системы слабым внешним раздражителем, интенсивность которого недостаточна для проявления вредных воздействий.

Ключевые слова: окислительный стресс, озон, *Saccharomyces cerevisiae*, перекрестная адаптация.

Введение

Известно, что индукция слабого стресса повышает устойчивость клеток к последующему более сильному действию того же стрессора и в некоторых случаях вызывает защиту от других видов стресса [1–3]. Это общее свойство живых систем, которое сформировалось эволюционно. Известен ряд работ, в которых описаны механизмы специфических реакций на различные типы стрессов. Адаптация к холодовому шоку при температуре выше точки замерзания была достаточно широко исследована на примере *Escherichia coli*, которые испытывают холодный стресс при попадании в окружающую среду из организма животного, а также для *Bacillus subtilis* и *S. cerevisiae* [4–8].

Однако существуют также неспецифические ответы на разные виды стрессов, например, определенные группы генов экспрессируются как при тепловом шоке, так и при оксидативном и других видах стресса. [9–11]. Flattery-O'Brien с соавт. [10] установили, что как оксидативный стресс, так и тепловой шок приводят к появлению, по крайней мере, десяти полипептидов, которые могут быть ответственны за перекрестную адаптацию к этим двум видам стресса. Действие осмотического стресса запускает синтез веществ, задействованных в репарации окислительных повреждений, и наоборот [11]. В работе [12] была показана роль антиоксидантного ответа при адаптации дрожжевых клеток к гиперосмотическому стрессу. Все эти данные указывают, что дрожжи *S. cerevisiae*, имеют необходимые молекулярные механизмы, чтобы выжить и адаптироваться к холоду, и что это, вероятно, одна из причин, почему этот вид настолько широко распространен. Таким образом, исследование реакции дрожжей *S. cerevisiae* на холодовый шок и путей запуска адаптационного ответа клеток на холодовые воздействия имеет существенное значение как с практической точки зрения (криоконсервирование и длительное хранение), так и для фундаментальных исследований адаптации живых систем к холоду [13, 14].

Целью настоящей работы явилось исследование влияния обработки дрожжей *S. cerevisiae* озоном в различных дозах на их устойчивость к холодовым воздействиям и эффективность их восстановления после цикла замораживания-отогрева.

Материалы и методы

Дрожжи *S. cerevisiae* (промышленный штамм получен в Санкт-Петербургском отделении Российского НИИ Хлебопекарной промышленности) для исследований выращивали на скошенном сусло-агаре в течение 48 часов при 30°C и смывали с питательной среды физиологическим раствором.

Суспензии клеток дрожжей *S. cerevisiae* в физиологическом растворе замораживали в криопробирках фирмы Corning (США) до -196°C погружением в жидкий азот. После достижения температуры в образце -196°C , его выдерживали в жидком азоте в течение 10 минут, после чего извлекали и оттаивали на водяной бане при 30°C .

Жизнеспособность клеток дрожжей после криоконсервирования определяли чашечным методом Коха по количеству макроколоний (число КОЕ/мл), образованных на агаризованных средах [15, 16]. Клетки культивировали в течение 48 часов при 30°C , после чего проводили подсчет макроколоний.

Окислительный стресс вызывали действием на клетки дозированными количествами озона. Озон для исследований получали из газообразного кислорода производства Харьковского кислородного завода (ГОСТ 5583-78) на озонаторе безбарьерного типа, разработанном в Харьковском физико-техническом институте [17]. Концентрация озона в газовой озонкислородной смеси на выходе озонатора составляла 30 мг/л при потоке 2 л/мин. Озонирование физиологического раствора проводили путем его барботирования озонкислородной смесью. Концентрацию озона в растворе определяли по величине экстинкции на длине волны 255 нм (полоса Хартли) [18, 19] на спектрофотометре «Specord UV VIS» («Carl Zeiss», Германия). Исходная концентрация озона, растворенного в физиологическом растворе, составляла 5 мг/л. Необходимую для введения в суспензию клеток концентрацию озона подбирали эмпирически, разбавляя исходный озонированный раствор физиологическим раствором.

Наблюдения за изменениями целостности мембран проводили с использованием флуоресцентного зонда Square-460, синтезированного в ГНУ «Институт монокристаллов» НАН Украины и предоставляемого фирмой «Setabiomedicals» (США). Распределение клеток по интенсивности флуоресценции и параметры светорассеяния клетками дрожжей регистрировали с помощью проточного цитофлуориметра «FACS Calibur» («BD», США) [20; 21] при длине волны возбуждения 488 нм. Флуоресцентные микрофотографии получали при помощи конфокального лазерного сканирующего микроскопа «Axio Observer Z1» («Carl Zeiss», Германия). Использовали набор фильтров для флуоресценции 20 («Carl Zeiss»). Флуоресценцию возбуждали светом с длиной волны 470 нм. Клетки окрашивали путём 15-минутной инкубации в среде, содержащей краситель «Square-460» в концентрации 40–70 мкмоль/л для микроскопических исследований или 4–7 мкмоль/л для исследования на проточном цитофлуориметре, отмывали свободный краситель с помощью центрифугирования в течение 3 мин при 800 g.

Результаты представлены по данным не менее 5 независимых экспериментов. Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью компьютерной программы «Origin 8.5». Данные оценивали, используя параметрический t-критерий Стьюдента. Результаты приведены в виде средних арифметических значений, их разброс описан среднеквадратической ошибкой средней величины ($p < 0.05$).

Результаты и их обсуждение

На первом этапе работы исследовали влияние обработки клеток дрожжей *S. cerevisiae* озоном после замораживания-отогрева на целостность их мембран и жизнеспособность. На рис. 1 представлены флуоресцентные микрофотографии клеток *S. cerevisiae*, окрашенных зондом Square-460 без замораживания и после замораживания-отогрева.

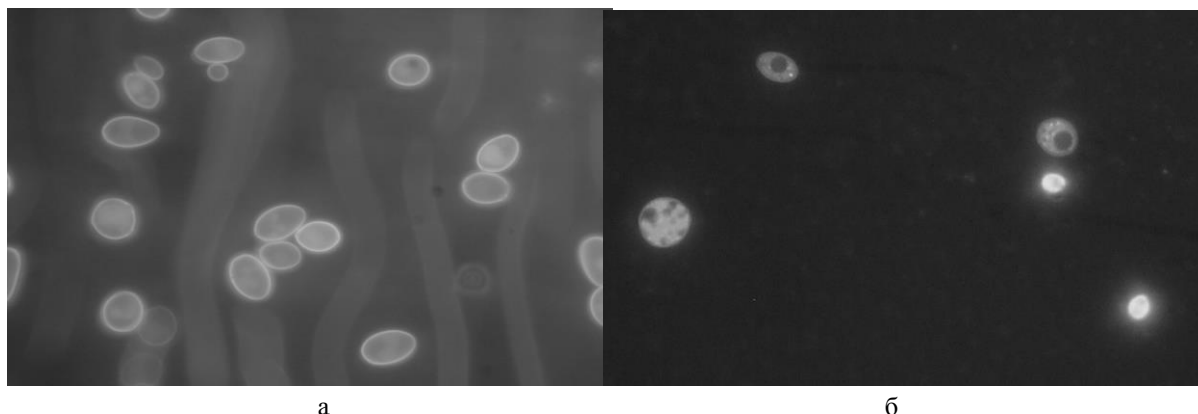


Рис. 1. Флуоресцентные микрофотографии клеток *S. cerevisiae*, окрашенных зондом Square-460 без замораживания (а) и после замораживания-отогрева (б)

Клетки, не подвергавшиеся замораживанию, характеризуются однородным свечением оболочек (см. рис. 1а). После замораживания-отогрева (см. рис. 1б) в некоторых клетках воз-

растает четкость флуоресценции внутренних структур, что объясняется перераспределением красителя внутри клетки. Одновременно наблюдаются полностью разрушенные клетки, утратившие свою начальную форму. У таких клеток сильно повышается общая интенсивность флуоресценции, что объясняется накоплением в них красителя, который проникает в клетки после нарушения целостности клеточных стенок и мембран.

На рисунке 2 представлены точечные гистограммы клеток *S. cerevisiae* до и после замораживания-отогрева без обработки озоном.

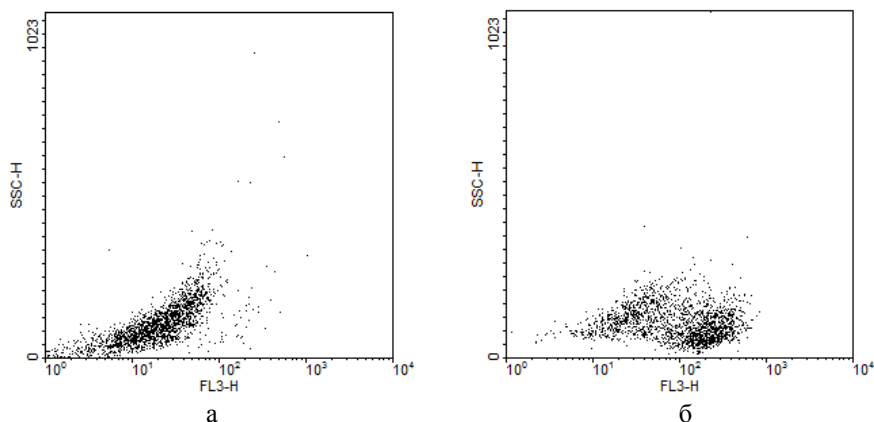


Рис. 2. Точечные гистограммы клеток *S. cerevisiae* окрашенных зондом Square-460: а) до замораживания; б) после замораживания до -196°C и отогрева до 30°C

Можно видеть, что замораживание-отогрев клеток приводит к появлению гейта в области значений FL3-H 10^2 - 10^3 (см. рис. 2б), что соответствует клеткам с поврежденными мембранами. Зонд Square-460 проникает в клетки с поврежденными мембранами, вызывая повышение интенсивности их флуоресценции [22] Регистрируется также пул клеток с более низким уровнем флуоресценции, мембраны которых не были повреждены в ходе замораживания-отогрева. Количество клеток с поврежденными мембранами составляет около 60% от общего пула.

После отогрева клетки обрабатывали озоном в различных дозах. Полученная зависимость показателей колониеобразования дрожжей *S. cerevisiae* от дозы озона представлена в таблице 1. В диапазоне низких доз озона (менее 42 пмоль $\text{O}_3/10^6$ кл) наблюдается тенденция к повышению жизнеспособности дрожжей в ответ на введение озона.

Таблица 1

Жизнеспособность клеток *S. cerevisiae* после замораживания-отогрева и обработки озоном в различных дозах

Концентрация озона в образце, мг/л	Доза озона, пмоль $\text{O}_3/10^6$ кл	Жизнеспособность, число КОЕ/мл $\times 10^7$
0 (контроль)	0	3.6 ± 0.06
0.05	13	$4.2 \pm 0.1^*$
0.07	23	$4.6 \pm 0.05^*$
0.09	29	$7.3 \pm 0.06^*$
0.13	42	$4.9 \pm 0.08^*$
0.2	65	3.8 ± 0.02
0.3	97	$4 \pm 0.3^*$
0.38	120	$2.8 \pm 0.07^*$
0.75	240	1.1 ± 0.02

Примечание: * - $p < 0.05$ по сравнению с контролем.

Показатели жизнеспособности дрожжей, обработанных озонированным физиологическим раствором с конечной дозой озона 29 пмоль $\text{O}_3/10^6$ кл, достоверно выше, чем показатели жизнеспособности дрожжей в контрольных образцах, не обработанных озоном. При указанной дозе озона эффект стимуляции колониеобразования максимален, число КОЕ увеличивается примерно на 50% по сравнению с его значением для необработанных клеток.

При увеличении дозы озона более 65 пмоль $\text{O}_3/10^6$ кл эффект повышения жизнеспособности дрожжей не наблюдается, однако, до дозы 120 пмоль $\text{O}_3/10^6$ кл не происходит инактивация дрожжей. При достижении дозы озона 240 пмоль $\text{O}_3/10^6$ кл, жизнеспособность дрожжей снижает-

ся в 3 раза по сравнению с контролем. Доза озона свыше 240 пмоль $O_3/10^6$ кл (в табл. 1 не показаны) вызывают резкое снижение жизнеспособности клеток вплоть до их гибели.

Таким образом, экспериментально установлено, что стимуляция пролиферативной активности замороженных-оттаянных дрожжей *S. cerevisiae* проявляется при введении озона в дозах менее 42 пмоль $O_3/10^6$ кл в суспензию клеток после их оттаивания.

Представленная в таблице 1 зависимость показателей деления и роста от дозы озона согласуется с существующими представлениями о характере адаптивного ответа живой системы на стресс, в зависимости от величины стресса (триада Селье) [23, 24]. Обобщенная схема ответа живой системы на стресс представлена на рисунке 3. Стресс начинается стадией тревоги (alarm – реакции), во время которой мобилизуются защитные силы клетки. На этапе тревоги стресс запускает адаптивные функции клетки – активируется экспрессия стрессовых генов. Во многих случаях на стадии тревоги наблюдается активация процессов жизнедеятельности – гормезис [25–27].



Рис. 3. Характер ответа клеток на действие озона, в зависимости от его дозы

Обычно в ответные реакции при гормезисе вовлекаются белки ионных каналов и киназы, а также факторы транскрипции, регулирующие экспрессию генов, которые кодируют белки защиты клеток. Некоторые из белков горметического стресса, присутствующие в больших количествах, в настоящее время идентифицированы, включая белки-шапероны, такие как белки теплового шока, антиокислительные ферменты – супероксид дисмутаза и глутатион пероксидаза и факторы роста - инсулин-подобные факторы роста [28, 29]. Таким образом, описанное выше увеличение активности деления и роста клеток *S. cerevisiae*, которое наблюдается при дозах озона менее 42 пмоль $O_3/10^6$ кл, может быть объяснено явлением гормезиса. Более всего данный эффект выражен при дозе озона 29 пмоль $O_3/10^6$ кл.

Во второй фазе триады Селье – фазе адаптации – в живой системе на основании изменений, прошедших во время первой фазы, включаются главные механизмы адаптации. Они характеризуются снижением активности гидролитических и катаболических реакций и усилением процессов синтеза, при этом происходит обратимое торможение деления и роста клеток [30]. В эксперименте с клетками *S. cerevisiae* данное явление наблюдается при дозах озона, близких к 10^2 пмоль $O_3/10^6$ кл. Дальнейшее усиление стрессорного воздействия приводит к третьей фазе стресса – фазе истощения, что ведет к гибели клеток [4, 30, 31]. На клетках *S. cerevisiae* это наблюдается в диапазоне доз озона 10^3 пмоль $O_3/10^6$ кл и выше (в табл. 1 не показано).

Представляет интерес использовать адаптивный ответ клеток на стресс, вызываемый перед замораживанием, для повышения устойчивости их к факторам замораживания. В этом состоял второй этап данной работы.

Клетки *S. cerevisiae* в физиологическом растворе перед замораживанием обрабатывали озоном в различных дозах и методом проточной цитофлуориметрии регистрировали появление клеток с поврежденными мембранами в общей популяции сразу после обработки озоном без замораживания и после замораживания-отогрева. На рисунке 4 представлены полученные точечные гистограммы клеток *S. cerevisiae*.

Обработка клеток озоном в дозах ниже 240 пмоль $O_3/10^6$ кл не вызывает повреждений мембран в отсутствие замораживания (см. рис. 4).

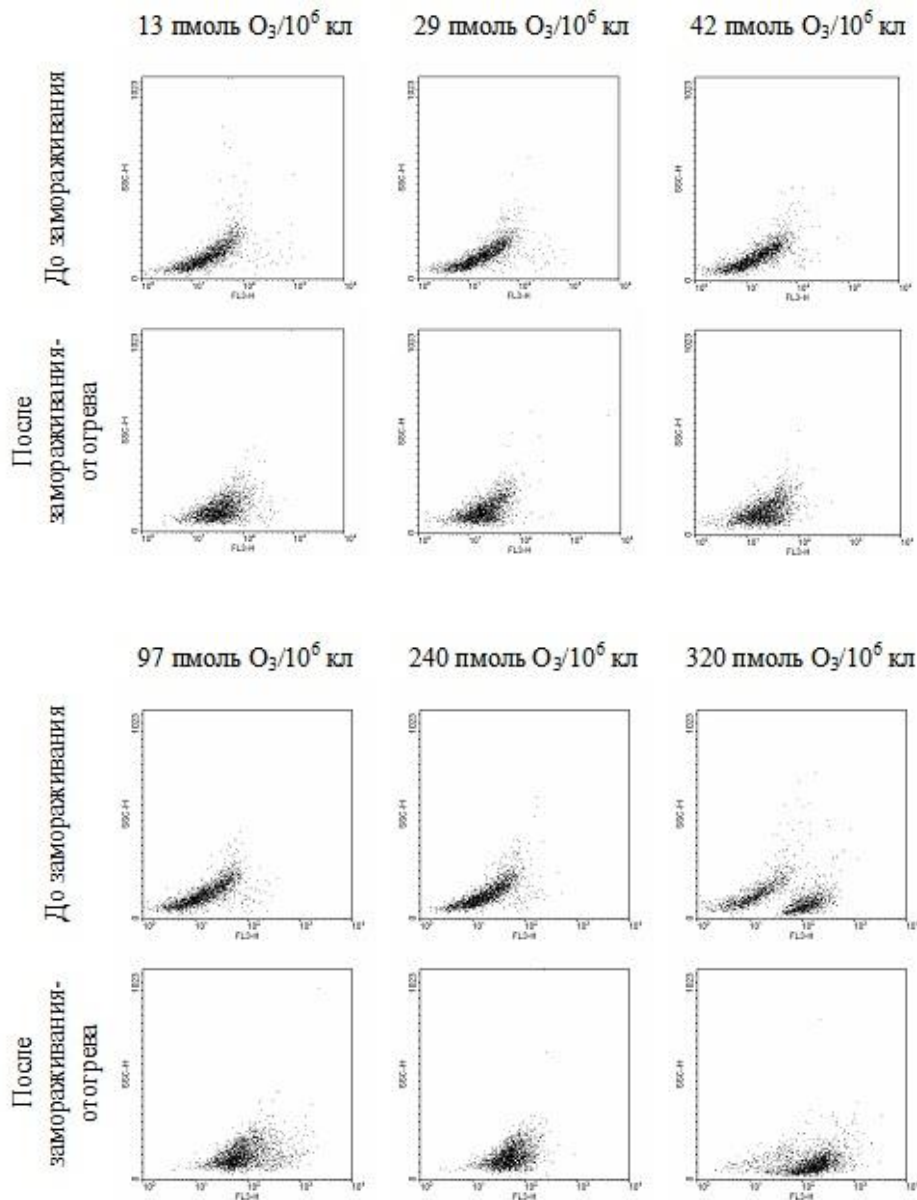


Рис. 4. Точечные гистограммы дрожжей *S. cerevisiae* после обработки озоном в различных дозах

Однако после замораживания-отогрева основная часть мембран клеток, обработанных озоном в дозах 13–22 $\mu\text{mol O}_3/10^6$ кл, повреждается. Об этом свидетельствует смещение гейта к высоким значениям (до 10^2) флуоресценции FL3-H. При дозах озона выше 240 $\mu\text{mol O}_3/10^6$ кл наблюдается повреждение мембран уже на этапе обработки клеток озоном, причем замораживание приводит к увеличению количества клеток с поврежденными мембранами (синергизм повреждающего действия озона в высоких дозах и замораживания).

При дозе озона 29–42 $\mu\text{mol O}_3/10^6$ кл гейт расположен в области значений FL3-H ниже 10^2 , что соответствует неповрежденным клеткам (см. рис. 2). Следовательно, обработка клеток *S. cerevisiae* в дозе 29–42 $\mu\text{mol O}_3/10^6$ кл перед замораживанием позволяет избежать повреждений их мембран при замораживании до -196°C и последующем отогреве. Мы объясняем этот факт запуском естественных защитных механизмов, как результат перекрестной адаптации при адаптивном ответе клеток на окислительный стресс.

Микроорганизмы, которые сталкиваются с серьезными перепадами температур в их естественной среде обитания, должны быть оснащены клеточными механизмами ответа на эти изменения и адаптации к ним.

При замораживании-отогреве, как и при других видах стрессов в дрожжах *S. cerevisiae* синтезируются стрессовые белки [32] или метаболиты, такие как трегалоза и глицерин [33, 34]. Трегалоза стабилизирует структуру внутриклеточной воды и клеточные мембраны в условиях стресса [33]. Гибкость клеточных мембран считается важным фактором при замораживании-оттаивании, так как мембрана является основной мишенью повреждений при замораживании-оттаивании. Известно, что мембранная гибкость может быть модифицирована путем связывания сахаридов, действующих как криопротекторы [33], или путем изменения фосфолипидов и нейтральных липидных композиций [35]. Адаптивная реакция на слабый окислительный стресс служит пусковым механизмом для включения генетически детерминированных защитных реакций клеток на холодовой стресс.

Выводы

Показано, что в клетках *S. cerevisiae*, обработанных перед замораживанием озоном в дозе 42 пмоль $O_3/10^6$ кл снижается уровень повреждения мембран, что указывает на существование перекрестной адаптации между холодовым и окислительным стрессами. Обработка клеток озоном в дозе 29 пмоль $O_3/10^6$ кл после замораживания-отогрева способствует повышению эффективности восстановления их деления и роста, что объясняется явлением гормезиса.

Список литературы

1. Park J.-I., Grant C.M., Atfield P.V., Dawes I.W. The Freeze-Thaw Stress Response of the Yeast *Saccharomyces cerevisiae* Is Growth Phase Specific and Is Controlled by Nutritional State via the RAS-Cyclic AMP Signal Transduction Pathway // *Applied and Environmental Microbiology*. – 1997. – Pp. 3818–3824.
2. Mager W., Ferreira M. Stress response of yeast // *Biochem. J.* – 1993. – Vol. 290. – Pp. 1–13.
3. Mazur P. Cryobiology: the freezing of biological systems // *Science*. – 1970. – Vol. 168. – Pp. 939–949.
4. Weber M.H., Marahiel M.A. Bacterial cold shock responses // *Sci. Prog.* – 2003. – Vol. 86. – Pp. 9–75.
5. Ermolenko D.N., Makhatadze G.I. Bacterial cold-shock proteins // *Cell.Mol. Life Sci.* – 2002. – Vol. 59. – Pp. 1902–1913.
6. Zhang L., Ohta A., Horiuchi H., Takagi M., Imai R. Multiple mechanisms regulate expression of low temperature responsive (LOT) genes in *Saccharomyces cerevisiae* // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 2001. – Vol. 283. – Pp. 531–535.
7. Phadtare S., Yamanaka K., Inouye M. The cold shock response. In: Storz G., Hengge-Aronis R., editors. *Bacterial stress responses* // ASM Press, Washington, D.C. – 2000. – Pp. 33–45.
8. Inouye M., Phadtare S. Cold shock response and adaptation at near-freezing temperature in microorganisms // *Sci STKE*. – 2004. – Vol. 2004, №237. – Pp. 26–29.
9. Davidson J.F., Whyte B., Bissinger P.H., Schiestl R.H. Oxidative stress is involved in heat-induced cell death in *Saccharomyces cerevisiae* // *Proc Natl Acad Sci USA*. – 1996. – Vol. 93. – Pp. 5116–5121.
10. Flattery-O'Brien J., Collinson L.P., Dawes I.W. *Saccharomyces cerevisiae* has an inducible response to menadione which differs from that to hydrogen peroxide // *J. Gen. Microbiol.* – 1993. – Vol. 139. – Pp. 501–507.
11. Hohmann S. Osmotic stress signaling and osmoadaptation in yeasts // *Microbiol. Mol. Bio Rev.* – 2002. – Vol. 66. – Pp. 300–372.
12. Adaptive response of *Saccharomyces cerevisiae* to hyperosmotic and oxidative stress / F. Lu, Y. Wang, D. Bai, L. Du // *Process Biochemistry*. – 2005. – Vol. 40. – Pp. 3614–3618.
13. Aguilera J., Randez-Gil F., Prieto J.A. Cold response in *Saccharomyces cerevisiae*: new functions for old Mechanisms // *FEMS Microbiol.* – 2007. – Vol. 31 – Pp. 327–341.
14. Heat stress activates the yeast high-osmolarity glycerol mitogen-activated protein kinase pathway, and protein tyrosine phosphatases are essential under heat stress / A. Winkler, C. Arkind, C.P. Mattison et al. // *Eukaryot. Cell*. – 2002. – Vol. 1. – Pp. 163–173.
15. Лабинская В.С. Микробиология с техникой микробиологических исследований. – М.: Медицина. – 1978. 394с.
16. Юдин И.П. Современные подходы к оценке жизнеспособности бактерий с акцентом на феномене некультурабельности // *Труды института микробиологии и иммунологии им. И.И. Мечникова АМН Украины*. – 2007. – №3. – С.8–15.
17. Зинченко В.Д., Голота В.И., Сухомлин Е.А. Лабораторное оборудование для применения озоновых технологий в биологии и медицине // *Проблемы криобиологии*. – 2006. – Т. 16; №2. – С. 68–72.
18. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона. – М.: Изд-во МГУ, 1998 – 480 с.
19. Хайдуков С.В. Многоцветный анализ в проточной цитометрии для медико-биологических исследований: Дис...д-ра биол. наук. – СПб, 2008 – 52 с.
20. Kruth H.S. Flow cytometry: rapid biochemical analysis of single cells // *Analytical Biochemistry*. – 1982. – Vol. 125; № 2. – Pp. 225–242.
21. Cabrita E., Martinez F., Real M. The use of flow cytometry to assess membrane stability in fresh and cryopreserved trout spermatozoa // *CryoLetters*. – 2001. – Vol. 22; № 4. – Pp. 263–272.
22. Сквараиновый краситель Square-460 как маркер повреждения мембран при криовоздействиях / И.П. Горячая, Т.С. Дюбко, В.Д. Зинченко и др. // *Проблемы криобиологии*. – 2013. – Т. 23; № 4. – С. 347–350.



23. Селье Г. На уровне целого организма. -М.: Наука. 1972. – 121 с.
24. Селье Г. Концепция стресса как мы ее представляем в 1976 г. // Новое о гормонах и механизме их действия. – Киев: Наукова думка, 1977. - С. 27–51.
25. Calabrese E.J. Hormesis: principles and applications for pharmacology and toxicology // Am. J. Pharm. Toxicol. – 2008. – Vol. 3; № 1. – Pp. 56–68.
26. Bocci V. Is it true that ozone is always toxic? The end of a dogma // Toxicology and Applied Pharmacology. – 2006. – Vol. 216; № 3. – Pp. 493–504.
27. Mattson M.P. Hormesis Defined// Ageing. Res. Rev. – 2008. – Vol. 7. – № 1. – Pp. 1–7.
28. Antioxidant and cytoprotective responses to redox stress / J. Mathers, J.A. Fraser, M. McMahon et al. // Biochem Soc Symp. – 2004. – Vol. 71; № 1. – Pp. 157–176.
29. Pathways of chaperone-mediated protein folding in the cytosol / J.C. Young, V.R. Agashe, K. Siegers, F.U. Hartl // Nat. Rev. Mol. Cell. Biol. – 2004. – Vol. 5. – Pp. 781–791.
30. Free radical biology and medicine: it's a gas, man! / W.A. Pryor, K.N. Houk, C.S. Foote et al. // Am. J. Physiol. Integr. Comp. Physiol. – 2006. – Vol. 291; № 3. – Pp. 491–511.
31. Farrugia G., Balzan R. Oxidative stress and programmed cell death in yeast // Front Oncol. – 2012. – Vol. 2 (64). Available at: <http://www.frontiersin.org/Journal/10.3389/fonc.2012.00064/full>
32. Do heat shock proteins provide protection against freezing? / Y. Komatsu, S.C. Kaul, H. Iwahashi, K. Obuchi // FEMS Microbiol. Lett. - 1990. – Vol. 72. – Pp. 159–162.
33. The correlative evidence suggesting that trehalose stabilizes membrane structure in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Cell / H. Iwahashi, K. Obuchi, S. Fujii, Y. Komatsu // Mol. Biol. – 1995. – Vol. 41. – Pp. 763–769.
34. Lewis J.G., Learmonth R.P., Watson K. Induction of heat, freezing and salt tolerance by heat and salt shock in *Saccharomyces cerevisiae* // Microbiology. – 1995. – Vol. 141. – Pp. 687–694.
35. Murakami Y., Yokoigawa K., Kawai H. Lipid composition of freeze-tolerant yeast, *Torulaspora delbrueckii*, and its freeze-sensitive mutant // Appl. Microbiol. Biotechnol. - 1995. – Vol. 44. – Pp. 167–171.

RESISTANCE OF *SACCHAROMYCES CEREVISIAE* YEAST MEMBRANES TO COLD EXPOSURES AT OXIDATIVE STRESS

I.P. Goriacha,
V.D. Zinchenko,
I.A. Buryak

*Institute for Problems of Cryobiology
& Cryomedicine of the National Academy
of Sciences of Ukraine;
23 Pereyaslavskaya St, Kharkov,
61015, Ukraine*

E-mail: irynagor@gmail.com

Integrity of cell membranes for *Saccharomyces cerevisiae* after freeze-thawing cycle (-196C+30C) treated with ozone at different doses prior to freezing as well as the viability of cells treated with ozone after freeze-thawing were studied. After freeze-thawing of cells in physiological solution with no ozone treatment the membranes were injured in 60% of cells. In the samples of cells treated with ozone in a dose of 29 pmol O₃/10⁶cells prior to freezing the number of cells with non-damaged membranes is close to 90% that is explained by the existence of cross-adaptation between oxidative stress and that caused by freeze-thawing. The treatment of cells with ozone in a dose of 29 pmol O₃/10⁶cells after freeze-thawing contributes to increased indices of cell viability (number of CFU/ml) by 30-50% if compared with ozone-non-treated cells. This effect is explained by hormesis, stimulation of living system with outer irritant, the intensity of which is insufficient for manifesting harmful effects.

Key words: oxidative stress, ozone, *Saccharomyces cerevisiae*, cross adaptation, freeze-thawing.

УДК 612.17.015.21:612.172.4

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАКТА КРИОКОНСЕРВИРОВАННЫХ ФРАГМЕНТОВ СЕРДЦА ПОРОСЯТ НА ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕРДЦА И ПРОЛИФЕРАТИВНУЮ АКТИВНОСТЬ КЛЕТОК МИОКАРДА

**Л.А. Рогоза,
Н.А. Чиж,
С.Е. Гальченко,
Б.П. Сандомирский**

*Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Украина, 61015, г. Харьков, ул. Переяславская, 23
E-mail: sgalchenko@yandex.ru*

Введение на протяжении 2 месяцев экстракта криоконсервированных фрагментов сердца поросят крысам с ишемией или инфарктом миокарда способствует нормализации параметров ЭКГ, что свидетельствует о восстановлении кровоснабжения сердечной мышцы. Коэффициент вариации сердечного ритма у крыс с ишемией миокарда уменьшался в 6,7 раза, а у животных с инфарктом миокарда в 3 раза. При этом наблюдалось увеличение показателя мощности спектра нейрогуморальной регуляции во всех частотных диапазонах до уровня нормы и восстановление баланса вкладов симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы в регуляцию сердечного ритма.

Введение здоровым животным, животным с ишемией или инфарктом миокарда экстракта приводило к увеличению пролиферативной активности клеток миокарда.

Ключевые слова: крысы, сердце, ишемия, инфаркт, экстракт сердца поросят.

Введение

Ишемическая болезнь сердца (ИБС) представляет собой важную социально-экономическую проблему во всех странах. Ее лечение и вторичная профилактика представляют собой комплекс мероприятий, включающий медикаментозную терапию, в частности, применение антиангинальных, а при необходимости также противоаритмических средств, кардиотоников и т.д. [1]. При длительном применении такого рода препаратов возможны побочные реакции [2].

Недостатком коронарной ангиопластики, которая может проводиться при ИБС, является возникновение рестенозов, поскольку атеросклероз венечных артерий продолжает прогрессировать, вовлекая новые участки сосудистого русла и увеличивая стенозирование ранее пораженных сосудов [3]. Восстановление микроциркуляторного русла миокарда хирургическими методами решить невозможно.

В связи с этим, проблема стимуляции репаративной регенерации миокарда при ИБС актуальна и требует углубленных экспериментальных и клинических исследований. Именно поэтому в настоящее время значительное внимание уделяется исследованиям эффективности и механизмов действия регенеративно-пластической терапии при патологических состояниях сердечно-сосудистой системы [4]. В последние десятилетия значительно возрос интерес к использованию регуляторных пептидов при лечении различных заболеваний, в том числе и при ИБС [5–7].

Нами было показано, что использование криобиологических технологий позволяет получить экстракты фрагментов органов свиней и поросят с высокой биологической активностью. Их действие проявляется в стимуляции процессов репаративной регенерации при экспериментальных патологиях соответствующих органов, и их действие органоспецифично и видо-неспецифично [8]. Введение крысам с циррозом печени экстракта криоконсервированных фрагментов печени способствует резорбции соединительной ткани и стимулирует ангиогенез в органе [9]. Такое биологическое действие экстрактов связано с наличием в них регуляторных пептидов. В настоящее время регуляторные пептиды выделяют как самостоятельный класс веществ, которые завершают звено в метаболической последовательности преобразования первичной генетической информации: геном-транскриптом-протеом-пептидом [10].

Целью работы было определить влияние экстракта криоконсервированных фрагментов сердца поросят (ЭСЦП) на электрофизиологические показатели работы и пролиферативную активность клеток сердца у животных с ишемией сердечной мышцы и инфарктом миокарда (ИМ).

Материалы и методы

Исследование проведено на 59 беспородных белых крысах-самцах, возраст которых в начале эксперимента составлял от 14 до 18 месяцев. На фоне самопроизвольно возникшей патологии в естественных условиях обитания, животные по анализу показателей ЭКГ были раз-



делены на 2 группы. В первую группу вошли 17 крыс с ишемическим повреждением миокарда, а во вторую группу – 18 крыс с инфарктом миокарда. Группу нормы составили 24 крысы. Каждая группа была разделена на 2 подгруппы. В опытных подгруппах животным вводили ЭСЦП в брюшную полость 1 раз в сутки по 1 мл, а в контрольных подгруппах – физиологический раствор в том же объеме.

Для получения ЭСЦП криоконсервированные фрагменты сердца инкубировали в физиологическом растворе 60 мин, освобождали от термолабильных белков и стерилизовали [11]. Доза пептидов составляла 50 мкг на 100 г массы животного. Электрокардиограммы (ЭКГ) животных регистрировали на аппаратно-программном комплексе «Поли-Спектр» (Нейрософт, Россия) и определяли показатели вариабельности ритма сердца [12].

Пролиферативную активность клеток сердца исследовали по экспрессии ядерного антигена Ki-67 [13, 14]. Для этого боковую стенку левого желудочка сердца животных фиксировали в 10% растворе забуференного нейтрального формалина (Shandon Fixx, США) в течение 24 часов. После дегидратации материал заливали в высокоочищенный парафин с полимерным добавками (Richard-Allan Scientific, США) при температуре не выше 60°C. Из парафиновых блоков на ротационном микротоме Microm HM325 (Carl Zeiss, Германия) готовили срезы ткани толщиной 5 мкм. Срезы ткани помещали на предметные стекла (Menzel, Германия) и затем окрашивали по стандартным методикам гематоксилином и эозином (Kaltex, Италия) [15]. Для дальнейшего иммуногистохимического исследования часть парафиновых срезов помещали на покрытые адгезивом стекла Super Frost Plus (Menzel, Германия). Исследование проводили на депарафинированных и регидратированных срезах. Для демаскирования антигенов ткани был использован метод тепловой обработки срезов в буфере Target Retrieval Solution High pH (DAKO, Дания) путем нагревания в проточной водяной бане в течение 40 минут при температуре 98-99 градусов (GFL, Германия) с учетом рекомендаций фирмы-производителя антител [16]. После блокирования неспецифического связывания белков протеиновым блоком (Diagnostic Biosystems, США), наносили первичные антитела Ki-67 (clone MIB-1, IR 626, RTU FLEX, DAKO, Дания). Визуализацию первичных антител проводили с помощью системы детекции DAKO EnVision FLEX + (DAKO, Дания). Для визуализации гистологической структуры исследуемой ткани обработанные иммуногистохимические препараты докрашивали гематоксилином Майера (DAKO, Дания). Далее окрашенные срезы помещали в заключающую среду Eukitt (Германия). На срезы, использованные для отрицательного контроля, вместо первичных антител наносили буфер для разведения антител (DAKO, Дания).

Изучение препаратов в проходящем свете проводили на исследовательском микроскопе MEIJI (Techno, Япония) с цифровой видеокамерой Olympus DP50, соединенной с персональным компьютером. Общее количество клеток и Ki-67-позитивных клеток подсчитывали в пяти полях зрения. Для обработки изображений использовали программу AxioVision Rel.4.8. Статистическую обработку результатов проводили с помощью непараметрического метода MANOVA, используя программу SPSS Statistics 17.0.

Результаты и их обсуждение

Методы анализа ВСР во временной и частотной области получили очень широкое распространение. Анализ спектральной плотности мощности колебаний позволяет количественно оценить различные частотные составляющие колебаний ритма сердца, отражающих активность определенных звеньев регуляторного механизма [17].

Характер изменений продолжительности RR-интервалов полностью определяется состоянием регуляции, а значит и отражает её. Большинство показателей ВСР временной области коррелируют друг с другом и в практических целях достаточно ограничиваться двумя из них. В данной работе мы приводим значения SDNN – стандартное отклонение средней продолжительности RR-интервалов (NN-интервалов) и CV – коэффициент вариации. Поскольку величина SDNN математически эквивалентна общей мощности в спектральном анализе, то она отражает все циклические компоненты, ответственные за вариабельность в течение периода записи.

Анализ спектральной плотности мощности колебаний дает информацию о распределении мощности в зависимости от частоты колебаний. Применение спектрального анализа позволяет количественно оценить различные частотные составляющие колебаний ритма сердца, отражающих активность определенных звеньев регуляторного механизма.

Мера баланса низко- и высокочастотных звеньев регуляции, часто рассматривают как меру симпатовагального баланса.

Изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) является результатом ее многоконтурно-многоуровневого иерархического нелинейного управления регуляторными системами [17].

У здоровых крыс после введения в наркоз наблюдалось некоторое снижение ЧСС по сравнению с ненаркотизированными животными, однако оно было статистически недостовер-

ным ($p > 0.05$). Стандартное отклонение средней продолжительности сердечного цикла (SDNN) и коэффициент вариации (CV) также несколько снижались. Минимальная и максимальная зафиксированная при записи ЭКГ продолжительность кардиоинтервалов у ненаркотизированных крыс составила 108 и 141 мсек, а у наркотизированных животных – 101 и 135 мсек соответственно. А отношение LF/HF, характеризующее баланс медленного и быстрого звеньев общего спектра ВСР (мера симпатовагального баланса) увеличивалось с 3.7 до 5.6.

У животных с ишемией миокарда на ЭКГ наблюдалась элевация сегмента ST и увеличение амплитуды зубца T, снижение амплитуды зубца R в I и aVL отведениях. В этой группе животных после введения ЭСЦП в течение 2 месяцев регистрировалось восстановление амплитуды зубца R. Элевация сегмента ST сменялась появлением куполообразного зубца T, что свидетельствовало о нормализации кровоснабжения сердечной мышцы (рис.1).

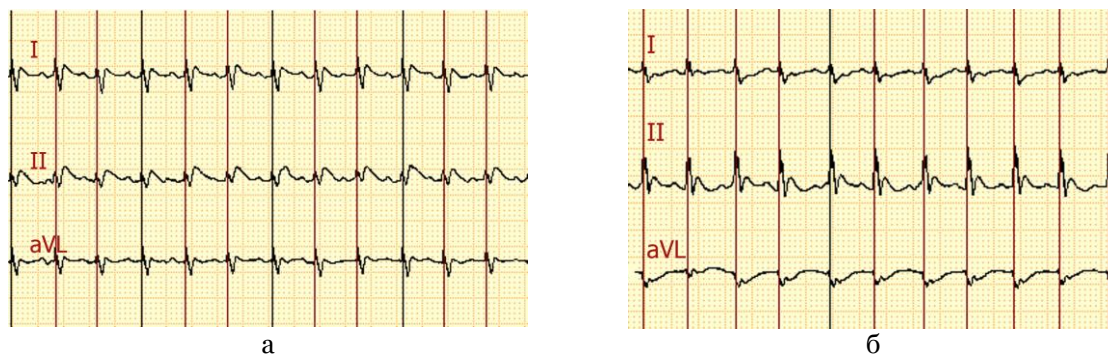


Рис. 1. Характерные отрезки ЭКГ крыс с ишемией миокарда а – исходная, б – через 2 месяца введения ЭСЦП

В группе животных с ишемией миокарда из всех исследованных показателей только ЧСС статистически достоверно не отличалась от такового у здоровых животных (табл. 1).

Таблица 1

Показатели variability сердечного ритма у крыс с ишемией и инфарктом миокарда

Группы животных		Срок наблюдения	Показатели				
			ЧСС, уд/мин	SDNN	CV, %	LF, %	HF, %
Ишемия	Введение физиологического раствора	Исходные показатели	394±31 ²	53.4±4.4	24.1±2.0	28.6±2.5	72.7±5.4
		Через 2 месяца	407±35 ²	50.2±4.6	21.2±1.9	25.5±2.1	75.9±6.6
	Введение ЭСЦП	Исходные показатели	381±29 ²	50.8±5.1	26.1±2.6	27.8±2.9	73.3±7.9
		Через 2 месяца	498±37 ^{1,2}	13.4±1.1 ¹	3.8±0.2 ¹	74.8±7.1 ^{1,2}	26.1±2.2 ¹
ИМ	Введение физиологического раствора	Исходные показатели	280±22	39.4±3.1	22.3±2.0	33.5±2.9	67.2±6.8
		Через 2 месяца	307±29	34.1±3.4	25.4±2.1	39.9±3.1	61.6±5.0
	Введение ЭСЦП	Исходные показатели	327±20	32.2±2.9	16.8±1.9	37.8±3.3	63.4±5.8
		Через 2 месяца	444±36 ^{1,2}	14.9±1.2 ¹	5.6±0.4 ¹	69.1±6.2 ^{1,2}	31.6±3.2 ¹
Норма			413±38	9.1±0.5	2.1±0.2	85.7±6.6	15.4±1.1

Примечание: ¹ – различия статистически достоверны по сравнению с исходным показателем, $p < 0.05$; ² – различия статистически недостоверны по сравнению с нормой, $p > 0.05$.

У крыс с этой патологией, которым вводили физиологический раствор на протяжении 2 месяцев, ЧСС, SDNN и CV практически не изменялись. Только было отмечено уменьшение отношения LF/HF с 0.4 до 0.3. Минимальная и максимальная зафиксированная продолжительность кардиоинтервалов у крыс в начале эксперимента составила 100 и 493 мсек, а в конце – 113 и 472 мсек соответственно.

У животных, которым вводили ЭСЦП, средняя ЧСС увеличилась с 381 до 498 уд/мин. В начале эксперимента зафиксированный минимальный кардиоинтервал составил 127 мсек, а

в конце – 95 мсек. Максимальный кардиоинтервал составил 479 и 148 мсек соответственно. Наблюдалась четко выраженная нормализация остальных показателей. Так, если в начале эксперимента величина SDNN превышала норму в 5.6 раза, то в конце – в 1.5 раза, а само ее значение снизилось в 6.7 раза. Исходный коэффициент вариации превышал норму в 12.4 раза, а после введения ЭСцП на протяжении 2 месяцев это превышение составило всего 1.8 раза. Отношение LF/HF увеличилось с 0.4 до 2.8 при норме 5.6.

У крыс с ИМ на ЭКГ регистрировался зубец Q в I и aVL отведениях. После 2 месяцев введения ЭСцП наблюдалась нормализация показателей ЭКГ, в том числе уменьшение зубца Q в I, II и aVL отведениях (рис. 2).

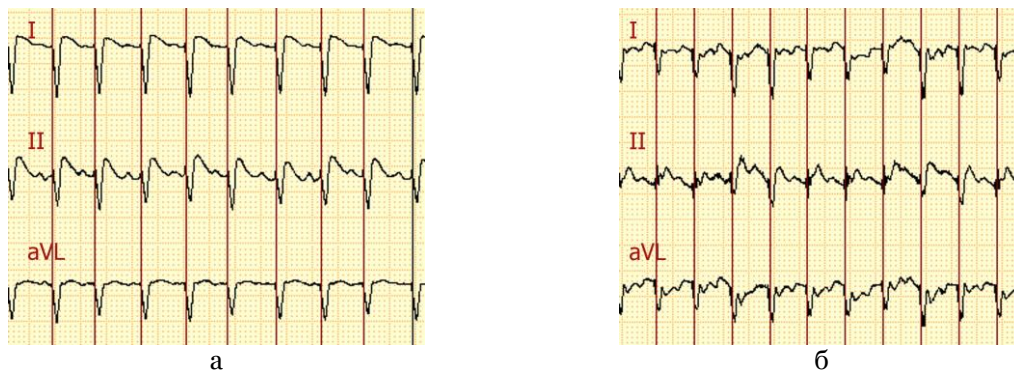


Рис. 2. Характерные отрезки ЭКГ крыс с инфарктом миокарда а – исходная, б – через 2 месяца введения ЭСцП

У животных с ИМ исходная ЧСС была достоверно меньше этого показателя у здоровых животных. Остальные показатели также значимо отличались от значений, характерных для здоровых животных.

После введения этим крысам физиологического раствора на протяжении 2 месяцев существенных изменений в показателях состояния сердца зафиксировано не было. После введения ЭСцП отмечалось статистически достоверное увеличение ЧСС. Минимальный зафиксированный кардиоинтервал в начале эксперимента составил 170, а в конце – 92 мсек. Для максимального кардиоинтервала эти значения составили 481 и 161 мсек соответственно. Стандартное отклонение длительности кардиоинтервалов и коэффициент вариации уменьшились в 2.2 и в 3 раза соответственно.

В процессе ремодуляции сердца под влиянием ЭСцП наблюдалось увеличение показателя мощности спектра нейрогуморальной регуляции во всех частотных диапазонах до уровня нормы и восстановления баланса вкладов симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, а отношение LF/HF увеличилось с 0.6 до 2.2.

Таким образом, анализ ВСР показал, что у животных с ишемией сердечной мышцы и ИМ отмечается увеличение общей вариабельности сердечного ритма и значительное уменьшение отношения LF/HF, а, следовательно, и преобладание парасимпатических влияний на сердце, компенсирующих развившуюся патологию. Введение крысам с такими патологиями ЭСцП способствует нормализации всех показателей, которые изучались в работе.

При болезнях сердца, когда низкая способность к пролиферации кардиомиоцитов приводит к необратимой сердечной недостаточности, предпринимаются попытки восстановления поврежденного миокарда путем применения препаратов биологического происхождения, стимулирующих репаративную регенерацию [18–20].

Нами показано, что введение животным с крионекрозом миокарда ЭСцП способствует нормализации электрофизиологических показателей состояния сердца и уменьшает выраженность цитолиза. У животных которым вводили экстракт, значительно уменьшался размер рубца и улучшалось состояние микрогемодикуляторного русла, что свидетельствовало о стимуляции процессов репаративной регенерации в поврежденном миокарде [21].

Для изучения пролиферативной активности клеток сердца и влияния на этот процесс ЭСцП мы использовали определение маркера Ki-67 – ядерного антигена, который экспрессируется в клетках животных и человека на всех стадиях клеточного цикла, кроме G₀.

У интактных животных без выявленной патологии сердца количество Ki-67-позитивных клеток составляло 7.9% от общего числа, у животных с ишемией миокарда – 12.0%, а у крыс с инфарктом миокарда – 14.9% (табл. 2).



Таблица 2

Общее количество и количество Ki-67-позитивных клеток в миокарде крыс

Условия эксперимента	Срок наблюдения					
	Исходные показатели		На 3 сутки		Через 2 месяца	
	Всего клеток	Ki-67-позитивные	Всего клеток	Ki-67-позитивные	Всего клеток	Ki-67-позитивные
Норма			-	-	-	-
Норма + физиологический раствор	645±42	51±4	527±48	47±5	584±51	43±4
Норма + ЭСцП			639±50	102±5 ^{1,2}	627±59	78±3 ^{1,2}
Ишемия + физиологический раствор	591±36	71±6 ¹	571±41	76±4 ¹	532±44	77±5 ¹
Ишемия + ЭСцП			632±54	227±14 ^{1,2}	601±52	148±9 ^{1,2}
ИМ + физиологический раствор	731±51	109±7 ¹	692±58	93±6 ¹	579±56	95±6 ¹
ИМ + ЭСцП			601±49	254±12 ^{1,2}	641±48	124±9 ^{1,2}

Примечание: ¹ – различия статистически достоверны по сравнению с нормой, $p < 0.05$; ² – различия статистически достоверны по сравнению с исходным показателем, $p < 0.05$.

Введение физиологического раствора как интактным животным, так и животным с патологиями сердца не оказывало влияния на количество таких клеток. У здоровых животных, которым вводили ЭСцП, количество Ki-67-позитивных клеток в миокарде на 3 сутки увеличилось до 16%, а через 2 месяца введения их количество составило 6.1%. У крыс с ишемией миокарда на 3 сутки введения ЭСцП наблюдалось значительное увеличение количества меченых клеток – почти в 3 раза больше, чем у животных с ишемией в начале эксперимента, и в 4.5 раза больше, чем у интактных животных. В конце эксперимента количество таких клеток также оставалось достаточно высоким – 24.6%. У крыс с ИМ количество Ki-67-позитивных клеток на 3 сутки введения ЭСцП составило 42.3%. При этом их количество в 2.8 раза превышало количество таких клеток до начала введения экстракта, и в 5.3 раза норму.

Кардиомициты взрослых млекопитающих не являются популяцией постмитотических клеток. В предсердиях их количество, способных вступать в митоз, может достигать до 60% при обширных ИМ левого желудочка или до 40% при стенозе аорты у крыс [22].

Таким образом, введение ЭСцП увеличивает пролиферативную активность клеток в миокарде, тем самым стимулируя процесс репаративной регенерации сердца.

Заключение

После введения ЭСцП на протяжении 2 месяцев животным с ишемией миокарда отмечалось увеличение ЧСС, восстановление на ЭКГ амплитуды зубца R, элевация сегмента ST сменялась появлением куполообразного зубца T, что свидетельствовало о нормализации кровоснабжения сердечной мышцы. Коэффициент вариации сердечного ритма уменьшался в 6.7 раза, а отношение LF/HF увеличилось с 0.4 до 2.8.

Введение ЭСцП животным с ИМ способствует нормализации параметров ЭКГ, в том числе уменьшению зубца Q в I, II и в aVL отведениях, а коэффициент вариации уменьшается в 3 раза. При этом наблюдается увеличение показателя мощности спектра нейрогуморальной регуляции во всех частотных диапазонах до уровня нормы и восстановление баланса вкладов симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы в регуляцию сердечного ритма.

Введение здоровым животным, с ишемией и инфарктом миокарда ЭСцП приводит к увеличению пролиферативной активности клеток миокарда, которая наиболее выражена на 3 сутки эксперимента.

Авторы выражают благодарность заместителю директора по научной работе Института неотложной и восстановительной хирургии им. В.К. Гусака АМН Украины, доктору медицинских наук, профессору Андрею Михайловичу Гнилорыбову и заведующей патогистологической лабораторией «Новая диагностика плюс» Елене Александровне Кошик (г. Донецк) за оказание консультативной и методической помощи при проведении иммуногистохимического исследования.



Список литературы

1. Бабаева А. Г., Рогоза Л. А., Чиж М. О. та ін. Вплив екстрактів серця на міокард // Вестник неотложной и восстановит. мед. – 2012. – Т. 13. – №1. – С. 16–18.
2. Гальченко С. Є. Екстракти кріоконсервованих фрагментів ксеноорганів: одержання та біологічна дія // Пробл. криобиол. – 2005. – Т. 15. – №3. – С. 403–406.
3. Говорун В. М., Иванов В. Т. Протеоміка і пептидоміка в фундаментальних і прикладних дослідженнях // Біоорган. хімія. – 2011. – Т. 37. – №2. – С. 199–215.
4. Гуревич М. А. Особенности лечения хронической сердечной недостаточности у больных пожилого и старческого возраста // Рос. кардиолог. журн. – 2008. – №4. – С. 93–100.
5. Жанатаева Л. Л. Эффективность применения современных методов лечения ишемической болезни сердца // Мед. науки. – 2012. – №2. – С. 51–53.
6. Наумов В. Г., Лупанов В. П. Профилактика рестенозов после ангиопластики, стентирования и коронарного шунтирования // Сердце. – 2002. – Т. 1. – №5. – С. 138–143.
7. Олефиренко А. А., Слета И. В., Гальченко С. Е. и др. Новые подходы к лечению экспериментального цирроза печени // Світ медицини та біол. – 2007. – №1. – С. 53–56.
8. Пат. 64381 А Україна, МПК⁷ А61К35/12. Спосіб отримання екстрактів ксеногенних органів; С. Є. Гальченко, Н. Ю. Шкодовська, Б. П. Сандомирський, В. І. Грищенко ІПКК НАН України. – № 2003054649; Заявл. 22.05.2003; Опубл. 16.02.2004; Бюл. №2.
9. Румянцев П. П. Кардиомиоциты в процессах репродукции, дифференцировки и регенерации. – Л.: Наука, 1982. – 288 с.
10. Сисакян А. С., Оганян В. А., Семерджян А. Б. и др. Влияние фактора ангиогенеза на морфо-функциональное состояние миокарда у крыс при экспериментальном инфаркте миокарда // Рос. кардиолог. журн. – 2008. – №2. – С. 63–66.
11. Тумаренко А. В., Скворцов В. В. Перспективные вопросы фармакотерапии ишемической болезни сердца // Русский мед. журн. – 2013. – №17. – С. 891–896.
12. Луценко Д. Г., Шило А. В., Марченко Л. Н. и др. Особенности регуляции сердечного ритма при различных видах холодной акклимации у крыс // Пробл. криобиол. и криомед. – 2013. – Том 23. – №2. – С. 105–115.
13. Лушникова Е. Л., Непомнящих Л. М., Клиникова М. Г. и др. Пролиферативная активность кардиомиоцитов при хронической гиперхолестеринемии // Клеточные технологии в биологии и медицине. – 2013. – № 4. – С. 231–237.
14. Malliaras K., Zhang Y., Seinfeld J. et al. Cardiomyocyte proliferation and progenitor cell recruitment underlie therapeutic regeneration after myocardial infarction in the adult mouse heart // EMBO Molecular Medicine. – 2013. – Vol. 5. – Issue 2. – P. 191–209.
15. Коржевский Д. Э., Гиляров А. В. Основы гистологической техники – СПб.: СпецЛит, 2010. – 95 с.
16. Boenisch T. Heat-induced antigen retrieval: what are we retrieving? // J. Histochem. Cytochem. – 2006. – Vol. 54. – № 9. – P. 961–964.
17. Яблучанский Н. И., Мартыненко А. В. Вариабельность сердечного ритма в помощь практическому врачу. Для настоящих врачей. – Х: ХНУ имени В.Н. Каразина, 2010. – 131 с.
18. Bersell K., Arab S., Haring B. et al. Neuregulin1/ErbB4 signaling induces cardiomyocyte proliferation and repair of heart injury // Cell. – 2009. – Vol. 138. – №2. – P. 257–270.
19. Calderone A. The therapeutic effect of natriuretic peptides in heart failure; differential regulation of endothelial and inducible nitric oxide synthases heart failure // Reviews. – 2003. – №8. – P. 55–70.
20. Dhein S., Hagen A., Jozwiak J. et al. Improving cardiac gap junction communication as a new antiarrhythmic mechanism: the action of antiarrhythmic peptides // Arch. Pharmacol. – 2010. – №381. – P. 221–234.
21. Kjolbye A. L., Knudsen C. B., Jepsen T. et al. Pharmacological characterization of the new stable antiarrhythmic peptide analog Ac-D-Tyr-D-Pro-D-Hyp-Gly-D-Ala-Gly-NH₂ (ZP123): in vivo and in vitro studies // J. Pharmacol. Exp. Ther. – 2003. – № 306. – P. 1191–1199.
22. Wang X., Guo Z., Li Q. et al. Xenogenic cardiomyocytes transplantation for the treatment of curing acute myocardial infarction // Biologia. – 2011. – Vol. 66. – №3. – P. 556–561.

EFFECT OF EXTRACT OF FROZEN-THAWED HEART FRAGMENTS ON ELECTROPHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF HEART AND PROLIFERATIVE ACTIVITY OF MYOCARDIAL CELLS

**L.A. Rohoza,
N.A. Chizh,
S.Ye. Galchenko,
B.P. Sandomirsky**

Institute for Problems of Cryobiology and Cryomedicine of the National Academy of Sciences of Ukraine, 23 Pereyaslavskaya St, Kharkiv, 61015, Ukraine

E-mail: sgalchenko@yandex.ru

Injection during 2 months with the extracts of frozen-thawed piglet heart fragments of rats with myocardial ischemia contributes to the normalization of ECG parameters, indicating a restoration of myocardial blood supply to heart muscle. The variation coefficient of heart rate of the rats with myocardial ischemia decreased by to 6.7 times and in the animals with myocardial infarction by to 3 times. Thus, the power spectrum of neurohumoral regulation in each frequency bands was increased up to normal level and recovery in the balance between the contribution of sympathetic and parasympathetic links of the autonomic nervous system in the regulation of heart rate was observed.

Injection of the healthy animals, those with the ischemia or with the myocardial infarction with the extract led to an increase in proliferative activity of myocardial cells.

Key words: rats, heart, ischemia, infarction, piglets' heart extract.



УДК 636.2086.591.05

СОЛОДОВЫЕ РОСТКИ В РАЦИОНАХ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА

А.А. Шапошников¹,
П.И. Афанасьев²,
А.А. Алтухов²,
И.А. Мартынова²

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы 85

² Белгородская государственная сельскохозяйственная академия им. В.Я. Горина, Россия, 308503, Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский, ул. Вавилова, 1

E-mail: shapochnikov@bsu.edu.ru;
mia88@list.ru

Солодовые ростки являются побочным продуктом производства пива и имеют высокую кормовую ценность. Их использование в рационах телят ранних возрастных периодов позволяет исключить дефицит протеина и существенно повысить продуктивность животных.

Ключевые слова: солодовые ростки, телята, бычки, рацион, жом, питательность, продуктивность, экономическая эффективность.

Введение

Проблема обеспеченности организма полноценным белком существует как в молочном скотоводстве, так и при выращивании телят, а также и на откорме молодняка крупного рогатого скота с использованием свекловичного жома. В основном эта проблема решается за счет включения в диету крупного рогатого скота белково-витаминно-минеральных добавок, стоимость которых весьма высока, что делает их использование в животноводстве достаточно сомнительным с точки зрения экономической эффективности. В то же время есть сообщения, что применение побочных продуктов пищевой и перерабатывающей промышленности позволяет существенно повысить насыщенность рационов протеином и другими питательными веществами, а также минеральными солями и витаминами [1, 2, 3, 4]. К таким продуктам относятся сухие солодовые ростки, которые получают при производстве пива из ячменя и химический состав которых приведен в таблице 1 [5].

Таблица 1

Химический состав и энергетическая ценность солодовых ростков

В 1 кг солодовых ростков содержится					
ЭКЕ*	1.05–1.06	сахар, г	-	марганец, мг	25.2–26.8
ОЭ, МДж**	10.5–10.6	БЭВ, г***	485–495	кобальт, мг	0.005–0.1
сухое вещество, г	90–93	кальций, г	1.6–1.8	йод, мг	0.2–0.4
сырой протеин., г	220–230	фосфор, г	8.3–8.5	каротин, мг	-
перевар. протеин, г	192–210	магний, г	1.7–1.8	Вит. А, МЕ	-
сырой жир, г	12–14	сера, г	7.9–8.2	Вит. Д, МЕ	-
крахмал, г	-	цинк, мг	52–58	Вит. Е, мг	3.7–3.8

Примечание: * – Энергетическая кормовая единица; ** – обменная энергия; *** – безазотистые экстрактивные вещества.

Так, по уровню ЭКЕ и обменной энергии солодовые ростки существенно не отличаются от ячменя, который является одним из основных компонентов многих комбикормов, а по содержанию сырого и переваримого протеина превосходят его соответственно на 50 и 73%. При этом количество фосфора в них больше, чем кальция в 4.6–5.3 раза. Это представляется достаточно актуальным, так как, например, в традиционных жомовых рационах без дополнительного включения фосфорных добавок соотношение кальция к фосфору составляет 4–5:1, тогда как физиологически нормальная пропорция этих элементов не должна превышать 2:1. Кроме этого, в солодовых ростках по отношению к ячменю отмечается повышенное содержание макро- и микроэлементов. При этом их протеин в 3–4 раза дешевле эквивалентного количества протеина большинства зерновых культур.



Такие характеристики солодовых ростков позволили рассматривать их как достаточно перспективный источник протеина, минеральных веществ и витаминов в рационах лактирующих коров, телят (в молочную фазу выращивания) и бычков на жомовом откорме.

В 1986 г. решением Росагропрома РСФСР для использования в рационах телят-молочников на промышленных комплексах был рекомендован комбикорм-стартер КР-1, который характеризуется высокими кормовыми достоинствами, так как в его составе содержится 18% сухого обезжиренного молока (СОМ) и часть экструдированных высокобелковых компонентов [2].

В настоящее время сухой обрат стоит достаточно дорого (около 100 руб. за 1 кг), в связи с чем, на практике, в подавляющем большинстве хозяйств, при выращивании телят используют комбикорма с высоким удельным весом зерновых компонентов. Вследствие этого содержание в них сырого протеина не превышает 12–13%, что ниже, чем в стандартном КР-1 в 1.5–1.7 раза. Использование таких комбикормов не позволяет обеспечить организм телят количеством белка, необходимого для высокой интенсивности их роста и развития.

Материал и методы

Изучение эффективности использования солодовых ростков в рационах крупного рогатого скота проводили по следующим направлениям:

- их скармливание в качестве дополнительного источника питательных веществ дойным коровам;
- частичная и полная замена ростками зерновой составляющей комбикорма К 60-29-89, состоящего из 95.4% ячменя с добавлением 3.6% трикальцийфосфата и 1.0% премикса;
- использование солодовых ростков в рационах бычков на жомовом откорме.

Моделирование зимних рационов для новотельных коров показало, что использование солодовых ростков позволяет повысить их обеспеченность питательными веществами без существенного увеличения общей физической массы. Лактирующим коровам опытных групп солодовые ростки включали в рационы в количестве 0.5, 1.0, 1.5 и 2.0 кг на одну голову в сутки. Их аналоги из контроля в период опыта получали силосно-жомовый рацион с уровнем концентратов, составляющим 24–26% от общей питательности.

Эффективность использования солодовых ростков в рационах телят изучали в серии опытов с частичной и полной заменой ими зерновой части комбикорма К 60-29-89, приготовленного по упрощенному рецепту и состоящего из 95.4% ячменя с добавлением 3.6% трикальцийфосфата и 1.0% премикса. Для каждого из опытов по принципу групп-аналогов формировали по 6 групп телят в возрасте 1.0–1.5 мес. и живой массой 50–60 кг. В каждом опыте телята контрольных групп получали восстановленный ЗЦМ, люцерновое сено и комбикорм К 60-29-89. Продолжительность опытов составляла 63–65 суток молочной фазы выращивания. В первом опыте для телят 2, 3, 4, 5 и 6 групп (опытных) ячмень контрольного комбикорма последовательно заменяли солодовыми ростками на 25, 50, 75 и 100%. Во втором опыте (уточняющем) долю замены зерновой части комбикорма К 60-29-89 для телят опытных групп составляла 40, 50, 60 и 70%.

Эффективность использования солодовых ростков на жомовом откорме изучали при их включении в рационы бычков в количествах, обеспечивающих превышение потребности организма в сыром протеине на 5, 10, 15 и 20%.

Результаты исследований

В результате проведенных исследований установлено, что при включении ростков в количестве 0.5 и 1.0 кг на одну голову в сутки в рационы коров отмечается увеличение потребления физической массы кормов и, как следствие этого, увеличение потребления питательных веществ, за исключением крахмала и сахара. Увеличение дозы ростков до 1.5–2.0 кг сопровождается снижением потребления кукурузного силоса на 3.6–7.2% по сравнению с контролем. Очевидно, это связано с тем, что, с одной стороны питательные вещества солодовых ростков перевариваются достаточно хорошо, а с другой, что существует предел потребления сухих веществ кормов животными определенного возраста, живой массы и физиологического состояния. Среднесуточный удой за 181 сутки опыта у коров контрольной группы составил 16.38 ± 0.34 кг молока. При этом продуктивность их аналогов из 2, 3, 4 и 5 групп (опытных) – 16.97 ± 0.28 , 17.26 ± 0.42 , 17.33 ± 0.34 ($p \leq 0.05$) и 17.36 ± 0.32 ($p \leq 0.05$), или 3.6, 5.4, 5.8 и 6.0% соответственно.

В опытах на телятах установлено, что в экспериментальных комбикормах для телят опытных групп содержание сырого протеина увеличивается на 10.3, 20.5, 30.8, 41.0 и 51.3%. В то же время, количество крахмала в них по сравнению с контролем пропорционально снижает-

ся на 10–100%. Контрольные взвешивания показали, что в молочную фазу среднесуточный прирост у телят контрольной группы составил 671 ± 10 г. У их сверстников из 2, 3, 4 и 5 групп (опытных) этот показатель составил соответственно 677 ± 14 , 691 ± 14 , 704 ± 9 ($p \leq 0.05$), 706 ± 10 ($p \leq 0.05$) граммов. Таким образом, замена ячменя солодовыми ростками в рецепте комбикорма К 60-29-89 при его использовании в молочную фазу выращивания позволяет повысить их продуктивность на 0.8–5.2% в зависимости от доли замены. Во втором опыте установлено, что увеличение доли замены ячменя солодовыми ростками свыше 60% не ведет к сколь-нибудь значимому увеличению продуктивности телят. Очевидно, это связано с тем, что при таких вариантах замены зерновой части комбикорма К 60-29-89 в экспериментальных комбикормах, несмотря на значительное увеличение содержания протеина, количество крахмала последовательно и пропорционально снижается, вплоть до его полного отсутствия. Кроме этого в экспериментальных комбикормах увеличивается содержание клетчатки, которую организм телят-молочников еще не способен переваривать достаточно эффективно. В настоящее время в диете телят-молочников регламентирование использования крахмала начинается с 3-хмесячного возраста, хотя он, наряду с лактозой молочных кормов, является основным источником легкодоступных углеводов, обеспечивающих организм телят энергией и в более ранние возрастные периоды. Значительное уменьшение содержания крахмала при замене в контрольном комбикорме ячменя на 70% и более, вероятно и является причиной снижения продуктивности телят в молочную фазу выращивания.

В исследованиях по изучению эффективности использования солодовых ростков в рационах бычков на откорме установлено, что при их включении в режим кормления рост продуктивности животных опытных групп начинается с первоначальной дозы, однако достоверные различия по среднесуточному приросту были получены при их скармливании в дозе 15% от уровня сырого протеина.

В то же время отмечено, что повышение дозы скармливания солодовых ростков свыше 20% от существующих норм белковой диеты для молодняка крупного рогатого скота не ведет к пропорциональному повышению продуктивности бычков на откорме. Очевидно, это связано с тем, что при повышении доз протеинового питания использование солодовых ростков не обеспечивает пропорционального увеличения в рационах других необходимых составляющих, в частности крахмала, который практически полностью расходуется при производстве пива.

Заключение

В результате проведенных исследований установлено, что при использовании солодовых ростков в силосных рационах для дойных коров оптимальной является доза, составляющая 1.0 кг на одну голову в сутки.

В рационах телят на фоне комбикорма К 60-29-89 наиболее целесообразным является вариант замены ростками 60% зерновой части, так как стоимость дополнительно полученного прироста живой массы телят значительно превышает затраты по их скармливанию в составе рационов. Дальнейшее увеличение доли замены не ведет к повышению экономической эффективности выращивания телят, поскольку их продуктивность при этом снижается.

Использование солодовых ростков в качестве белковой добавки в рационах бычков на жомовом откорме в дозах от 5 до 20% от существующих норм питания позволяет повысить их интенсивность роста, однако максимальная эффективность их скармливания отмечается при включении в рационы в дозе 10–15% от потребности организма в сыром протеине.

Таким образом, солодовые ростки могут рассматриваться как перспективный компонент рационов для дойных коров, телят-молочников и бычков на откорме, однако их использование должно осуществляться с учетом отсутствия в них легкодоступных углеводов – крахмала и сахара.

Список литературы

1. Афанасьев П.И., Шапошников А.А., Гудыменко В.И. Использование побочной продукции крахмало-паточного производства в рационах сельскохозяйственных животных // Зоотехния. – 2008. – №6. – С. 14–16.
2. Афанасьев П.И., Расторгуев В.С., Шапошников А.А. Стартерный комбикорм для телят с пониженным содержанием сухого обезжиренного молока // Кормопроизводство. – 2009. – №3. – С. 31–32.
3. Афанасьев П.И., Расторгуев В.С., Шапошников А.А. Новое в использовании побочной продукции крахмального производства // Молочное и мясное скотоводство. – 2010. – №2. – С. 24–26.
4. Шапошников А.А., Афанасьев П.И., Расторгуев В.С. Стартерный комбикорм для телят с пониженным содержанием сухого обезжиренного молока // Кормопроизводство. – 2009. – №3. – С. 31–32.



5. Нормы и рационы кормления с.-х. животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное / Под ред. А.П. Калашникова, В.И. Фисинина, В.В. Щеглова, Н.И. Клейменова. – М., 2003. – 456с.

MALT SPROUTS IN THE DIETS OF CATTLE

A.A. Shaposhnikov¹,

P.I. Afanasyev²,

A.A. Altukhov²,

I.A. Martynova²

¹Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

²V.Y. Gorin Belgorod State Agricultural Academy, 1 Vavilov St, settlement Maisky, Belgorod area, Belgorod region, 308503, Russia

E-mail: shapochnikov@bsu.edu.ru;
mia88@list.ru

Malt sprouts are the byproduct of the production of beer and have a high feeding value. Their use in calves diets in early age periods allows to eliminate deficiency of protein and considerably increase the productivity of animals.

Key words: malt sprouts, diet, calves, productivity, cost efficiency.

УДК 536.6:612.111.11:547.569.2

КАЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕНАТУРАЦИИ ГЕМОГЛОБИНА ЧЕЛОВЕКА С ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДОМ

**А.В. Зинченко,
Ю.С. Говорова**

*Институт проблем криобиологии
и криомедицины НАН Украины,
Украина, 61015, г. Харьков,
ул. Переяславская, 23*

*E-mail: ju-st7@yandex.ua, alexa-
zin@mail.ru*

В данной работе методом дифференциальной сканирующей адиабатической калориметрии исследовано влияние диметилсульфоксида концентрацией от 0 до 50% на термоденатурацию гемоглобина человека. Проведен термодинамический и кинетический расчет параметров денатурации белка с данным криопротектором. Повышение концентрации диметилсульфоксида приводит к понижению значений энергии активации, температуры и калориметрической энтальпии денатурации гемоглобина. Такие изменения термодинамических и кинетических параметров денатурации белка в присутствии диметилсульфоксида можно объяснить разрыхлением молекул гемоглобина и, как следствие, снижением их термостабильности и степени кооперативности.

Ключевые слова: гемоглобин, термоденатурация, диметилсульфоксид, дифференциальная сканирующая калориметрия.

Введение

Консервирование биологических систем с использованием низких температур в последние десятилетия получило широкое развитие [1]. Начальным этапом криоконсервирования биообъектов является инкубирование их с криозащитными средами. Так, инкубирование белков с криопротекторами может вызывать определенные изменения в пространственной организации белков, что отражается на их функциональных свойствах. Например, исследование гемоглобина на этапах криоконсервирования является актуальным в связи с важным его функциональным свойством – участием в процессе дыхания. В настоящей работе в качестве криопротектора был выбран диметилсульфоксид (ДМСО), широко применяющийся в последние десятилетия при криоконсервировании различных биологических объектов, таких как эритроциты, эмбрионы, спермии и другие [1, 2]. Одним из прямых экспериментальных подходов в исследовании изменения пространственной организации белков по их термоденатурации является дифференциальная сканирующая калориметрия, позволяющая оценить термодинамические и кинетические параметры денатурации макромолекул [3]. Исследование влияния данного криопротектора на термоденатурацию гемоглобина человека с помощью метода ДСК, а также расчет термодинамических и кинетических параметров плавления данного белка с криопротектором не проводился, что и явилось целью данной работы.

Материалы и методы

Гемоглобин (HbA) получали из отмывтых эритроцитов донорской крови: 1 мл цельной крови и 10 мл физиологического раствора NaCl смешивали и центрифугировали при 1500g в течение 5 мин, надосадочную жидкость удаляли. Процедуру отмывания проводили 3 раза. Полученную эритромассу гемолизировали в гипотоническом растворе (5 мМоль фосфатный буфер, pH 7.8) и центрифугировали при 27500g в течение 15 мин. Концентрацию гемоглобина определяли спектрофотометрическим методом. Концентрация белка в калориметрической ячейке составляла около 5 мМоль. В данной работе использовался диметилсульфоксид марки х.ч. (Реахим, Россия). Растворы криопротекторов готовили взвешиванием на аналитических весах.

Термограммы регистрировали на дифференциальном адиабатическом сканирующем микрокалориметре ДАСМ-4 (СКБ БП Пушино, Россия). Область сканирования – от 25 до 80°C при избыточном давлении 2.5 атм. Скорость нагрева – 1 град./мин. Термограммы обрабатывали с помощью программного пакета Microsoft Office Excel. Данные интерпретировали согласно [3, 4]. Статистическую обработку экспериментальных данных проводили с использованием пакета Origin 7.5 (OriginLab Corporation, США). Данные в таблице для ΔH_{cal} и E_a приведены как среднее значение \pm стандартное отклонение.

Кинетический анализ данных ДСК

Как указано в работах [5, 6], процесс денатурации гемоглобина необратимый и подчиняется двустадийной модели Ламри-Эйринга. На первой стадии происходит обратимая диссоциация тетрамера на протомеры, на второй – кинетический необратимый переход в развернутое состояние (анфолдинг). В данной работе мы проводим кинетический анализ второй стадии, модель которой можно представить в виде: $U \xrightarrow{k} D$, где U – нативное состояние белка; D – денатурированное состояние белка; k – константа скорости процесса денатурации.

Для проверки обратимости или необратимости процесса денатурации нами была проведена процедура повторного прогрева образца: после регистрации пика денатурации гемоглобина, образец охлаждали, затем заново снимали зависимость теплоемкости от температуры. При повторном сканировании поглощение тепла не наблюдалось, что указывает на необратимость процесса денатурации гемоглобина.

Одним из критериев соответствия экспериментальных данных обсуждаемой модели денатурации белка является совпадение значений энергии активации (E_a), вычисленной различными способами [3, 7]. Для определения значений энергии активации термоденатурации гемоглобина из экспериментальных кривых использовали два подхода Sanchez-Ruiz и соавт. [7]. В первом случае E_a вычисляли из формулы:

$$E_a = eRC_p^{ex} T^2 / \Delta H,$$

где E_a – энергия активации; C_p^{ex} – избыточная теплоемкость; R – универсальная газовая постоянная; ΔH – энтальпия денатурации, которая определяется как площадь под кривой зависимости избыточной теплоемкости от температуры; T – текущая температура.

Во втором случае – отношение E_a/R определяли как тангенс угла наклона зависимости $\ln(v C_p^{ex} / (\Delta H_{cal} - Q))$ от $1/T$, где Q – текущее количество теплоты, поглощаемое в процессе денатурации, v – скорость нагрева [7].

Результаты и обсуждение

На рисунке 1 представлены типичные термограммы денатурации гемоглобина в присутствии ДМСО различной концентрации. Эндотермический пик на термограммах отображает процесс денатурации Hb. Форма пика денатурации для нативного гемоглобина хорошо согласуется с данными, указанными в литературе [5, 8]. Температура денатурации нативного гемоглобина составляет 344 К.

На основании анализа полуширины и формы пиков плавления можно судить о степени кооперативности данного процесса [3, 4]. Денатурация нативного гемоглобина представляет собой высококооперативный переход. В присутствии ДМСО значения полуширины пиков возрастают, что говорит о понижении кооперативности процесса денатурации белка.

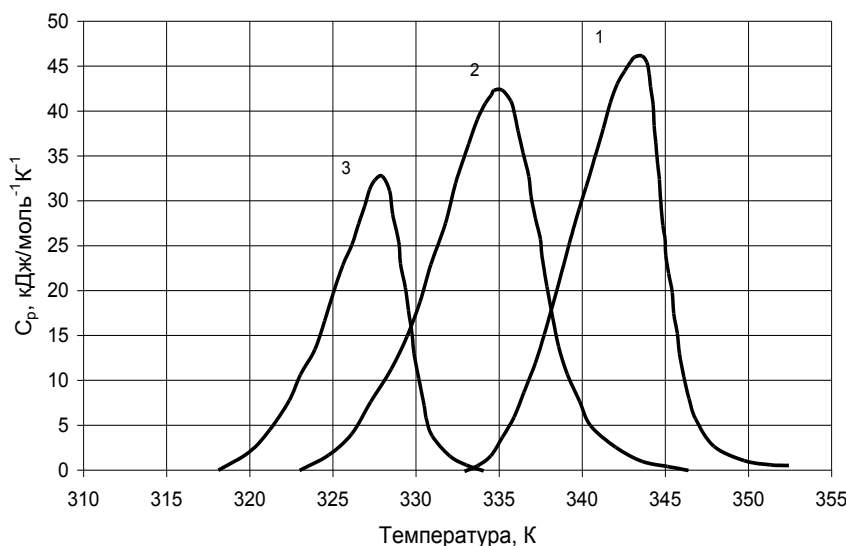


Рис. 1. Термограммы гемоглобина в присутствии ДМСО: 1 – нативный; 2 – 20% ДМСО; 3 – 40% ДМСО

На основе данных термограмм были построены зависимости температуры (1) и изменения калориметрической энтальпии (2) денатурации гемоглобина от концентрации ДМСО ($C_{\text{ДМСО}}$) (рисунок 2 и таблица). При добавлении криопротектора температура денатурации монотонно убывает и близка к линейной, что подтверждает литературные данные о линейной зависимости стабильности белка от концентрации осмолита [9]. В то время как зависимость ΔH от концентрации ДМСО носит более сложный характер, так, на общем фоне снижения калориметрической энтальпии от концентрации криопротектора в диапазоне от 5 до 20% ДМСО наблюдается минимум калориметрической энтальпии, возможно, связанный с разрыхлением молекул гемоглобина и ослабление связей гема с глобином. При 20% ДМСО рост калориметрической энтальпии, вероятно, обусловлен стабилизацией молекул гемоглобина и вызван некоторой модификацией гидратной оболочки глобиновой части молекул белка.

Таблица

Температуры, калориметрические энтальпии и энергии активации процесса денатурации гемоглобина в присутствии различных концентраций ДМСО

С _{ДМСО} , масс. %	T, К	ΔH , кДж/моль	E_{a1} , кДж/моль	E_{a2} , кДж/моль
0	344±0.2	156±10	360.4±17	362±12
5	342±0.2	150±10	383.9±17	376±12
10	341±0.2	121±10	343.2±17	323±12
20	335±0.2	159±10	300.4±17	317±12
40	327±0.2	113±9	292.9±17	327±12
50	321±0.2	94±8	266.9±16	293±11

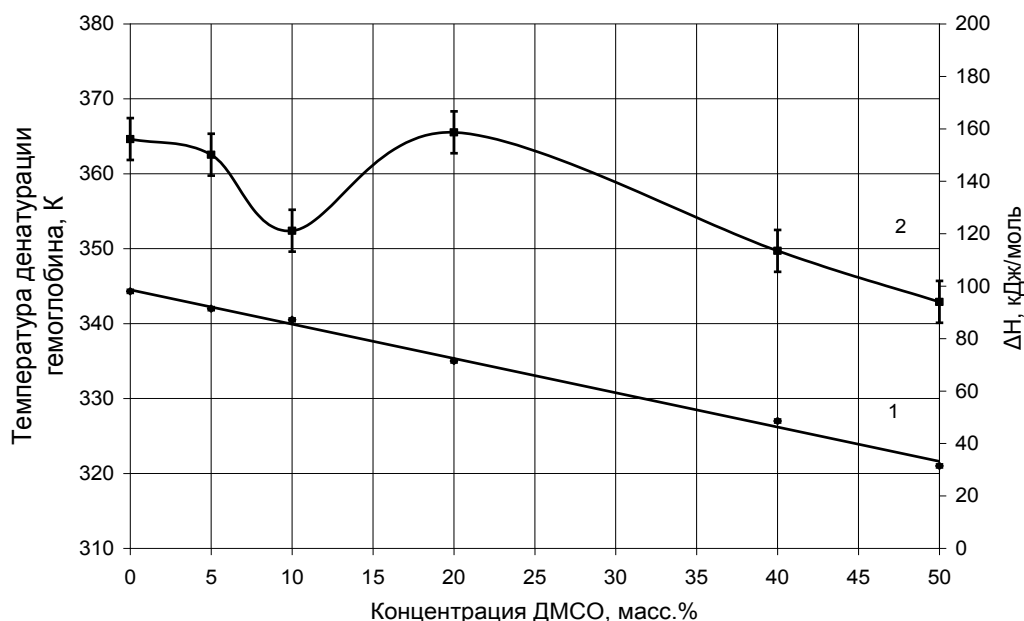


Рис. 2. Зависимости температуры (1) и изменения энтальпии (2) денатурации от концентрации ДМСО

На рисунке 3 представлены зависимости $\ln(v C_p^{ex} / (\Delta H - Q))$ от $1/T$ анфолдинга гемоглобина с добавлением ДМСО. Линейность графиков в данных координатах [3] указывает на пригодность используемой нами модели денатурации Ламри-Эйринга в данном эксперименте. Нами были также рассчитаны значения энергии активации для процесса денатурации гемоглобина с ДМСО концентрацией от 0 до 50%. Энергия активации для нативного гемоглобина составляет 361 кДж/моль.

Значения энергии активации, вычисленные с использованием подходов, рассмотренных выше (см. Кинетический анализ данных ДСК), представлены в таблице, и совпадают в пределах погрешности эксперимента, что говорит о применимости используемой нами модели денатурации для гемоглобина с ДМСО. В таблице E_{a1} – энергия активации вычислена с использованием формулы -1 подход, E_{a2} – определен по тангенса угла наклона (см. рис. 3) – 2 подход.

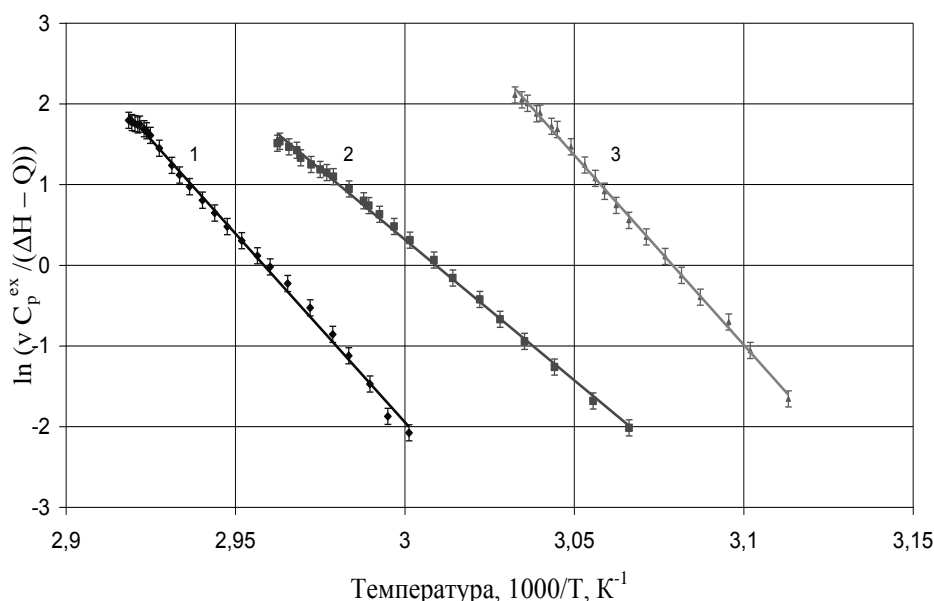


Рис. 3. Зависимости $\ln(v C_p^{\text{ex}} / (\Delta H - Q))$ от обратной температуры для гемоглобина с добавлением ДМСО: 1 – без ДМСО; 2 – 20% ДМСО; 3 – 40% ДМСО

Полученные значения энергии активации для нативного гемоглобина хорошо согласуются с данными, приведенными в литературе [5]. В присутствии криопротектора происходит понижение значений энергии активации, что свидетельствует о понижении термостабильности белка [10] и подтверждает предположение о разрыхлении молекул гемоглобина человека.

Таким образом, ДМСО в диапазоне концентраций 0–50% не влияет на необратимость процесса денатурации белка и приводит к разрыхлению молекул гемоглобина человека и понижению его термостабильности и степени кооперативности.

Литература

1. Актуальные проблемы криобиологии и криомедицины / Под ред. акад. НАН Украины А.Н. Гольцева. – Х.: Райдер, 2012. – 768 с.
2. Долгосрочное хранение эритроцитов методом замораживания при умеренно низких (-60° ÷ -40°C) температурах / Н.Т. Терехов, М.М. Петров, М.П. Буденная, Н.В. Тимченко // Метод. реком. – К.: Здоров'я, 1986. – 16 с.
3. Любарев А.Е., Курганов Б.И. Изучение необратимой тепловой денатурации белков методом дифференциальной сканирующей калориметрии // Успехи биол. химии. – 2000. – Т. 40. – С. 43–84.
4. Зинченко А.В., Соловьева А.С. Сравнение микрокалориметрического плавления гемоглобина из донорской и кордовой крови до и после низкотемпературного воздействия // Проблемы криобиологии. – 2000. – №1. – С. 32–35.
5. Differential scanning microcalorimetry study of the thermal denaturation of haemoglobin / A. Michnik, Z. Drzazga, A. Kluczevska, K. Michalik // Biophys. Chem. – 2005. – Vol. 118, №2–3. – Pp. 93–101.
6. Sengupta Bidisa, Swenson Jan. Properties of normal and glycated human hemoglobin in presence and absence of antioxidant // Biochem. and Biophys. Res. Com. – 2005. – Vol. 334, №3. – Pp. 954–959.
7. Sanchez-Ruiz Jose M. Theoretical analysis of Lumry-Eyring models in differential scanning calorimetry // Biophys. J. – 1992. – Vol. 61. – Pp. 921–935.
8. Термостабильность и функциональные свойства гемоглобина человека в присутствии алифатических спиртов / Е.А. Лапшина, И.Б. Заводник, В.А. Игнатенко, И.И. Степура // Мол. биол. – 1992. – Т. 26, №2. – С. 315–320.
9. Daniel Harries and Jorg Rosgen. A Practical Guide on How Osmolytes Modulate Macromolecular Properties // Meth. in Cell Biol. – 2008. – Vol. 84. – P. 679–735.
10. Patrícia S. Santiago, José Wilson P. Carvalho, Marco M. Domingues, Nuno C. Santos, Marcel Tabak Thermal stability of extracellular hemoglobin of *Glossoscolex paulistus*: determination of activation parameters by optical spectroscopic and differential scanning calorimetric studies // Biophys. Chem. – 2010. – Vol. 152. – Pp. 128–138.

**CALORIMETRIC RESEARCH OF HUMAN HEMOGLOBIN DENATURATION WITH DIMETHYL SULFOXIDE**

**A.V. Zinchenko,
Yu.S. Govorova**

*Institute for Problems of Criobiology and
Criomedicine of the National Academy
of Sciences of Ukraine,
23 Pereyaslavskaya St, Kharkov,
61015, Ukraine*

*E-mail: ju-st7@yandex.ua, alexa-
zin@mail.ru*

The effect of 0 to 50% dimethyl sulfoxide concentration on thermal denaturation of human hemoglobin was studied by the method of differential scanning adiabatic calorimetry. The thermodynamic and kinetic calculation was done. Increase of dimethyl sulfoxide concentration results in decrease activation energy values, temperature and calorimetric enthalpy of hemoglobin denaturation. Such changes of thermodynamic and kinetic parameters of protein denaturation in the presence of dimethylsulfoxide can be explained by loosening of hemoglobin molecules and as a result, decrease of their thermal stability and degree of cooperativity.

Key words: hemoglobin, thermal denaturation, dimethyl sulfoxide, differential scanning calorimetry.



УДК 616-003.84:616.718-018

КОРРЕКЦИЯ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ У ЖИВОТНЫХ С ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПОЛНОСЛОЙНОЙ РАНОЙ

**С.В. Белова, И.В. Бабушкина,
Е.В. Гладкова, И.А. Мамонова,
Е.В. Карякина, Г.В. Коршунов,
Е.А. Конюченко**

*Саратовский научно-исследовательский институт
травматологии и ортопедии
Минздрава России, Россия, 410002,
г. Саратов, ул. Чернышевского, 148*

E-mail: sarniito_bsv@mail.ru

В данной работе проводилось изучение возможности коррекции метаболических нарушений у крыс с полнослойной гнойной раной с помощью комплексного препарата, состоящего из биологического полимера хитозана и наночастиц металлов.

Регенерация экспериментальной гнойной раны у животных опытной группы сопровождалась улучшением планиметрических, гематологических (снижение скорости оседания эритроцитов и содержания лейкоцитов на фоне повышения уровня эритроцитов), биохимических (снижение содержания малонового диальдегида и повышение активности ферментного антиоксиданта церулоплазмина) показателей. В настоящей экспериментальной работе показано положительное влияние комплексного препарата, состоящего из природного биополимера хитозана, наночастиц металлов меди и цинка, на метаболические процессы у крыс с экспериментальной полнослойной гнойной раной на фоне сокращения сроков репаративной регенерации раны, что подтверждалось данными лабораторных исследований.

Ключевые слова: метаболические нарушения, экспериментальная полнослойная гнойная рана, наночастицы металлов меди и цинка, хитозан.

Введение

По мнению многих авторов, развитие гнойного воспаления сопровождается каскадом сложных, взаимосвязанных биологических процессов [1, 2, 3]. Различного рода изменения (морфологические, биохимические, иммунологические и др.) происходят локально, в очаге поражения, и во всем организме в целом [1]. Удачный исход репаративной регенерации ран во многом определяется выраженностью системных метаболических нарушений у млекопитающих.

Хорошо известно негативное влияние свободных кислородных радикалов, образующихся в результате активации процессов свободно-радикального окисления, на состояние биологических мембран, что способствует развитию гнойно-воспалительных процессов и метаболических нарушений [2].

Имеются литературные данные об антиоксидантной активности биологического полимера хитозана [4] и регенерирующих, антибактериальных свойствах наночастиц металлов [5], которые при комбинированном применении взаимно усиливаются [6]. Поэтому представляет интерес изучение влияния локального воздействия комплексного препарата, состоящего из биологического полимера хитозана, наночастиц меди и цинка.

Целью настоящего исследования явилось изучение возможности коррекции метаболических нарушений у крыс с экспериментальной полнослойной гнойной раной посредством комплексного препарата, состоящего из наночастиц металлов и биологического полимера хитозана.

Материалы и методы

Экспериментальные исследования проводились на 32 белых беспородных крысах весом 180–230 грамм. Полнослойная гнойная рана была сформирована в межлопаточной области спины посредством иссечения кожного лоскута с подкожной клетчаткой в виде квадрата размером 20×20 мм по контуру, с размозжением краев раны зажимом Кохера, при внесении в нее марлевого тампона весом 0.5 грамм с взвесью суточной культуры *Staphylococcus aureus*, выделенной от больных с остеомиелитом и другими гнойными посттравматическими и послеоперационными осложнениями, в дозе 2×10^6 КОЕ/мл. Типичная картина полнослойной гнойной раны наблюдалась на 3-и сутки [7].

Лабораторные животные были разделены на три группы: первая – контрольная группа состояла из 10 интактных крыс; вторая – опытная группа была из 12 крыс с полнослойной гнойной раной, леченных комплексным препаратом; третью – группу сравнения составляли



10 животных с полнослойной гнойной раной, обрабатываемой 0.9% изотоническим раствором хлорида натрия. Животные содержались в стандартных условиях вивария. Питание и уход за ними проводилось по «Санитарным правилам по устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник от 06.04.1973». Выведение животных из эксперимента осуществлялось согласно «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных» [8].

Коррекция метаболических нарушений у животных опытной группы проводилась с помощью комплексного препарата, имеющего порошкообразную форму, и состоящего из трех компонентов при следующем их соотношении, мас. %: 0.07–0.09 – наночастицы меди с дисперсностью 30–40 нм, 0.03–0.05 – наночастицы цинка дисперсностью 30–70 нм, остальное – природный низкомолекулярный хитозан, используемый в качестве биodeградируемого биополимерного материала. Экспериментальный образец препарата создан на базе ФГБУ «Саратовский НИИ травматологии и ортопедии» Минздрава России. Препарат наносился на 3-и сутки равномерным слоем однократно.

Изучение лабораторных показателей проводилось до моделирования раны, до коррекции и после нее.

Был проанализирован характер течения раневого процесса с помощью планиметрических методов исследования. Определены наличие и характер воспалительной реакции, состояние краев и дна раны, сроки очищения раны от некротических тканей и появления грануляций и их характер, сроки эпителизации ран.

Изучение гематологических показателей проводилось на анализаторе Micros 60 ABX (Франция).

Оценка состояния процессов перекисного окисления липидов проводилась с помощью биохимических методов исследования с определением уровня малонового диальдегида в реакции с тиобарбитуровой кислотой [9], оценка активности антиоксидантной системы осуществлялась по активности церулоплазмينا в сыворотке крови [10], выражавшаяся в условных единицах [11].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью программы «Statistica 6.0», с вычислением средней арифметической (M), среднеквадратического отклонения (σ), средней ошибки средней арифметической (m), коэффициента достоверности (t), показателя вероятности (p).

Результаты и их обсуждение

После моделирования полнослойной гнойной раны у экспериментальных животных на 3-и сутки отмечались выраженные метаболические нарушения локального и системного характера. Наблюдалась типичная картина гнойной раны. При визуальном осмотре отмечались гиперемия и отечность краев и дна раны, имелось гнойное отделяемое с очагами некроза.

Системные проявления гнойного воспаления у экспериментальных животных сопровождалось отрицательными изменениями гематологических показателей. У всех животных с экспериментальной гнойной раной имелась выраженная воспалительная реакция, проявлявшаяся повышением содержания лейкоцитов и скорости оседания эритроцитов, почти в 2 раза, по сравнению с интактными животными, на фоне снижения количества эритроцитов (табл. 1).

Таблица 1

Гематологические показатели у экспериментальных животных ($M \pm m$)

Показатели	Интактные крысы (n=10)	Крысы опытной группы до лечения (n=12)	Крысы опытной группы после лечения (n=12)	Крысы группы сравнения (n=10)
СОЭ (мм/ч)	3.01±0.19	5.73±0.23*	4.89±0.24**	6.08±0.27***
Лейкоциты ($\times 10^9/л$)	9.39±0.45	11.03±0.31*	10.40±0.34	12.81±0.67***
Эритроциты ($\times 10^{12}/л$)	5.64±0.42	4.20±0.26*	4.73±0.21	3.87±0.23***

Примечание (здесь и далее): * – достоверная разница ($p < 0.05$) между показателями интактных животных и животных опытной группы до лечения; ** – достоверная разница ($p < 0.05$) между показателями животных опытной группы до и после лечения; *** – достоверная разница ($p < 0.05$) между показателями животных опытной группы после лечения и группы сравнения.

При этом отмечалось повышение уровня малонового диальдегида в сыворотке крови по сравнению с интактными животными, что свидетельствовало об интенсификации процессов



перекисного окисления липидов в организме, а также снижение активности ферментного антиоксиданта церулоплазмينا в сыворотке крови по сравнению с показателями у интактных животных, говорившее о несостоятельности антиоксидантной системы защиты (табл. 2).

Таблица 2

Биохимические показатели у экспериментальных животных (M±m)

Показатели	Интактные крысы (n=10)	Крысы опытной группы до лечения (n=12)	Крысы опытной группы после лечения (n=12)	Крысы группы сравнения без лечения (n=10)
Малоновый диальдегид (мкмоль/л)	3.21±0.25	4.32±0.29*	3.72±0.19	4.56±0.18***
Церулоплазмин (у.е.)	26.77±0.85	19.37±0.98*	22.81±0.75**	18.58±0.73***

Лечение животных опытной группы проводилось на 3-и сутки наблюдения путем нанесения комплексного препарата на раневую поверхность. На 9-е сутки, после начала эксперимента имелось улучшение состояния раны: область раневой поверхности имела четкие границы, площадь поверхности раны была меньше, чем у животных группы сравнения. Позже у животных этой группы отмечалось ускоренное заживление раневой поверхности по сравнению с животными, не получавшими лечения. На 14-е сутки после нанесения препарата у крыс опытной группы имелись равномерное заживление раны, полная эпителизация, раневой струп ровной окантовки, а также наблюдалось восстановление волосяного покрова. У животных группы сравнения на коже вокруг раны имелась выраженная гиперемия, а у некоторых особей и участки некроза, при этом отмечалось отсутствие верхних слоев кожи с местами отторжения струпа и нагноения. К 14-м суткам, как в опытной группе, полной эпителизации у животных группы сравнения не наблюдалось.

Исследование гематологических параметров после нанесения препарата показало их положительную направленность: скорость оседания эритроцитов и содержание лейкоцитов снизились (см. табл. 1).

При изучении процессов перекисного окисления липидов после нанесения комплексного препарата в сыворотке крови был обнаружен пониженный уровень малонового диальдегида и повышенная активность сывороточного ферментного антиоксиданта церулоплазмينا по сравнению с аналогичным показателем у животных группы сравнения (см. табл. 2), что позволило констатировать снижение интенсификации процессов перекисного окисления липидов. В группе сравнения у животных, в те же сроки, что и в опытной группе, отмечалось дальнейшее повышение уровня малонового диальдегида и снижение активности церулоплазмينا, что свидетельствовало об усугублении несостоятельности антиоксидантной системы.

Как правило, на репаративные процессы раневой поверхности влияют такие общие факторы, как вирулентность и патогенность микроорганизмов, а также явления, происходящие в области раны, как то снижение местного иммунитета, интенсификация процессов свободно-радикального окисления, повышение количества эндотоксинов [3].

Практически любая патологическая ситуация сопровождается интенсификацией процессов свободно-радикального окисления, вызываемого активными формами кислорода, и структурно-функциональные изменения свойств биологических мембран. В условиях полнослойной гнойной раны у экспериментальных животных имелось повышение уровня малонового диальдегида – показателя состояния процессов перекисного окисления липидов, и снижение активности ферментного антиоксиданта церулоплазмينا, одного из показателя активности антиоксидантной системы, что являлось доказательством ее относительной несостоятельности. Имеющиеся выраженные локальные изменения раневой поверхности и системные метаболические нарушения требовали адекватного способа коррекции, заключающегося в использовании комплексного препарата, состоящего из наночастиц металлов и природного биополимера хитозана.

Выводы

В настоящей экспериментальной работе показано положительное влияние комплексного препарата, состоящего из природного биополимера хитозана, наночастиц металлов меди и цинка, на метаболические процессы у крыс с экспериментальной полнослойной гнойной раной на фонесокращения сроков репаративной регенерации раны, что подтверждалось данными лабораторных исследований.

Список литературы

1. Кузин М.И., Костюченко Б.М. Раны и раневая инфекция. – М.: Медицина, 1990. – 592 с.
2. Пасечник Н.Н. Окислительный стресс и критические состояния у хирургических больных // Вестн. интенсивной терапии. – 2004. – №3. – С. 27–31.
3. Толстых М.П. Лечение ран антиоксидантами. – М., 2004. – 110 с.
4. Хитозан и неспецифическая резистентность организма / Э.И. Хасина, М.Н. Сгребнева, И.М. Ермак, В.И. Горбач // Вестн. ДВО РАН. – 2005. – №1. – С. 62–71.
5. Аттестация наночастиц металлов, используемых в качестве биологически активных препаратов / И.П. Арсентьева, Е.С. Зотова, Г.Э. Фолманис и др. // Нанотехника. – 2007. – №2. – С. 72–77.
6. Наночастицы меди и наночастицы хитозана в составе ранозаживляющих средств / Н.Н. Глущенко, В.П. Варламов, О.А. Богословская и др. // Микроэлементы в медицине. – 2008. – Т. 9, вып. 12. – С. 51.
7. Даценко Б.М. Теория и практика местного лечения гнойных ран. – Киев: Здоровье, 1995. – 383 с.
8. Приложение 3, 4 к приказу Минздрава СССР от 12.08.1977, № 755.
9. Коробейникова Э.Н. Модификация определения продуктов перекисного окисления липидов в реакции с тиобарбитуровой кислотой // Лаб. дело. – 1989. – №7. – С. 8–10.
10. Колб В.Г., Камышников В.С. Клиническая биохимия (пособие для врачей-лаборантов). – Минск: Беларусь, 1976. – 311 с.
11. Пишак В.П., Ярмольчук Г.М. Материал для осуществления внешнего контроля качества определения церулоплазмينا // Клин. лаб. диагностика. – 1998. – №4. – С. 38–44.

CORRECTION OF METABOLIC DISORDERS IN ANIMALS WITH AN EXPERIMENTAL FULL-LAYER WOUND

**S.V. Belova, I.V. Babushkina,
E.V. Gladkova, I.A. Mamonova,
E.V. Karyakina, G.V. Korshunov,
E.A. Konjuchenko**

*Saratov Research Institute of
Traumatology and Orthopaedics of
Ministry of Public Health and Social
Development of the Russian Federation,
148 Chernyshevsky St, Saratov, 410002,
Russia*

E-mail: sarniito_bsv@mail.ru

In the given research a study of possibility of correction of metabolic disorders in rats with full-layer purulent wounds with the help of a complex preparation composed of the biopolymer chitosan and metal nanoparticles was carried out.

Reparative regeneration of experimental purulent wounds in animals of the experimental group was attended by improvement of planimetric, hematologic (decrease in erythrocyte sedimentation rate and content of leukocytes with increase in the level of erythrocytes), biochemical (decrease in content of Malondialdehyde and increase in activity of the enzymatic antioxidant ceruloplasmin) indices. In this experimental work a positive effect of the complex preparation composed of the natural biopolymer chitosan and nanoparticles of copper and zinc metals on the metabolic processes in rats with experimental full-layer purulent wounds in condition of decrease in the periods of wound reparative regeneration was demonstrated. Everything was confirmed by the data of laboratory research.

Key words: metabolic disorders, experimental full-layer purulent wound, nanoparticles of copper and zinc metals, chitosan.



УДК 619:615.33:591.1

АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СЕРЕБРЯНОЙ ФОРМЫ МОНТМОРИЛЛОНИТ СОДЕРЖАЩЕЙ ГЛИНЫ

В.Д. Буханов¹,
А.И. Везенцев¹,
П.В. Соколовский¹,
Т.А. Савицкая²

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru

² Белорусский государственный университет, Белоруссия, 220006, г. Минск, ул. Ленинградская, 14

E-mail: savitskayaTA@bsu.by

В статье приведены результаты исследований антибактериальных свойств монтмориллонит содержащих глин, модифицированных азотнокислым серебром. Установлено, что модифицированные формы сорбента обладают выраженным бактериостатическим действием, подавляют рост и образование колоний *Salmonella dublin*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus hyicus* на поверхности МПА и *Proteus vulgaris* на кровяном агаре. Полученная модифицированная монтмориллонит содержащая глина с содержанием серебра (от 0.1 до 4.35 масс. %) обладает эффективными антимикробными свойствами, является менее затратным способом по использованию реактивов, оборудования и продолжительности процесса.

Ключевые слова: монтмориллонит содержащая глина, антибактериальные свойства, гнойные раны.

Введение

Существуют лекарственные средства, изготовленные на основе серебра (колларгол, протаргол, ляпис и др.) – они применяются в медицине не одну сотню лет, тем не менее, до настоящего времени, препараты серебра и его соединений не получили достаточно широкого распространения ни в медицине, ни в ветеринарии. Отчасти это связано с существующим предубеждением, что препараты серебра, рекомендуемые для специфической этиотропной терапии, достаточно дорогостоящие. В действительности это не так, поскольку цена одной лечебной или профилактической дозы серебросодержащего препарата не превышает или даже меньше стоимости аналогичной дозы современных антибиотиков.

В то же время широкое использование антибиотиков при лечении ран различной этиологии, профилактике раневой инфекции и гнойно-септических осложнений привело к появлению и распространению устойчивых штаммов микроорганизмов. Кроме того, антибиотики отрицательно влияют на микробиоценоз и макроорганизм, приводят к развитию иммунодефицита, не обладают противовирусной активностью и снижают качество животноводческой продукции. В связи с этим у специалистов возрос интерес к препаратам широкого спектра антимикробного действия, являющихся альтернативой антибиотикам.

Помимо приведенных аргументов решающим является механизм комплексного бактерицидного, вирулицидного, фунгицидного и противовоспалительного действия ионов серебра. При этом терапевтическая эффективность на рубль затрат возрастает в пользу серебросодержащих препаратов [1, 2].

Поэтому на фоне переоценки места антибиотиков возродился интерес к антисептикам. Последние представляют химические вещества (независимо от источника получения и состава), обладающие противомикробным действием и используемые для нанесения на поврежденную и неповрежденную кожу, слизистые оболочки, полости и раны в целях лечения и предупреждения развития местных инфекционных поражений и сепсиса.

Целью нашего исследования явилось изучение антибактериальных свойств серебряной формы монтмориллонит содержащей глины.

Задачами исследования являлись:

- разработка материальноберегающего способа получения композиционной серебряной формы монтмориллонит содержащей глины;
- изучение антимикробной активности серебряной формы монтмориллонит содержащей глины к широкому спектру микроорганизмов.

Материал и методы исследований

Для достижения поставленной цели группой ученых под руководством профессора А.И. Везенцева на базе ФГАОУ ВПО «Белгородского государственного национального исследовательского университета» (НИУ «БелГУ») было произведено обогащение монтмориллонит

содержащей глины нитратом серебра. Исследование антибактериальных свойств монтмориллонит содержащей глины модифицированной нитратом серебра проводилось в Белгородском филиале ВИЭВ.

Известен способ получения антимикробного препарата [3], согласно которому 1% масс. суспензию из наносиликатных пластин обрабатывают раствором нитрата серебра (AgNO_3) (1% по масс.) при соотношении Ag^+ : глина равном 7:93. Добавляют 6–8 мл метанола. Химическое взаимодействие проводят с помощью ультразвукового перемешивания на водяной бане при 70–80°C. Недостатком данного способа является предварительное получение наносиликатных пластин из слоистых глинистых минералов, что значительно влияет на продолжительность процесса. Также используют метанол, который является ядовитым веществом. Содержание серебра в образцах, определенное масс-спектрометрическим методом (ICP-MS), соответствует примерно 120 до 190 частей на миллиард.

Композиционные препараты, отличающиеся неодинаковым содержанием серебра, получали на основе недефицитной глины, включающей в себя неорганический минерал – монтмориллонит. Данный минерал в различных глинах содержится в натрий-кальциевой, кальциевой или железистой форме. Минералогический состав такого рода глин: монтмориллонит, кварц, иллит, каолинит, мусковит, кальцит и полевые шпаты, где основным сорбционным материалом является монтмориллонит. Исходную обогащенную глину, содержащую 65–70 масс. % монтмориллонита, обрабатывали несколькими способами с разной концентрацией растворов нитрата серебра и неодинаковым температурным режимом: 1) 0.16–9.9 масс. %, перемешивали при температуре от 10°C до температуры кипения; 2) 3.2 масс. %, перемешивали при температуре кипения смеси; 3) 0.16 масс. %, перемешивали при температуре 10–30°C; 4) 0.16 масс. %, перемешивали при температуре кипения смеси; 5) 9.9 масс. %, перемешивали при температуре 10–30°C. Во всех вариантах соотношение глины и раствора нитрата серебра было 1:5, а продолжительность обработки при постоянном перемешивании – 3–7 часов. Далее, с целью удаления избытка нитрата серебра, модифицированный продукт промывали дистиллированной водой ($\text{pH} \approx 5-6$). Затем отстаивали при комнатной температуре с ограничением доступа прямых солнечных лучей, декантировали и высушивали при температуре 20–160°C, в результате чего получали мягкий, легко измельчаемый глинистый материал от светло- до темно-коричневого оттенка [4]. Образцы получены аспирантом Пономаревой Надеждой Федоровной.

Химический состав обогащенной глины и модифицированных композиционных образцов определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа на рентгеновском спектрометре ARL OPTIM'X. В изготовленных селективных серебряных формах сорбционных препаратов содержание серебра определяли методом количественного и титрометрического анализа.

Вышеуказанные исследования проводили на кафедре общей химии Белгородского государственного национального исследовательского университета (БелГУ), а выяснение антибактериальных свойств изготовленных композиций осуществляли на базе Белгородского филиала Всероссийского института экспериментальной ветеринарии.

Определение чувствительности грамположительных и грамотрицательных бактерий, а также дрожжеподобных грибов к монтмориллонит содержащим глинам, модифицированных ионами серебра, проводили в стерильных условиях на плотных питательных средах с pH 7.2–7.4. Культивирование *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella dublin*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus hyicus*, *Staphylococcus intermedius*, *Staphylococcus aureus* осуществляли на мясопептонном агаре (МПА), а *Proteus vulgaris* и *Candida albicans* – на кровяном агаре. В питательную среду, охлажденную до 45–48°C, вносили взвесь исследуемого микроорганизма из расчёта $1 \cdot 10^7$ КОЕ (Колониеобразующих единиц) на 1 мл МПА или кровяного агара и быстро разливали по чашкам Петри, в которые предварительно были помещены стерильные навески исследуемого композиционного препарата. После тщательного перемешивания диапазон концентрации изучаемого образца в 1 мл питательной среды колебался от 1.56 до 100 мг.

Испытания проводились в стерильных условиях с использованием стерильного оборудования и материалов. Для испытаний были использованы: чашки Петри (ЧП), содержащие стерильный мясопептонный агар (МПА) или кровяной агар с pH 7.2–7.4. Толщина слоя охлажденного МПА (или кровяного агара) – 2.5–3.0 мм.

В питательные среды, охлажденные до 45–48°C, вносили навески стерильного сорбента в диапазоне от 1.56 до 100 мг на 1 мл питательной среды и взвесь исследуемых штаммов микроорганизмов. В контрольные чашки с питательной средой вносили только взвесь исследуемых микроорганизмов.

Учет результатов определения чувствительности микроорганизмов к глинистым образцам в зависимости от их концентрации в МПА и кровяном агаре проводили после их культивирования в термостате при температуре 37°C в течение 16–18 часов.

Результаты исследований

В результате проведенных исследований установлено содержание серебра (масс. %) в пробах 1-5, соответственно: 3.36; 3.61; 0.10; 0.20; 4.35.

При определении чувствительности микроорганизмов к глинистым формам сорбента, полученных по примерам 1-5, была установлена их минимальная бактериостатическая концентрация (табл. 1).

Таблица 1
Чувствительность микроорганизмов к активированным азотнокислым серебром формам сорбента, созданных на основе монтмориллонитовой глины

Микроорганизм	Концентрация сорбента, мг/мл	Количество КОЕ/ мл по McFarland					контроль
		пример 1	пример 2	пример 3	пример 4	пример 5	
<i>Salmonella dublin</i>	12.50	*	*			*	12×10 ⁸
	6.25	*	*	3×10 ⁸	2×10 ⁸	*	
	3.125	2×10 ⁸	1×10 ⁸	9×10 ⁸	8×10 ⁸	*	
	1.56	9×10 ⁸	6×10 ⁸	12×10 ⁸	15×10 ⁸	3×10 ⁸	
<i>Salmonella enteritidis</i>	12.50	*	*			*	22×10 ⁸
	6.25	*	*	2×10 ⁸	1×10 ⁸	*	
	3.125	2×10 ⁸	6×10 ⁸	18×10 ⁸	20×10 ⁸	*	
<i>Staphylococcus hyicus</i>	12.50	*	*			*	36×10 ⁸
	6.25	*	*	3×10 ⁸	1×10 ⁸	*	
	3.125	6×10 ⁸	9×10 ⁸	33×10 ⁸	30×10 ⁸	*	
	1.56	15×10 ⁸	18×10 ⁸	39×10 ⁸	39×10 ⁸	2×10 ⁸	
	25.00	*	*			*	
<i>Proteus vulgaris</i>	12.50	*	*			*	36×10 ⁸
	6.25	*	*	6×10 ⁸	3×10 ⁸	*	
	3.125	2×10 ⁸	3×10 ⁸	30×10 ⁸	30×10 ⁸	*	
	1.56	18×10 ⁸	21×10 ⁸	36×10 ⁸	36×10 ⁸	3×10 ⁸	
<i>Staphylococcus aureus</i>	12.50	*	*			*	36×10 ⁸
	6.25	2×10 ⁸	1.5×10 ⁸	33×10 ⁸	30×10 ⁸	*	
	3.125	21×10 ⁸	15×10 ⁸	39×10 ⁸	36×10 ⁸	1.5×10 ⁸	
	25.00	*	*			*	
<i>Escherichia coli</i>	12.50	*	*			*	39×10 ⁸
	6.25	2×10 ⁸	1.5×10 ⁸	36×10 ⁸	30×10 ⁸	*	
	3.125	18×10 ⁸	9×10 ⁸	45×10 ⁸	39×10 ⁸	6×10 ⁸	
	25.00	*	*			*	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12.50	*	*			*	39×10 ⁸
	6.25	3×10 ⁸	6×10 ⁸	30×10 ⁸	21×10 ⁸	*	
	3.125	18×10 ⁸	15×10 ⁸	33×10 ⁸	33×10 ⁸	3×10 ⁸	
	25.00	*	*			*	
<i>Staphylococcus intermedius</i>	12.50	*	*			*	30×10 ⁸
	6.25	2×10 ⁸	3×10 ⁸	21×10 ⁸	18×10 ⁸	*	
	3.125	24×10 ⁸	18×10 ⁸	33×10 ⁸	30×10 ⁸	3×10 ⁸	
	25.00	*	*			*	
<i>Candida albicans</i>	12.50	*	*			*	39×10 ⁸
	6.25	8×10 ⁸	9×10 ⁸	33×10 ⁸	30×10 ⁸	*	
	3.125	15×10 ⁸	15×10 ⁸	45×10 ⁸	39×10 ⁸	6×10 ⁸	
	25.00	*	*			*	

Примечание: * – минимальная бактериостатическая концентрация.

Из приведенной таблицы установлено, что модифицированные формы сорбента, полученные по примерам 1, 2 и 5 обладали более выраженным бактериостатическим действием, чем формы сорбента, которые были получены по примерам 3 и 4. Рассматриваемая таблица хорошо иллюстрирует неодинаковое проявление чувствительности исследуемых микроорганизмов к различным формам сорбента, полученным по примерам 1-5, так как в данных формах соответственно содержится 3.36; 3.61; 0.10; 0.20 и 4.35 масс. % серебра.

Исследуемые формы сорбента, полученные по примерам 1 и 2, подавляли рост и образование колоний *Salmonella dublin*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus hyicus* на поверхности МПА и *Proteus vulgaris* на кровяном агаре при концентрации 6.25 мг сорбента на 1 мл питательной среды.

Более эффективное бактериостатическое действие на эти же бактерии оказывала форма сорбента, полученная по примеру 5, при концентрации 3.125 мг/мл питательной среды.

В то же время минимальная бактериостатическая концентрация изучаемых форм сорбента, полученных по примерам 1 и 2, для *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus intermedius* на поверхности МПА и *Candida albicans* на кровяном агаре составила 12.50 мг сорбента на 1 мл питательной среды. Форма сорбента, полученная по примеру 5, угнетала рост данных микроорганизмов при концентрации 6.25 мг/мл питательной среды.

С целью определения бактерицидной концентрации глинистых образцов, полученных по примерам 1–5, со смывов из чашек, где отсутствовал рост исследуемых микроорганизмов, производили посеvy на плотные питательные среды (МПА и кровяной агар), которые не содержали изучаемого сорбента. После культивирования этих посевов в термостате при температуре 37°C, в течение 16–18 часов, отсутствовал рост микроорганизмов со смывов МПА и кровяного агара, в которых минимальная бактериостатическая концентрация серебряной формы монтмориллонит содержащей глины составляла 3.125; 6.25 и 12.50 мг/мл питательной среды.

Такое же бактериостатическое действие модифицированные ионами серебра формы сорбента, полученные по примерам 3 и 4, проявили по отношению к *Salmonella dublin*, *Salmonella enteritidis* и *Proteus vulgaris*, но при концентрации 12.50 мг/мл. На *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus hyicus*, *Staphylococcus intermedius* и *Candida albicans* данные формы сорбента влияли бактериостатически в концентрации 25.00 мг/мл.

Нативная форма монтмориллонитовой глины при концентрации 100 мг/мл МПА и кровяного агара не подавляла рост исследуемых микроорганизмов, а наоборот усиливала. При этом количество колониеобразующих единиц в смывах с поверхности плотной питательной среды опытных чашек Петри было в 1.1–1.9 раза больше, чем в контрольных, то есть не содержащих нативной формы глины.

Таким образом, при реализации изобретения, путем модифицирования монтмориллонит содержащей глины серебром, отмечается проявление её антибактериальных свойств. Полученная модифицированная монтмориллонит содержащая глина с содержанием серебра (от 0.1 до 4.35 масс. %) обладает эффективными антимикробными свойствами, является менее затратным способом по использованию реактивов, оборудования и продолжительности процесса.

Наиболее близким по существу является изобретение, заключающийся в модифицировании неорганического минерала – монтмориллонита неорганическими солями металла в поллярном растворителе, и последующей выдержке бентонита в растворе соли, в удалении продуктов модифицирования бентонита из раствора с последующей сушкой при температуре не выше 100°C, при этом согласно изобретению перед модифицированием бентонит обогащают ионами Na⁺ путем обработки его 3–10 масс. % водным раствором хлористого натрия с последующей промывкой и фильтрованием полученного полуфабриката, который затем модифицируют 10–20 масс. % раствором неорганических солей металла, в качестве которых используют нитрат серебра или сульфат меди, производят выдержку модифицируемого бентонита в указанных солевых растворах в течение 12–24 час, а затем очистку промодифицированного бентонита от солей натрия путем его промывки и фильтрации. После сушки полученный препарат измельчают до дисперсности частиц 20–150 нм, при этом обработку неорганического минерала названными растворами производят при соотношении, масс. ч. – бентонит : раствор как 1:(10–40) [5]. Изобретение [4] позволяет снизить продолжительность химической обработки и количество используемого нитрата серебра, значительно повысить антибактериальные свойства глины по отношению к бактериям *Escherichia coli*, *Salmonella dublin*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus hyicus*, *Staphylococcus intermedius*, *Staphylococcus aureus*, а так же дрожжеподобным грибкам – *Candida albicans*.

Работа выполнена в соответствии с государственным заданием № 4.3392.2011 «Разработка инновационных ветеринарных препаратов на основе наноструктурных сорбционно- и биологически активных монтмориллонит содержащих глин для лечения и профилактики желудочно-кишечных заболеваний сельскохозяйственных животных», 2012–2014 гг.

Список литературы

1. Кульский Л.А. Серебряная вода. – Киев: Наукова думка, 1982. – с. 136.
2. Лекарственные препараты серебра на органических и неорганических носителях / П.П. Родионов, Г.В. Одегова, В.А. Бурмистров и др. // Научно-практическая конференция с международным участием «Серебро и висмут в медицине», Новосибирск, Сибирский университет потребительской кооперации, 25–26 февраля 2005 г. – Новосибирск, 2005. – С. 87-104.
3. Абрамян А.А., Беклемышев В.И., Махонин И.И., Махонин П.И., Солодовников В.А. Способ получения антимикробного препарата. Описание изобретения к патенту RU 2330673 от 22.11.2006.



4. Vyung Kyu Cho, Bum Gyu Choi, Jae Ho Jung, Dae Ho Kang, Min Kyoun Kim, Min Jin Ko, Myung Sun Moon. Composition durcissable. Описание изобретения к патенту USA 2012093907 от 6.01.2012 г.
5. Серебро в медицине / Е.М. Благитко, В.А. Бурмистров, А.П. Колесников и др. – Новосибирск: Наука-Центр, 2004 г. – 254 с.
6. Сорбционно-апликационные и лимфотропные методы в комплексном лечении ожогов / Ю.И. Бородин, М.С. Любарский, А.Ю. Летягин и др. – Новосибирск: СибВО, 1995. – 142 с.
7. Специфические сорбенты для профилактики и лечения различных заболеваний / В.А. Бурмистров, Л.Н. Рачковская, М.С. Любарский и др. // Нанотехнологии и наноматериалы для биологии и медицины: материалы конференции, 11–12 октября 2007 г., Новосибирск. Ч. 2. – Новосибирск, 2007. – С. 23–36.
8. Preparation and characterization of antibacterial viscose-based activated carbon fiber supporting silver / Y.L. Wang, Y.Z. Wan, X.H. Dong et al. // Carbon. – 1998. – №2. Vol. 36. – Pp. 1567–1571.
9. Ямомото Тацуо, Утита Синси, Кукухара Ясуо, Накаямо Итиро. Получение дисперсии, содержащей бактерицид // Заявка на изобретение № 1-172301. Япония МКИ 4 Заявл. 26.12.87, опубл 07.07.89.
10. Nanke Bernhard. Антимикробный продукт, предохраняющий тело. Пат. № 1-066825 Германии, МКИ А 01 К 7/48; заявл. 17.06.99; опубл. 20.01.01
11. Кернет Бруан Е., Минц Эрик А. Композиции, содержащие биоцидные соединения или адсорбент и/или катализатор и способы их получения. Пат. № 6-383273 США. Заявл. 1999.08.12; опубл. 2002.05.07.

ANTIBACTERIAL PROPERTIES OF SILVER FORM OF MONTMORILLONIT CONTAINING CLAY

**V.D. Buhanov¹,
A.I. Vezentsev¹,
P.V. Sokolovskiy¹,
T.A. Savitskaya²**

¹Belgorod State National Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru

²Belarusian State University, 14 Leningrad St., Minsk, 220006, Belarus

E-mail: savitskayaTA@bsu.by

The results of studies of antibacterial properties of clays containing montmorillonite modified with silver nitrate are given in the paper. It was found that modified forms of sorbent have a pronounced bacteriostatic effect, inhibit the growth and colony formation of *Salmonella dublin*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus hyicus* on the surface of the IPA and *Proteus vulgaris* on blood agar. The resulting clay containing montmorillonite modified with a silver content (from 0.1 to 4.35 wt. %) has effective antimicrobial properties, is less costly method for the use of reagents, equipment and process duration.

Key words: montmorillonite containing clay, antibacterial properties, suppurating wounds.



УДК 577.153.2

РОЛЬ КАРБОКСИЛЬНЫХ ГРУПП В КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ЛИПАЗЫ I *RHIZOPUS ORYZAE* 1403

С.А. Шеламова¹,
Ю.А. Тырсин²

¹ Воронежский филиал Российского
экономического университета
им. Г. В. Плеханова, Россия, 394036,
г. Воронеж, ул. К. Маркса, 67А

² Московский государственный
университет пищевых производств,
Россия, 125080, г. Москва,
Волоколамское шоссе, 11

E-mail: shelam@mail.ru

Участие карбоксильных групп в каталитическом действии липазы I *Rhizopus oryzae* 1403 доказано инактивацией карбодиимидом (EDC) в присутствии нуклеофила – этилового эфира глицина. Аминокислотный анализ модифицированного фермента исключил возможность реагирования с EDC тирозина и гистидина, а отсутствие восстановления активности гидроксиламином – с серином. При практически полной потере активности фермента модифицировалось 11 карбоксильных групп; при условии псевдопервого порядка реакции гидролиза – 4. Кинетические исследования гидролиза триолеина и трибутирина после модификации липазы показали, что V_{max} мало отличались на обоих субстратах, а значения K_m на трибутирине увеличилось в 1.47, а на триолеине – в 1.18 раз. Это говорит об участии карбоксильных групп в создании активной конформации фермента при связывании с определенным субстратом.

Ключевые слова: липаза, *Rhizopus*, карбоксильные группы.

Введение

Липазы (КФ 3.1.1.3) катализируют гидролиз сложноэфирных связей в триацилглицеринах, а в микроводных условиях – реакции синтеза. Проведены многочисленные исследования по расшифровке строения активного центра микробных липаз, особенностей механизма их действия, поверхностной активации. Для этого использовались методы химической модификации [1, 2], сайт-направленного мутагенеза [3, 4], молекулярного моделирования [5, 6]. Установлено, что большинство липолитических ферментов действуют как сериновые гидролазы с триадой Ser-Gis-Asp в активном центре [7–12]. Однако липаза *Burkholderia sp.* является тиоловым ферментом, имеющим в активном центре цистеин [13]. Наряду с этим обнаружена липаза из *Mucor hiemalis f. hiemalis*, каталитическая активность которой остается неизменной при воздействии как модификаторов серина, так и цистеина [14]. Механизм её действия изучается.

Важность карбоновой кислоты в каталитической триаде дебатировалась много лет. Изначально получила почти всеобщее признание гипотеза переноса заряда, согласно которой ϵ -азот имидазола играет роль общего основания, чтобы облегчить атаку серина на субстрат, а роль Asp-CO₂⁻ состоит в удалении протона от δ -азота иона имидазола. Впоследствии на основании термодинамических расчетов и компьютерного моделирования стало ясно, что полный перенос заряда неблагоприятен. Были сделаны предположения, что первичная роль карбоксильной группы – скорее в стабилизации требуемой конформации имидазола гистидина, а не общесеринного катализатора. В своих работах Warshel et al. [15, 16] показали, что энергия реорганизации ориентирования полярных групп в активном центре фермента является небольшой относительно реакции в растворе, потому что диполи уже размещены надлежащим образом для взаимодействия с переходным состоянием. Они нашли удовлетворительное объяснение эффективности сериновых эстераз в этой предорганизации.

Липолитический комплекс *Rhizopus oryzae* 1403 представляет большой практический интерес в области создания структурных триацилглицеролов с функциональными свойствами в связи с широкой субстратной и 1,3-позиционной специфичностью. При исследовании каталитических свойств одной изоформы липазы этого продуцента – Липазы I подтверждено наличие в ее активном центре гистидина и серина. Представляло интерес изучение значения карбоксильных групп в реакции гидролиза эфирной связи этим ферментом.

Объекты и методы исследования

В работе использовали изофермент липазы *Rhizopus oryzae* 1403, полученный фракционированием ацетоносажденного препарата с помощью гель-фильтрации на G-150 и последующей хроматографией на ДЕАЕ-52. Гомогенность фермента подтверждена повторной гель-фильтрацией и электрофорезом. Продуцент получен из Всероссийской коллекции микроорга-

низмов; оливковое масло – Aceites Borges Pont (Испания); 1-этил-3-(3-диметил-аминопропил)карбодиимидгидрохлорид (EDC) и этиловый эфир глицина – Sigma Chemical Co (США); другие реагенты российского производства марки х.ч.

Гидролитическую активность липазы определяли модифицированным методом К. Yamada и Н. Machida [17]. Субстрат – оливковое масло. За единицу активности липазы принимали такое количество фермента, которое освобождает 1 $\mu\text{моль}$ жирной кислоты за 1 мин.

Для модификации фермент в количестве 10 $\mu\text{М}$ растворяли в 50 мМ растворе этилового эфира глицина. Значения рН устанавливали буферными растворами по Макилвэйну. Затем добавляли EDC в количестве 50 мМ. Через определенные промежутки времени отбирали аликваты реакционной смеси, разбавляли их 5-кратным количеством 1 М ацетата натрия и определяли остаточную активность и скорость гидролиза.

Для определения аминокислотного состава модифицированного фермента его осаждали 10%-ной трихлоруксусной кислотой (ТХУ) из реакционной смеси. Все примеси были удалены 5-кратным промыванием 5%-ным раствором ТХУ и абсолютным этанолом. Осадки высушивались в вакууме и подвергались аминокислотному анализу на автоматическом аминокислотном анализаторе ААА-339Т МИКРОТЕХНА (Чехия).

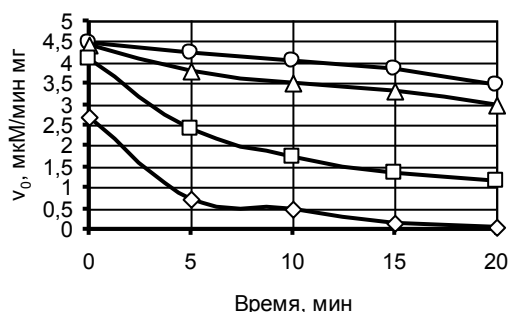
Для определения кинетических характеристик гидролиза регистрировали накопление свободных жирных кислот (СЖК) методом рН-статирования [18]; в качестве субстрата использован трибутирин. Начальную скорость рассчитывали по тангенсу угла наклона кинетических кривых [19]. Исследования проводились в диапазоне концентраций фермента от 10 до 150 мкг/см³, дающем прямолинейную зависимость от значений начальных скоростей.

Результаты и их обсуждение

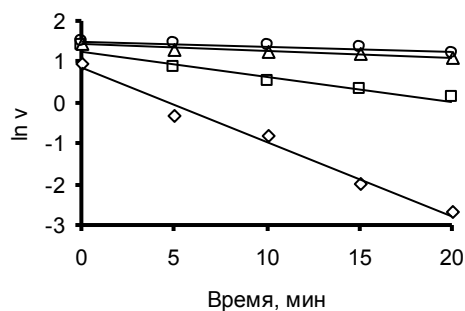
Для исследования роли карбоксильных групп в действии Липазы I был использован метод, который предполагает реагирование белка с карбодиимидом, происходящее при конденсации с нуклеофилом.

В качестве ингибитора был взят EDC, а нуклеофила – этиловый эфир глицина. Установлено, что уменьшение скорости гидролиза трибутирина сильно зависело от концентрации водородных ионов. Соответствующие преобразования позволили определить рК группы (рис. 1), участвующей в катализе – 5,0, что согласуется со значением, полученным из зависимости (v , рН).

Известно, что карбодиимиды способны реагировать с другими аминокислотными остатками. Аминогруппу лизина можно исключить из-за ее высокого рК, который будет препятствовать реакции в условиях данного эксперимента. С тирозином и гистидином карбодиимиды образуют устойчивые к кислотному гидролизу соединения.

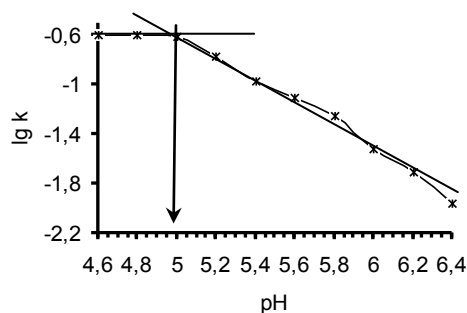


А



Б

Рис. 1. А – Зависимость скорости гидролиза трибутирина Липазой I, модифицированной EDC при различных значениях рН: (○) 6.4; (Δ) 6.0; (□) 5.4; (◇) 4.6; Б – Определение рК модифицированной группы



Но аминокислотный анализ модифицированного фермента показал, что количество этих остатков не изменяется (табл. 1).

Таблица 1
Количество остатков гистидина, тирозина и цистеина в Липазе I при модификации EDC (pH 5.0)

Потеря активности, %	His	Tyr	Cys
0	2	3	1
51.2±2.1	2	3	1
74.1±4.2	2	3	1
91.6±3.5	2	3	1

Если карбодиимиды реагируют с серином, как в случае с химотрипсином, то активность полностью восстанавливается гидроксиламином. Добавление к инактивированной Липазе I NH_2OH не дало такого эффекта (рис. 2). Таким образом, полученные результаты позволяют утверждать, что за инактивацию Липазы I EDC отвечают именно карбоксильные группы. Однако карбодиимиды могут вызывать образование внутримолекулярных связей, что также вызывает потерю активности ферментов. По этому вопросу в литературе имеются противоречивые сведения.

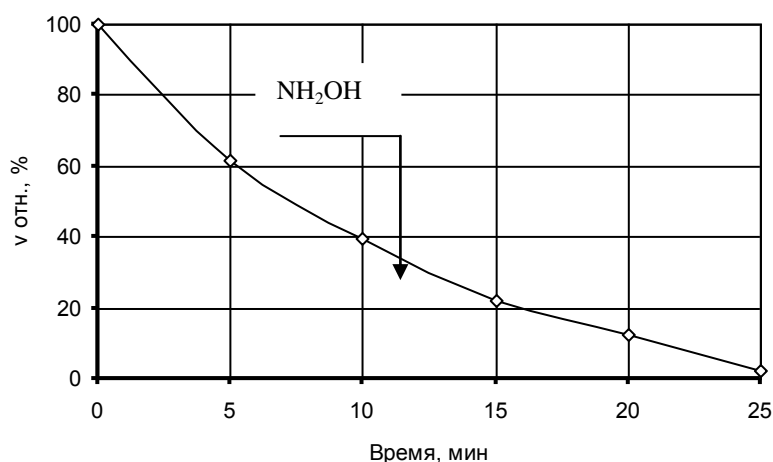


Рис. 2. Влияние гидроксиламина на ход инактивации Липазы I EDC (pH 5.4)

Так, модификация кутиназы EDC не зависела от присутствия нуклеофила [20]. Панкреатическая липаза человека, напротив, не ингибировалась без сложного эфира. Но при этом повреждалась структура фермента, так как скорость денатурации в 8 М мочеvine после модификации возрастала в 14 раз. Кроме того, активный центр титровался диэтил-*n*-нитрофенилфосфатом, не экранировался субстратом, в связи с чем было поставлено под сомнение участие карбоксильной группы в системе с переносом заряда.

Проведенные нами исследования показали, что инактивации Липазы I без нуклеофила не наблюдалось, а предварительная инкубация с субстратом в значительной степени снижала ингибирование (рис. 3).

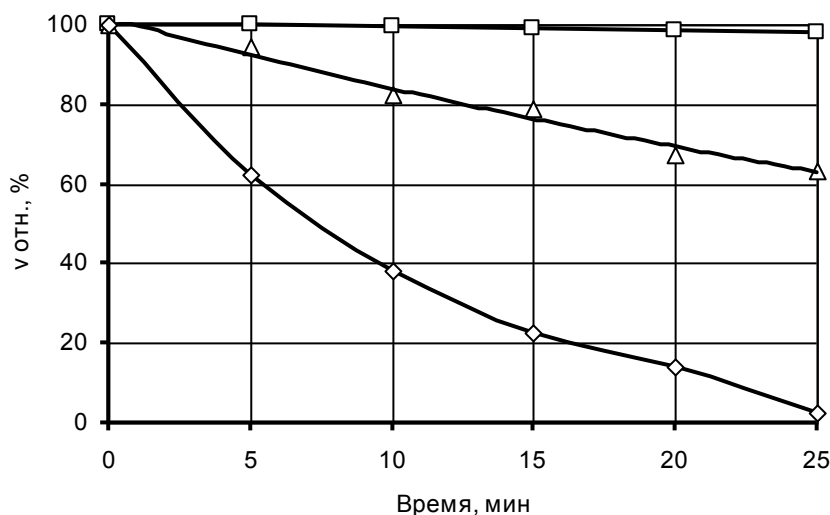


Рис. 3. Ингибирование Липазы I EDC: (□) без эфира глицина; (Δ) с прединкубацией с субстратом; (◇) с эфиром глицина (pH 5.4)

Стехиометрия модификации карбодиимидами вызывает затруднения, так как карбоксильные группы реагируют с ингибитором, как выяснилось, с различной скоростью. Мето-

дами химической модификации у кутиназы доказано наличие одной карбоксильной группы в активном центре [20]. Анализ кинетических констант инактивации панкреатической карбоксилэстеразы показал, что существует одна карбоксильная группа, участвующая в акте катализа и одна вспомогательная группа, необходимая для стабилизации фермента на поверхности раздела [21].

Данные изменения активности Липазы I и количества модифицированных карбоксильных групп, полученного по включению глицина, показаны на рис. 4. При практически полной потере активности в данном ферменте модифицировалось 11 карбоксильных групп. При условии псевдопервого порядка реакции получаем, что для проявления активности необходимо не менее трех групп (рис. 5). По всей вероятности, карбоксильные группы необходимы для поддержания активной структуры. С помощью моделирования молекулярной динамики кутиназы показано, что водородная связь между Asp и His активного центра необходима для ее каталитического действия [22]. По данным, полученным в последние годы для липаз семейства *Rhizomucor miehei*, электростатические взаимодействия не только вблизи активного центра, но и удаленные от него значительно влияют на активность [23].

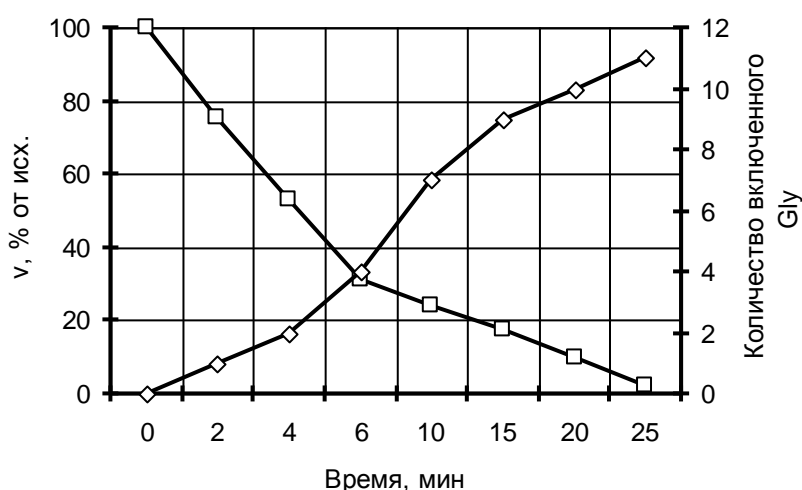


Рис. 4. Определение количества модифицированных карбоксильных групп при инактивации Липазы I карбодиимидом (pH 5.0)

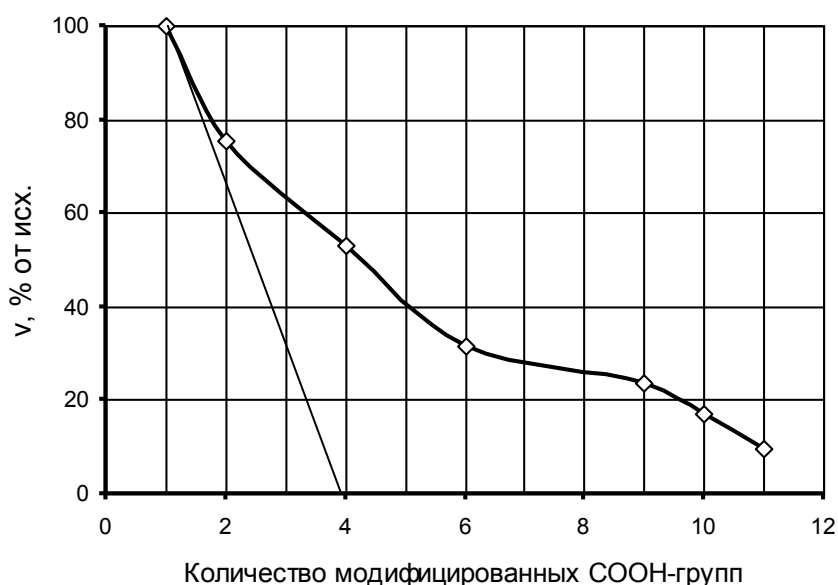


Рис. 5. Стехиометрия ингибирования Липазы I карбодиимидом (pH 5.0)

Для выяснения механизма действия EDC на липазу были определены кинетические параметры гидролиза трибутирина и триолеина (табл. 2).



Таблица 2

**Кинетические параметры гидролиза некоторых субстратов
нативной и модифицированной Липазой I (рН 5.0)**

Фермент	V_{max} , $\mu\text{моль}\cdot\text{мин}^{-1}\cdot\text{мг}^{-1}$	K_M , $\mu\text{моль}$	(V_{max} / K_M) , $\text{мин}^{-1}\cdot\text{мг}^{-1}$
Трибутирин			
Нативный	35.6±1.4	786±31	45.3×10 ⁻³
Модифицированный	18.6±0.9	1154±58	16.1×10 ⁻³
Триолеин			
Нативный	167.3±6.7	352±14	0.475
Модифицированный	92.9±2.8	417±20	0.223

У модифицированного фермента изменились оба параметра. При этом изменение значений V_{max} мало отличались на обоих субстратах, что свидетельствует об участии одного и того же активного центра в катализе. K_M на трибутирине увеличилось в 1.47, а на триолеине – в 1.18 раз. Соответственно в большей степени на трибутирине уменьшилась каталитическая эффективность – в 2.8 раз против 2.15 на триолеине. Это приводит к выводу, что карбоксильные группы отвечают за создание активной конформации фермента при связывании с определенным субстратом. Это согласуется с данными мутагенеза липазы *Staphilococcus hyicus* и липазы/ацилтрансферазы *Aeromonas hydrophila*, в которых замена активного Asp на Glu привела к различной потере активности в зависимости от природы субстрата [24, 25]. Исследование инактивации панкреатической липазы карбодиидами привело к предположению, что карбоксильные группы выполняют структурную роль – при адсорбции на гидрофобной поверхности раздела ими стабилизируется активная конформация фермента. Существует и противоположное сообщение о том, что Asp не участвует в сродстве липазы с субстратом [26].

Заключение

Таким образом, проведенный комплекс исследований показал, что, несомненно, EDC в присутствии сложного эфира модифицирует карбоксильные группы в Липазе I и не вызывает образования внутримолекулярных связей. Судя по кинетическим параметрам, карбоксильные группы отвечают как за формирование фермент-субстратного комплекса, так и за его распад. На разных субстратах значения V_{max} изменились в одинаковой степени, что свидетельствует об участии одного и того же активного центра в катализе. Различия в K_M на трибутирине и на триолеине показывают, что карбоксильные группы отвечают за создание активной конформации фермента при связывании с определенным субстратом.

Список литературы

1. Köller W., Kolattukudy P. E. Mechanism of action of cutinase: chemical modification of the catalytic triad characteristic for serine hydrolases // *Biochemistry*. – 1982. – Vol. 21. – Pp. 3083–3090.
2. Lombardo D. Catalytic properties of modified human pancreatic carboxylic-ester hydrolase // *Biochim. Biophys. Acta*. – 1982. – Vol. 700. – Pp. 75–80.
3. Jäger S., Demleithner G., Götz F. Lipase of *Staphilococcus hyicus*: analysis of the catalytic triad by site-directed mutagenesis // *FEMS Microbiol. Lett.* – 1992. – Vol. 100. – Pp. 249–254.
4. Hyun-Jun Kwon, Amada Kei, Haruki Mitsuru et al. Identification of the histidine and aspartic acid residues essential for enzymatic activity of a family 1.3 lipase by site-directed mutagenesis // *FEBS Lett.* – 2000. – Vol. 483. – №2–3. – Pp. 139–142.
5. Kazlauskas R. J. Elucidating structure-mechanism relationships in lipases: prospects for predicting and engineering catalytic properties // *Trends Biotechnol.* – 1994. – Vol. 12. – Pp. 464–472.
6. *Streptomyces rimosus* GDS (L) lipase: Production, heterologous overexpression and structure-stability relationship / D. Vujaklija, M. Abramic, I. Lescic et al. // *Food Technol. Biotechnol.* – 2003. – Vol. 41. – №1. – Pp. 89–93.
7. Derewenda Z.S., Derewenda U., Dodson G.G. The crystal and molecular structure of the *Rhizomucor miehei* triacylglyceride lipase at 1.9-Å resolution // *J. Mol. Biol.* – 1992. – Vol. 227. – Pp. 818–839.
8. Current progress in crystallographic studies of new lipases from filamentous fungi / U. Derewenda, L. Swenson, R. Green et al. // *Protein Engineering*. – 1994. – Vol. 7. – №4. – Pp. 551–557.
9. Herrgard S., Gibas C.J., Subramaniam S. Role of an electrostatic network of residues in the enzymatic action of the *Rhizomucor miehei* lipase family // *Biochemistry*. – 2000. – Vol. 39. – №11. – Pp. 2921–2930.
10. Purification and characterization of a regiospecific lipase from *Aspergillus terreus* / R.P. Yadav, K.S. Rajendra, R. Gupta, W.S. Davidson // *Biotechnol. Appl. Biochem.* – 1998. – Vol. 28. – №3. – Pp. 243–249.
11. The crystal structure of *Bacillus subtilis* lipase: A minimal α/β -hydrolase fold enzyme / G. van Pouderooyen, T. Eggert, K.-E. Jaeger, B.W. Dijkstra // *J. Mol. Biol.* – 2001. – Vol. 309. – №1. – Pp. 215–226.



12. Colin D. Y., Deprez-Beauclair P., Allouche M. et al. Exploring the active site cavity of human pancreatic lipase // *Biochem. and Biophys. Res. Commun.* – 2008. – V. 370. – № 3. – P. 394–398.
13. Yeo S.-H., Takuya N., Yasuhiro Y. Purification and characterization of tert-butyl ester-hydrolyzing lipase from *Burkholderia sp.* YY 62 // *Biosci., Biotechnol. Biochem.* – 1998. – Vol. 62. – №12. – Pp. 2312–2317.
14. Production, purification and characterization of an extracellular lipase from *Mucor hiemalis f. hiemalis* / A. Hiol, M.D. Jonzo, D. Druet, L. Comeau // *Enzyme Microb. Technol.* – 1999. – Vol. 25. – №1–2. – Pp. 80–87.
15. Warshel A., Florian J. Computer simulations of enzyme catalysis: finding out what has been optimized by nature // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* – 1998. – Vol. 95. – Pp. 5950–5955.
16. Warshel A. Electrostatic origin of the catalytic power of enzymes and the role of preorganized active sites // *J. Biol. Chem.* – 1998. – Vol. 273. – Pp. 27035–27038.
17. Purification, characterization, and crystallization of two types of lipase from *Rhizopus niveus* / M. Kohno, W. Kugimiya, Y. Hashimoto, Y. Morita // *Bioici. Siatech. Blochem.* – 1994. – №6, Vol. 58. – Pp. 1007–1012.
18. Петрова Л.Л., Казанина Г.А., Селезнева А.А. Применение рН-статного метода для изучения ферментативного действия липазы *Penicillium sp.* // *Прикл. биохим. и микроб.* – 1977. – Т. 13. – №5. – С. 758.
19. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика: Практический курс. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999. – 720 с.
20. Köller W., Kolattukudy P. E. Mechanism of action of cutinase: chemical modification of the catalytic triad characteristic for serine hydrolases // *Biochemistry.* – 1982. – Vol. 21. – Pp. 3083–3090.
21. Lombardo D. Catalytic properties of modified human pancreatic carboxylic-ester hydrolase // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1982. – Vol. 700. – Pp. 75–80.
22. Lau E.Y., Bruice T.C. Consequences of breaking the Asp-His hydrogen bond of the catalytic triad: effects on the structure and dynamics of the serine esterase cutinase // *Biophysical Journal.* – 1999. – Vol. 77. – Pp. 85–98.
23. Herrgard S., Gibas C. J., Subramaniam S. Role of an electrostatic network of residues in the enzymatic action of the *Rhizomucor miehei* lipase family // *Biochemistry.* – 2000. – Vol. 39. – №11. – Pp. 2921–2930.
24. Chang R.-C., Chen J.C., Shaw J.-F. Studying the active site pocket of *Staphylococcus hyicus* lipase by site-directed mutagenesis // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* – 1996. – Vol. 229. – №1. – Pp. 6–10.
25. Brumlik M.J., Buckley J.T. Identification of the catalytic triad of the lipase/acyl-transferase from *Aeromonas hydrophila* // *J. Bacteriology.* – 1996. – №7. Vol. 178. – Pp. 2060–2064.
26. Jäger S., Demleither G., Götz F. Lipase of *Staphylococcus hyicus*: analysis of the catalytic triad by site-directed mutagenesis // *FEMS Microbiol. Lett.* – 1992. – Vol. 100. – Pp. 249–254.

THE ROLE OF CARBOXYL GROUPS IN THE CATALYTIC ACTIVITY OF LIPASE I *RHIZOPUS ORYZAE* 1403

**S. A. Shelamova¹,
Y. A. Tyrsin²**

¹ Voronezh branch of Russian University of Economics named after G. V. Plekhanov, 67A K. Marx St, Voronezh, 394036, Russia

² Moscow State University of Food Production, 11 Volokolamskoe shosse, Moscow, 125080, Russia

E-mail: shelam@mail.ru

Carboxyl group interposition in catalytic action of Lipase I *Rhizopus oryzae* 1403 is proved with the help of inactivated carbodiimide (EDC) over a nucleophile – glycine ethyl ester. The amino acid analysis of modified enzyme has discounted the possibility of tyrosine and histidine reaction with EDC, and absence of activity restoration with hydroxylamine – that of serine. 11 carboxyl groups have been modified in practically complete loss of enzyme activity; 4 – under condition of the pseudo-first order of hydrolysis reaction. Kinetic research of triolein and tributirin hydrolysis have shown that V_{max} on both substrates differed a little, and K_M on tributirin has increased in 1.47, and on triolein - in 1.18 times. It is the evidence of carboxyl group interaction in the creation of enzyme active conformation related to certain substrate.

Key words: lipase, *Rhizopus*, carboxyl groups.

ХИМИЯ

УДК: 542.973:547.12

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОНТМОРИЛЛОНИТ СОДЕРЖАЩИХ ГЛИН В ДИЗАЙНЕ СОРБЕНТОВ С ЗАДАННЫМИ СВОЙСТВАМИ

**А.И. Везенцев¹,
Нгуен Хоай Тьяу²,
Т.А. Савицкая³,
Н.Г. Габрук¹,
И.И. Олейникова¹**

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85
E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru

² Институт экологических технологий Академии наук и технологий Вьетнама, A30 Building, 18 Hoang Quoc Viet Road – Cau – Clay – District, Hanoi, Vietnam

E-mail: vp@iet.ca.vn

³ Белорусский государственный университет, Беларусь, 220006, г. Минск, ул. Ленинградская, 14
E-mail: savitskayaTA@bsu.by

Актуальность работы обусловлена потребностью современного общества в новых сорбционных материалах для очистки природных и техногенных вод от поллютантов различного происхождения. Для отработки физико-химических основ технологии создания сорбционно-активных материалов из монтмориллонит содержащих глин, в качестве объекта исследования выбраны образцы монтмориллонит содержащих глин месторождения Тамбо, провинции Ламдонг, Вьетнам. Экспериментально доказано, что направленный дизайн глин позволяет увеличить удельную поверхность в два раза, ёмкость обмена – в 1.4 раза, поглотительную способность ионов свинца (II) – в 1.5 раза.

Ключевые слова: монтмориллонит содержащие глины, направленный дизайн, химический и морфологический состав, химическое модифицирование, сорбционные характеристики, тяжелые металлы.

Введение

Глобальное загрязнение воды ставит задачу создания новых сорбционных материалов для очистки её от поллютантов различного происхождения. Особую опасность представляет загрязнение воды тяжелыми металлами, такими как кадмий, ртуть, свинец и др. Поэтому к современным сорбентам предъявляются требования не только по высокой эффективности, но и селективности действия, что может быть решено путем модифицирования природных глинистых минералов структурного типа 2:1 с разбухающей кристаллической решеткой с целью получения сорбентов с заданными свойствами.

Модифицирование глин, как физическое, так и химическое позволяет получить материал, обладающий новыми или улучшенными свойствами, отвечающими поставленным практическим задачам. В настоящее время продолжают разрабатываться способы модифицирования глинистых материалов, позволяющие увеличивать поровые пространства, удельную поверхность, ионный обмен и, таким образом, способствующие улучшению таких сорбционных характеристик как емкость и скорость сорбции [1].

Под дизайном сорбентов мы понимаем направленное воздействие физических и химических факторов на природные глинистые минералы, а также составление композитов на их основе с целью изменения морфологии поверхности, улучшения структурных характеристик и повышения сорбционной активности по отношению к отдельным поллютантам.

Целью данного исследования было использование модификаторов в дизайне сорбентов и определение влияния гетероатомов (азот, сера) на коллоидно-химические свойства монтмориллонитовых глин, с перспективой использования их в процессах сорбции тяжелых металлов.



Материалы и методы

В работе были исследованы образцы нативных бентонитовых глин месторождения Тамбо, провинции Ламдонг, Вьетнам. Образцы глин представляли собой тонкодисперсные порошки серовато-желтого цвета. Химический состав глинистых минералов определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа, определение минералогического состава – рентгенофазовым методом с использованием рентгеновской рабочей станции ARL 9900 series x-rayworkstation. Изучение гранулометрического состава проводили на лазерном анализаторе дисперсного состава твердых материалов Microtrac S3500. Величину удельной поверхности образцов определяли с помощью анализатора удельной площади поверхности TriStar II 3020 методом низкотемпературной адсорбции азота. Изменение физико-химических и коллоидно-химических характеристик определяли по величинам емкости обмена и удельной поверхности по метиленовому голубому (МГ) и конго красному (КК) спектрофотометрически, поглотительную способность нативных и модифицированных образцов и кинетику сорбции изучали по отношению к ионам свинца (II) и кадмия (II).

Модифицирование нативной глины проводили растворами двуназиевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (Трилон Б) – образец ГХ-1 [2]; мочевины (образец ГХ-2) и тиосульфата натрия (образец ГХ-3). Для определения равновесных концентраций использовали метод инверсионной вольтамперометрии (анализатор «АКВ-07МК»).

Результаты и обсуждения

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа показали, что образцы глинистых минералов содержат в своем составе оксиды кремния, алюминия и кальция (SiO_2 – 56.62 масс.%, Al_2O_3 – 20.9 масс.% и CaO – 0.62 масс.%), что характерно для бентонитовых глин на основе минералов группы монтмориллонита, а именно, алюминиевого диоктаэдрического монтмориллонита с ионами щелочноземельных металлов в межпакетных позициях, в данном случае ионами кальция.

В результате анализа рентгеновских порошковых дифрактограмм выявлено, что образцы нативных глин имеют в своем составе монтмориллонит 45 масс.%. Сопутствующими минералами являются каолинит, иллит, кварц, гетит, хлорит, доломит.

Гранулометрический анализ нативных образцов показал достаточно равномерное распределение частиц по размерам. Наибольшая доля частиц (60–80%) имеет размер 1.5 – 6 мкм.

Текстурные характеристики образцов нативной глины, определенные методом низкотемпературной адсорбции азота, следующие:

- удельная поверхность исследуемых образцов по БЭТ в точке $P/P_0=0.32439$ составляет в среднем 51.26 м²/г;
- удельный объем пор в образцах 0.071140 см³/г;
- средний размер пор образцов 5.46 нм.

Для определения сорбционной способности нативных глин проведены испытания по отношению к метиленовому голубому и конго красному. Параметры эксперимента следующие: масса навески глины – 1 г, объем рабочего раствора – 20 мл, концентрация индикаторов – 20 мг/л, время контакта – 24 часа, повторность трехкратная. Установлено, что представленные образцы имеют высокую сорбционную способность по отношению к МГ – 98.2 масс.%. Это связано с тем, что суммарная поверхность минералов, слагающих монтмориллонитовые глины, имеет отрицательный электрокинетический потенциал, в то время как заряд МГ положительный. Низкая сорбционная способность глины по отношению к КК (17.15 масс.%) объясняется отрицательным зарядом поверхности монтмориллонитовой глины и отрицательным зарядом КК, что соответствует литературным данным [3].

Повышение сорбционной способности твердых веществ осуществляется путем увеличения их удельной поверхности. В качестве рабочей гипотезы разработано положение, заключающееся в том, что обработка монтмориллонит содержащей глины модифицирующими агентами будет способствовать процессу физической сорбции азотсодержащих органических молекул в межпакетных позициях и процессу появления и увеличения отрицательного заряда в кристаллической решетке монтмориллонита. Кроме того, возможно связывание катионов металлов за счет координационного взаимодействия.

Предварительные условия модифицирования – продолжительность экспозиции и концентрация растворов модификатора были отработаны на растворе Трилона Б. Продолжительность экспозиции изменяли от 1 до 24 часов, концентрации растворов модификаторов находились в пределах от 0.01 н до 0.1 н. Установлено, что наилучшими модифицирующими агентами являются азотсодержащие Трилон Б (0.01 моль экв/л, экспозиция в течение 1 час) и мочевины (0.02 моль экв/л, экспозиция в течение 1 час). Модифицирование монтмориллонит содержа-

щих глин существенно изменяет сорбционные свойства нативного образца (рис. 1): емкость обмена повышается в 1.4 раза, а удельная поверхность увеличивается практически вдвое.

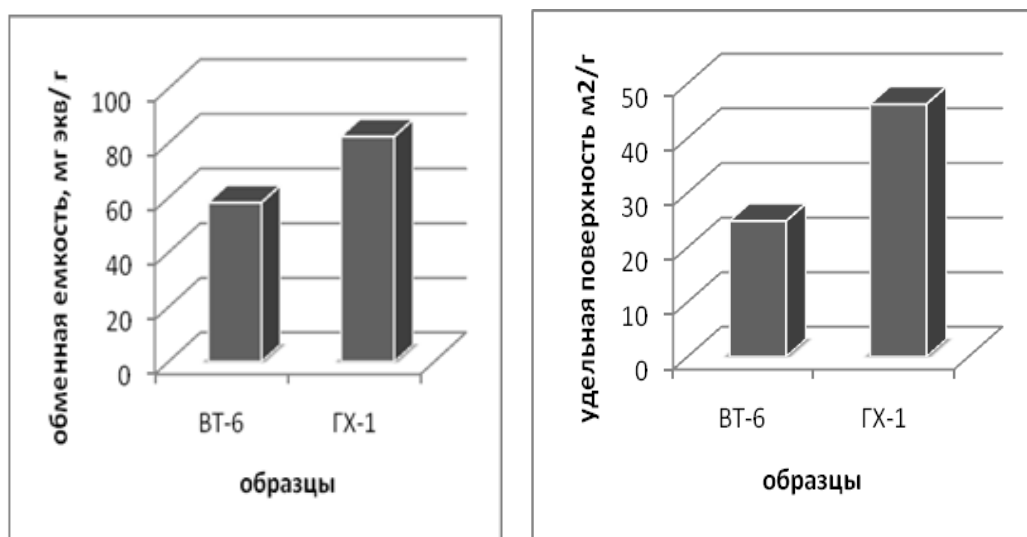


Рис. 1. Изменение характеристических параметров образцов глины, модифицированной комплексообразующим реагентом трилоном Б

Поглотительная способность модифицированных образцов изучена по сорбции ионов свинца (II) и кадмия (II) из модельных растворов. Исходные растворы тяжелых металлов с концентрацией 0.1 моль/дм³ готовили растворением соответствующих навесок солей $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ «х.ч.» и $Pb(NO_3)_2$ «ч.д.а.» в дистиллированной воде. Концентрацию тяжелых металлов представляли в мг/л, как принято в технологии очистки воды. Соотношение сорбент : раствор сорбата = 1 г сорбента на 10 мл раствора. Время установления сорбционного равновесия определяли заранее. Как правило, продолжительность контакта сорбента и раствора не превышала 120 мин. Равновесные концентрации ионов Pb^{2+} и Cd^{2+} определяли методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторе «АКВ-07МК» по стандартной методике [4]. Результаты представлены на рис. 2.

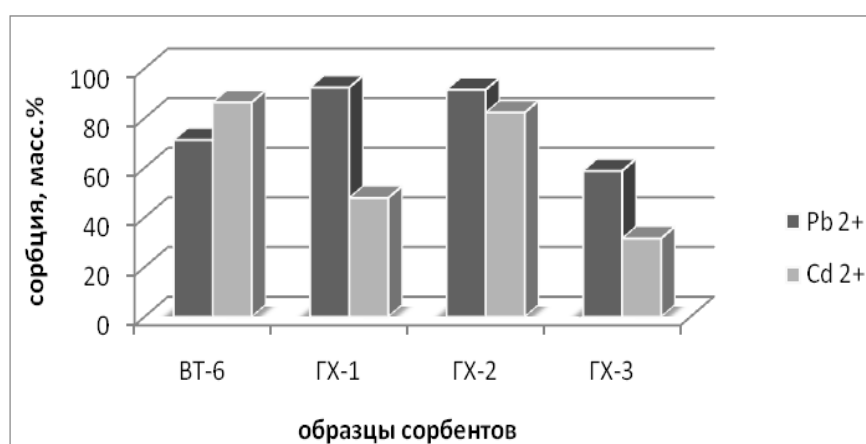


Рис. 2. Поглощительная способность нативных глин и модифицированных образцов по отношению к ионам свинца (II) и кадмия (II)

Полученные результаты показали, что химическое модифицирование, даже при одном и том же гетероатоме, по разному сказывается на сорбционной активности глин по отношению к Cd^{2+} . Так, модифицированная Трилоном Б глина (ГХ-1), сорбирует ионы Cd^{2+} вдвое меньше, чем контрольный образец, тогда как сорбция этого иона на модифицированной мочевиной глине (ГХ-2) в 1.5 больше. Можно предположить, что не только гетероатом вносит свой вклад в механизм сорбционных процессов, но и доля функциональных групп (карбоксильных, амино-групп), как и их природа, обуславливают активность этого процесса. Модифицирование тиосульфатом натрия снижает поглощительную способность нативной глины незначительно по Pb^{2+} и в два раза по Cd^{2+} . Анализ результатов экспериментальных исследований, показывает

избирательность поглочительных процессов и необходимость оптимизации условий модифицирования для подготовки образцов целевого назначения.

Для изучения сущности происходящих процессов и подбора эффективных модифицирующих агентов, нами исследована кинетика сорбционных процессов ионов нативными и модифицированными глинами (рис. 3а и 3б).

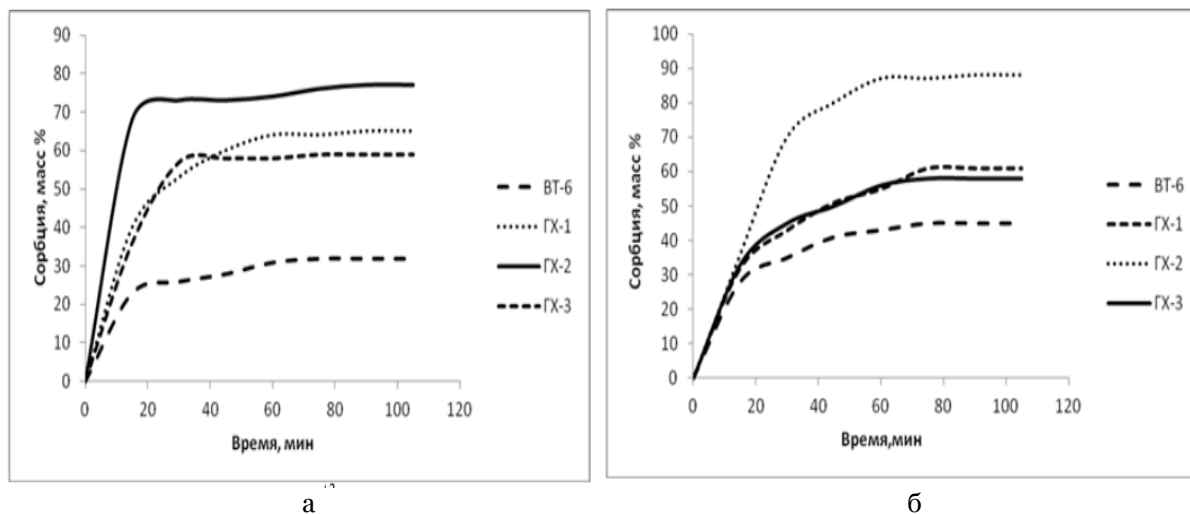


Рис. 3. Кинетика сорбции ионов экспериментальными сорбентами а) Pb^{2+} и б) Cd^{2+}

Результаты, полученные при изучении кинетики сорбции, могут свидетельствовать о том, что процесс сорбции протекает через несколько стадий. Начальная стадия взаимодействия в системе «сорбент – сорбат» – это процесс, связанный с формированием активированного адсорбционного комплекса. Вместе с тем стоит отметить, что для окончательного подтверждения механизма сорбции необходимо провести квантово-химические расчеты. Экспериментально выявлено, что активность сорбции на модифицированной глине выше, чем на нативной, что можно объяснить влиянием гетероатома азота на поверхность модифицированных глин. Более того, по характеру кинетических кривых можно предположить различный механизм сорбции. Так, на рисунке 3а вид кривых соответствует процессам, обусловленным формированием монослоя, а на рисунке 3б вид кривой позволяет предположить параллельное протекание конкурентного сорбционного процесса, существенно зависящего от времени сорбции.

Выводы

1. Выявлено, что изученные образцы являются бентонитоподобными глинами на основе алюминиевого диоктаэдрического монтмориллонита с ионами кальция в межпакетных позициях.
2. Установлено, что в образцах нативной глины наблюдается достаточно равномерное распределение частиц по размерам. Наибольшая доля частиц (60–80%) имеет размер 1.5–6 мкм.
3. Методом низкотемпературной адсорбции азота определены текстурные характеристики образцов нативной глины: удельная поверхность исследуемых образцов по БЭТ в точке $P/P_0=0.32439$ составляет в среднем 51.26 м²/г; удельный объем пор в образцах равен 0.071140 см³/г; средний размер пор образцов 5.46 нм.
4. Экспериментально доказано, что направленный дизайн нативных глин путем химического модифицирования позволяет улучшить важнейшие сорбционные характеристики, а именно: емкость обмена возрастает в 1.4 раза, а удельная поверхность увеличивается вдвое.
5. Доказано, что в результате модифицирования раствором Трилона Б (0.01 моль экв/л, экспозиция 1 час) и мочевиной (0.02 моль экв/л, 1 час) монтмориллонит содержащих глин поглощательная способность по отношению к ионам свинца возрастает в 1.5 раза, а по отношению к ионам кадмия снижается, что обуславливает невозможность использования серосодержащего модификатора в дизайне сорбентов.
6. Проведенное исследование позволяет утверждать, что направленный дизайн монтмориллонитовых глин путем модифицирования азотсодержащими агентами дает широкие возможности для создания сорбентов с новыми качественными характеристиками.



Список литературы

1. Баталова Ш.Б. Физико-химические основы получения и применения катализаторов и адсорбентов из бентонитов. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 168 с.
2. Харитонова М.Н., Везенцев А.И., Габрук Н.Г. Модификация глин различных месторождений // Экология и рациональное природопользование агропромышленных регионов: Материалы Международной молодежной науч. конф. (Белгород, 12–14 нояб., 2013 г.) – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. – Ч. 2. – С. 191–193.
3. Товбин Ю.К. Молекулярная теория адсорбции в пористых телах. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 624 с.
4. ГОСТ 21216.0-93, ГОСТ 21216.2-93. «Сырье глинистое. Методы анализа». – М. : Изд-во стандартов, 1994. – 40 с.

THE USING OF MONTMORILLONITE-CONTAINING CLAYS IN A DESIGN OF SORBENTS WITH THE SET PROPERTIES

A.I. Vesentsev¹,
Nguyen Hoai Chau²,
T.A. Savitskaya³,
N.G. Gabruk¹,
I.I. Oleynikova¹

¹Belgorod State Nation Research University, 85 Pobedy St., Belgorod, 308015, Russia

E-mail: vesentsev@bsu.edu.ru

²Vietnam Academy of Sciences and Technology (VAST) Institute of Environmental technology

E-mail: vp@iet.ca.vn

³Belarusian State University, 14 Leninskaya St., Minsk, Belarus

E-mail: savitskayaTA@bsu.by

The relevance of this work is caused by need of modern society for new sorption materials for purification of natural and technogenic waters of pollutants of various origin. For working off of physical and chemical bases of technology of creation of sorption and active materials from montmorillonite of containing clays, as object of research samples montmorillonite of containing clays of a field of Tambo, the province Lamdong, Vietnam are chosen. It is experimentally proved that the directed design of clays allows to increase a specific surface twice, exchange capacity by 1.4 times, absorbing ability of ions of lead (II) by 1.5 times.

Keywords: montmorillonite-containing clays, design of clays, chemical and mineral composition, chemical modification, sorption characteristics.



УДК: 54.057:544.77.051: 546.62

СИНТЕЗ И НЕКОТОРЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРОЗОЛЕЙ БЕМИТА

**К.И. Киенская,
А.А. Кузовкова,
И.Н. Марченко**

*Российский химико-
технологический университет
им. Д.И. Менделеева, Россия,
125047 Москва, А-47,
Миусская пл., 9
E-mail: anna-kaa@mail.ru*

Отработаны методики синтеза гидрозолей бемита из алкоксидов алюминия и из нитрата алюминия. Определены основные коллоидно-химические характеристики синтезированных золей – концентрация дисперсной фазы, фазовый состав частиц, величины дзета – потенциала, пороги электролитной коагуляции. Предложены различные области применения полученных гидрозолей.

Ключевые слова: нанотехнология, гидрозоли бемита, коллоидно-химические свойства, антибактериальная активность, каталитическая активность.

Введение

Гидрозоли (ультрамикрогетерогенные дисперсные системы с размером частиц не выше 100 нм) различных кислородсодержащих соединений металлов используются во многих отраслях промышленности, медицине и косметике. Благодаря минимальному размеру частиц они представляют собой объект широко развивающейся в настоящее время нанотехнологии и обладают рядом уникальных свойств [1, 2]. Гидрозоли бемита (оксогидроксида алюминия) могут представлять определенный интерес в плане создания новых высокоэффективных катализаторов различного назначения, а также антибактериальных композиций [3]. К сожалению, синтез гидрозолей бемита отечественными производителями осуществляется далеко не в полной мере, в основном, из-за отсутствия необходимого сырья – алкоколятов алюминия, выпуск которых практически прекращен.

Цель данной работы заключалась в разработке доступных методов получения гидрозолей алюминия из различного сырья и поиску новых областей их дальнейшего применения.

Объекты и методы исследования

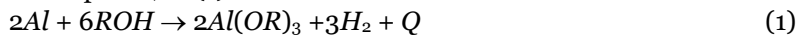
Алкоксиды алюминия – изопророксид, вторбутилат и изоамилат – синтезировались из алюминиевой стружки и соответствующих спиртов в присутствии катализаторов, согласно методике [4]. Гидрозоли бемита получали гидролизом соответствующих алкоксидов и дальнейшей пептизацией в присутствии азотной кислоты.

Основные коллоидно-химические характеристики гидрозолей определяли по стандартным методикам – фазовый состав порошков определяли методом рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре «Rigaku D/MAX 2500» фирмы «Rigaku» с $\text{CuK}\alpha$ – излучением. При подготовке образцов полученные сушкой гидрозолей порошки промывали на стеклянном фильтре небольшими порциями дистиллированной воды до постоянного значения рН и электропроводности промывных вод, с целью удаления водорастворимых соединений. Промытые порошки сушили и повторно растирали в фарфоровой ступке до однородного состояния. Идентификацию фаз, входящих в состав исследуемых объектов, проводили в соответствии с данными картотеки JCPDC; величины дзета-потенциала – при помощи макроэлектрофореза с подвижной границей; пороги коагуляции в присутствии некоторых электролитов – турбидиметрическим методом на фотоэлектроколориметре КФК - 3 в кюветах с толщиной слоя $l = 3,065$ мм. Измерения оптической плотности системы проводили через одинаковое время после смешения раствора электролита с гидрозодем, концентрация которого поддерживалась постоянной. При переменной концентрации электролита находили такую концентрацию, при которой оптическая плотность достигает максимального значения, а при дальнейшем добавлении электролита не изменяется. В качестве электролитов использовали растворы натрия нитрата (NaNO_3) и натрия сульфата (Na_2SO_4) с различной концентрацией; размер частиц – методом динамического рассеяния света на установке ФК-22 включающей He-Ne лазер с длиной волны 632.8 нм и мощностью излучения 5 мВт, фотометр Ф-221 и цифровой коррелятор «UNICOR SP». Сигнал от коррелятора поступал в компьютер, где обрабатывался специально разработанной программой. Выходными данными расчета являются коэффициент диффузии, гидродинами-

ческий радиус частиц и параметры полидисперсности; удельную поверхность – методом низкотемпературной адсорбции азота на приборе Micromeritics asap; антибактериальную активность исследовали для 4 видов микроорганизмов: *Candida albicans*, *Esherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*.

Результаты экспериментов и их обсуждение

На рис. 1 представлена блок-схема получения алкоксидов алюминия из соответствующих спиртов, согласно реакции (1):



Хлорид галлия и иод выступали в качестве катализатора и активатора поверхности, соответственно. Согласно данной блок схеме были получены изопропоксид, вторбутоксид и изоамилат алюминия.

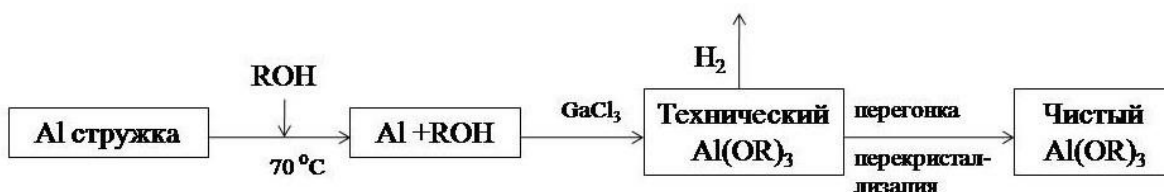


Рис. 1. Блок-схема получения алкоксидов алюминия из соответствующих спиртов

Необходимо отметить, что основные физико-химическим характеристики (температура плавления, температура кипения и показатель преломления) полученных продуктов хорошо совпадали с известными литературными данными [5]. Среди полученных алкоксидов, изопропоксид представляет собой твердое кристаллическое вещество светлого цвета, остальные – вторбутоксид и изоамилат – вязкие, светло-желтые жидкости. Перед дальнейшим использованием полученные соединения были очищены перекристаллизацией из изопропанола в случае изопропоксида алюминия и перегонкой в вакууме в случае двух других соединений.

Гидролиз полученных алкоксидов, протекающий по реакции (2), а также гидролиз нитрата алюминия осуществляли согласно схемам, представленным на рисунках 2 и 3, соответственно.

n+



Все полученные гидрозоли представляли собой опалесцирующие системы, стабильные в течение полугода и более.

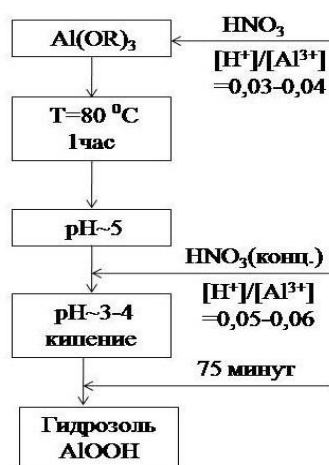


Рис. 2. Блок-схема процесса синтеза гидрозоля



Рис. 3. Блок-схема синтеза золя гидроксида алюминия из нитрата алюминия

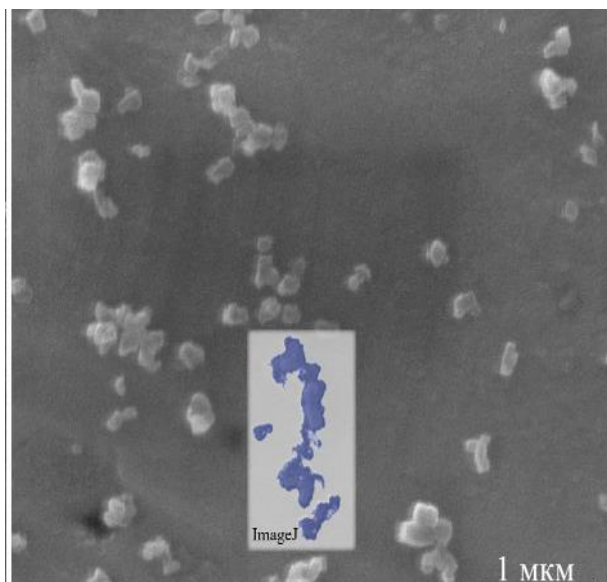


Рис. 4. Микрофотография частиц золя $AlOOH$

Согласно данным РФА, фазовый состав частиц всех зелей, полученных гидролизом как алкоксидов, так и соли алюминия, представлен бемитом – $AlOOH$. Типичная микрофотография частиц золя представлена на рис. 4, из которого видно, что частицы представляют собой пластины правильной формы. Основные коллоидно-химические характеристики полученных зелей сведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные коллоидно-химические характеристики зелей бемита

Прекурсор (соединения Al)	pH*	C, % масс.	ζ , мВ	Ск (NO_3^-)- ммоль/л	Ск (SO_4^{2-})- ммоль/л	$S_{уд}$, м ² /г	РФА	R, нм
Изопропоксид	3.5-4.2	4.5-5.5	45	350	20	175	бемит	90
Вторбутоксид	3.5-4.2	5.8-7.5	45	420	27	188		83
Изоамилат	3.5-4.5	3.0-3.5	40	400	25	180		75
Нитрат	2.7-3.0	1.2-2.0	30-35	320	16	151		55

Примечание: * – область агрегативной устойчивости зелей.

Анализируя данные этой таблицы, можно подвести некоторые итоги проведенных исследований. Области агрегативной устойчивости всех зелей достаточно узкие и располагаются в кислой области (pH=3.5–4.5); величины дзета-потенциалов близки между собой и не превышают 45 мВ. Все исследованные системы весьма устойчивы к электролитам – пороги коагуляции (S_k) в присутствии нитрата и сульфата натрия достаточно высоки. Необходимо отметить, что наиболее концентрированные гидрозоли получаются из вторбутоксид алюминия. По-видимому, это связано с тем, что в отличие изопропоксида, представляющего собой твердое соединение, гидролиз жидкого вторбутоксид протекает более легко и полно. Более того, отгонка выделившегося на последней стадии вторбутилового спирта осуществляется при более низких температурах, чем отгонка изоамилового спирта, что позволяет практически полностью удалить спирт из реакционной смеси. Наименьшей концентрацией и наименьшей устойчивостью к присутствию электролитов обладает гидрозоль, полученный из соли – нитрата алюминия. Вероятно, это объясняется неизбежным присутствием некоторого количества электролита при данном способе синтеза, что и приводит к снижению агрегативной устойчивости золя. Учитывая вышеизложенное, наиболее перспективным прекурсором для получения гидрозелей бемита можно считать вторбутоксид алюминия.

Таким образом, проведенные исследования позволили отработать методики синтеза устойчивых гидрозелей из алкоксидов и соли алюминия и установить их основные характеристики. Необходимо отметить, что по своим характеристикам синтезированные гидрозоли бемита не уступают гидрозолям, полученным авторами более ранних работ [6, 7].

Заключительный этап работы был посвящен возможному применению синтезированных зелей. Микробиологическими исследованиями было обнаружено, что синтезированные гидрозоли бемита проявляют антибактериальную активность.

Эксперименты проводились для четырех видов микроорганизмов: *S. albicans*, *E. coli*, *B. subtilis*, *P. aeruginosa*. Данные культуры высевались на питательные среды в

стерилизованные чашки Петри. Далее небольшие диски фильтровальной бумаги пропитывались гидрозольми и в пламени горелки помещались в чашки Петри с культурами. Отдельно готовили питательные среды, на которые высевали микроорганизмы и помещали пропитанные диски. Типичная картина чашки Петри для одной культуры представлена на рисунке 5. Чем меньше радиус поражения вокруг диска фильтровальной бумаги (т.е. больше область вокруг исследуемого образца, в которой отсутствуют микроорганизмы – размер «чистого пятна», мм), тем более актино вещество по отношению к данному микроорганизму (табл. 2). Результаты таблицы 2 свидетельствуют о том, что все исследуемые золи проявляют неплохую антимикробную активность в отношении *B. subtilis* (Г+ бактерия), а также в отношении дрожжевой культуры *C. albicans* и бактерии *P. aeruginosa* (Г- бактерия). По отношению к *E. coli* ни одна из систем не проявила антимикробной активности.

Таблица 2

Результаты микробиологических исследований гидрозоль бемита

№	Прекурсор	Размер «чистого» пятна*, мм			
		<i>C. albicans</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>B. subtilis</i>	<i>E. coli</i>
1	Изопропоксид алюминия	10	5	10	1
2-3	Вторбутксид алюминия	12	5	11	-
4	Изоамилат алюминия	10	6	12	-
5-6	Нитрат алюминия	9	5	8	-

Примечание: * – область вокруг исследуемого образца, в которой отсутствуют микроорганизмы.

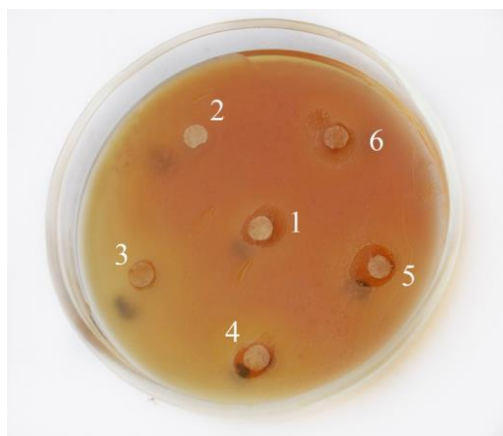


Рис. 5. Типичная картина чашки Петри для одной культуры

Учитывая положительные результаты, описанные выше, была предпринята попытка использования гидрозоль бемита в строительстве. При этом предполагалось, что, во-первых, введение бемита в цементные растворы может повысить прочность строительных блоков, а во-вторых, поможет избежать возникновения плесени на строительных материалах, благодаря антибактериальной активности бемита.

Для проведения испытаний образцов бетона на прочность, готовили цементный раствор согласно методике, указанной в ГОСТ 3044-2001, количество гидрозоль рассчитывали, исходя из массовой концентрации дисперсной фазы, так чтобы количество воды в растворе не превышало нормы. В качестве эталона рассматривали образец, не содержащий в своем составе гидрозоль. Из полученного раствора формировали образцы в виде брусков, с размерами 1.0×1.2×6.5 см.

Испытание образцов на изгиб проводили на специальной установке с предельной нагрузкой до 500 кН, обеспечивающей нагружение образца в режиме чистого сжатия. Погрешность измерения нагрузки не более ±1% в верхних 4/5 диапазона измерения. Установка имела подвижную шаровую опору для компенсации пространственных не параллельностей опорных граней образца. Машина была снабжена нажимными пластинками для передачи нагрузки на половинки образцов-брусков и приспособлением для центрированной установки нажимных пластинок, смещение которых относительно оси системы нагружения не превышало ±0.5 мм. Нажимные пластинки изготовлены из нержавеющей стали твердостью не менее 60 HRC. Результаты испытаний иллюстрирует таблица 3. Полученные результаты свидетельствуют о возможном повышении прочности на 20–25% в присутствии бемита в цементном растворе. Испытание образцов (брусков) во влажной атмосфере в течение полугода показало отсутствие возникновения плесневого заражения.



Таблица 3

Испытание эталонных образцов цемента на сжатие

№ образца	Возраст в днях	Условия твердения	Масса образца, г	Прочность на сжатие ($R_{сж}$), МПа	Средняя прочность, $R_{сж}$, МПа
Эталонные образцы (без добавок)					
1	2	н/у	564	16.5	16.5
2	2	н/у		16.1	
3	2	н/у		16.9	
Образцы модифицированные гидрозоле					
1	2	н/у	562	22.9	22.3
2	2	н/у		21.6	
3	2	н/у		22.5	

Заключительные исследования касались испытания синтезированных гидрозолей бемита на каталитическую активность в реакции окисления угарного газа (дожига угарного газа до углекислого). Предварительными исследованиями было установлено, что сами по себе нанесенные слои из гидрозолей бемита на высокопористый ячеистый материал (ВПЯМ) не проявляют каталитической активности. Однако, учитывая то, что ВПЯМ представляет собой высокопористый оксид алюминия (α - Al_2O_3), пропитка этого материала гидрозолями бемита перед нанесением каталитически-активных слоев, позволяет существенно повысить адгезию последних к материалу подложки. Учитывая это, совместно с авторами работы [8] был получен катализатор, состоящий из твердого раствора $Se_{0,72}Zr_{0,18}Pr_{0,1}O_2$, нанесенный на ВПЯМ, предварительно пропитанный гидрозоле бемита.

Таким образом, совокупность проведенных исследований позволила отработать методики синтеза устойчивых гидрозолей бемита, установить их основные свойства и показать возможные новые области применения данных гидрозолей.

Список литературы

1. Sakka S. Hand book of sol-gel science and technology processing characterization and applications. – Clower academic publishers Boston, 2005. – 680 pp.
2. Jones R.W. Sol preparation of ceramic and glasses // Metal and Matireals. – 1988. – Vol. 4. – №12. – Pp. 748–751.
3. Garcia-Guinea J. Luminescence of α - Al_2O_3 and α - $AlOOH$ natural mixtures // Radiation Measurements. – 2001. – Vol.33 – Pp. 653–658.
4. Сударикова Е.Ю. Получение прекурсоров и синтез из них порошков высокочистого алюминия: Автореф. дисс... канд. хим. наук. – М: 2009. – 22 с.
5. Способ очистки алкоксидов алюминия / Патент РФ № 2278850.
6. Назаров В.В., Павлова-Вережкина О.Б. Синтез и коллоидно-химические свойства гидрозолей бемита // Коллоидный журанал. – 1998. – Том 60; №6. – С. 797–807.
7. Akselrod M.S. Optically stimulated luminescence of Al_2O_3 // Radiat. Meas. – 1996. – Vol. 29. – Pp. 391–399.
8. Синтез и исследование каталитических свойств $MEOX/CEO_2/\alpha$ - Al_2O_3 И $MEOX/CEO_2-ZRO_2/\alpha$ - Al_2O_3 / Е.Ю. Либерман, А.И. Михайличенко, Т.В. Конькова, Н.В. Нефедова // Депонировано ВИНИТИ. – № 859-В2005. 20.06.2005.

SYNTHESIS AND SOME APPLICATIONS OF BOEHMITE HYDROSOL

**K.I. Kienskaya,
A.A. Kuzovkova,
I.N. Marchenko**

*D.Mendeleev University of Chemical
Technology of Russia, 9 Miusskaya sq.,
Moscow A-47, 125047, Russia*

E-mail: anna-kaa@mail.ru

The technique of synthesis of hydrosols boehmite and aluminum alkoxides of aluminum nitrate has been developed. The main colloid-chemical characteristics of synthesized sols - the concentration of the dispersed phase, the phase composition of the particles, the magnitude of the zeta - potential thresholds electrolyte coagulation have been determined. Several applications of obtained hydrosols have been proposed.

Key words: nanotechnology, hydrosols boehmite colloid-chemical properties of the antibacterial activity of the catalytic activity.

УДК: 547.76837.1.07

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИЙ ЭЛЕКТРОФИЛЬНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ В 1-МЕТИЛ-1,2-ДИГИДРОПИРРОЛО [3,2,1-de] АКРИДИН-6-ОНЕ

Т.М. Алябьева

Белгородский университет
кооперации, экономики и права,
Россия, 308023, г. Белгород,
ул. Садовая, 116-а
E-mail: kaf-end-zav@buket.ru

С целью поиска физиологически активных соединений, исследовано протекание реакций электрофильного замещения в гетероциклической системе 1-метил-1,2-дигидропирроло [3,2,1-de] акридин-6-она на примере реакций бромирования. Синтезированы бромпроизводные 1-метил-1,2-дигидропирроло [3,2,1-de] акридин-6-она, изучены их физико-химические и спектральные характеристики.

Ключевые слова: акридин, акродон-9, 1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de] акридин-6-он, 8-бром-1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de] акридин-6-он, 4,8-дибром-1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de] акридин-6-он, реакция Ульмана.

Введение

Ранее нами синтезирована новая гетероциклическая система 1-метил-1,2-дигидропирроло [3,2,1-de] акридин-6-она, где пирролиновый фрагмент непосредственно конденсирован с акридиновым циклом, путем взаимодействия 2-метилиндолина с 2-хлорибензойной кислотой в условиях реакции Ульмана, с последующей циклизацией [1, 2].

Фармакологический аспект подобного рода гетероциклических систем представляет определенный интерес, поскольку π-электронодефицитные гетероциклы, в том числе и акридин, обладают своеобразным мутогенным действием на ДНК, что предопределяет поиск в этом ряду противоопухолевых препаратов нового типа [3]. Также общеизвестна биологическая активность различных производных акридина и акридона, в первую очередь антималярийная (акрихин), антибактериальная (риванол, профлавин), туберкулостатическая (тиосемикарбазоны 10-метилакридона-9) [4]. Некоторые производные акридина и пирролоакридона обладают антипротозойной и психотропной активностью [5].

Синтезированная нами гетероциклическая система 1-метил-1,2-дигидропирроло [3,2,1-de] акридин-6-она также показали различные виды биологической активности, в связи с чем была продолжена работа по изучению реакционной способности этой системы, синтезу ее производных и изучению их физиологической активности.

В данной работе нами исследовано протекание реакций электрофильного замещения в 1-метил-1,2-дигидропирроло [3,2,1-de] акридин-6-оне на примере реакции бромирования. Эти реакции исследовались с одной стороны, с точки зрения выявления реакционной способности вновь синтезируемой структуры в этих реакциях и сравнения полученных результатов с акридоном-9 и 10-метил-акридином-9, а с другой стороны, как возможность выхода к различным новым производным дигидропирролоакридонам, синтез которых по выше указаний реакции Ульмана может быть ограничен трудностью получения замещенных индолинов и хлорбензойных кислот.

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 Spesord в этаноле.

Спектры ЯМР ¹H сняты на спектрометрах НА-100Д фирмы «Varian» и WP-360 фирмы «Bruker», внутренний стандарт ГМДС, растворитель указан в каждом конкретном случае.

8-Бром-1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он (2) и 4,8-дибром-1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]-акридин-6-он (3).

а) К раствору 0,94 г (4 ммоль) 1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она в уксусной кислоте медленно при перемешивании добавляют 1,3 г (8 ммоль) брома и смесь нагревают 5–7 минут при 90°C. Выпавший желтый творожистый осадок отфильтровывают, хорошо промывают уксусной кислотой, сушат. После перекристаллизации из этанола, получают

0.92 г (64%) соединения 3, температура плавления 252–253°C. Из фильтрата при упаривании уксусной кислоты выпадает осадок, который отфильтровывают и очищают на колонке с силикагелем, элюируя этилацетатом. Растворитель упаривают и получают 0.25 г (17%) соединения 2, температура плавления 208°C. Для соединения 2 ИК спектр (вазелиновое масло), $\nu_{\text{макс.}}$: 1634 см^{-1} (CO). УФ спектр, $\lambda_{\text{макс.}}(\lg\epsilon)$: 203 (4.16), 215 (4.36), 222 (4.38), 255 (4.52), 285 (4.62), 315 (3.58), 330 (3.61), 408 (3.86), 426 нм (3.84). Найдено: С 60.95; Н 3.68; N 25.22%. $\text{C}_{16}\text{H}_{12}\text{NOBr}$. Вычислено: С 61.14; Н 3.82; Br 25.47%. ЯМР ^1H спектр представлен в таблице. Для соединения 3 ИК спектр (вазелиновое масло), $\nu_{\text{макс.}}$: 1635 см^{-1} (CO). УФ спектр, $\lambda_{\text{макс.}}(\lg\epsilon)$: 218 (4.46), 254 (4.46), 280 (4.39), 324 (3.62), 334 (3.62), 420 (3.90), 438 нм (3.88). Найдено: С 48.55; Н 2.78; Br 40.66%. $\text{C}_{16}\text{H}_{11}\text{NOBr}_2$. Вычислено: С 48.85; Н 2.79; Br 40.7%. Данные ЯМР ^1H спектра представлены в таблице.

б) К кипящему раствору 0.35 г (1.5 моль) 1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de] акридин-6-она в 40 мл хлороформа добавляют 0.5 мл брома и смесь кипятят 15 минут. Образовавшийся оранжевый осадок отфильтровывают и после перекристаллизации из ацетона получают 0.4 г (85%) соединения 2. Вещество не дает депрессии при плавлении пробы смешения с образцом 2, полученным по методу а.

4,8,10-трибром-1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]-акридин-6-он (4).

0.47 г (2 ммоль) 1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она, 30 мл уксусной кислоты и 2 мл брома кипятят 3 часа, затем добавляют еще 2 мл брома и кипятят 3 часа. Осадок, выпавший при охлаждении, отфильтровывают, промывают уксусной кислотой, сушат. Получают 0.8 г (85%) вещества с температурой плавления 279–282°C (из уксусной кислоты). ИК спектр (вазелиновое масло), $\nu_{\text{макс.}}$: 1635 см^{-1} . УФ спектр, $\lambda_{\text{макс.}}(\lg\epsilon)$: 224 (4.42), 256 (4.48), 282 (4.46), 326 (3.65), 338 (3.66), 436 (3.92), 452 нм (3.92). Найдено: С 40.39; Н 2.0; N 2.82; Br 50.42%. $\text{C}_{16}\text{H}_{10}\text{NOBr}_3$. Вычислено: С 40.67; Н 2.12; N 2.96; Br 50.84%. Данные ЯМР ^1H спектра представлены в таблице.

4,8-Дибром-1-метилпирроло[3,2,1-de]акридин-6-он (5).

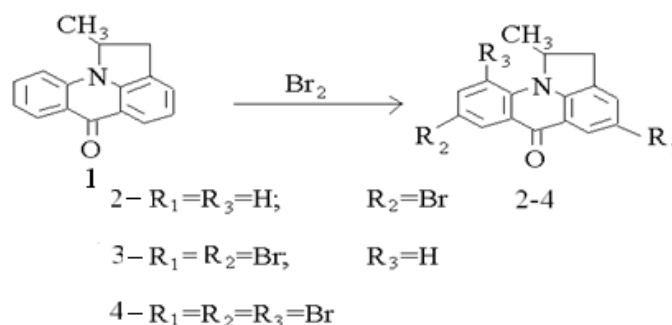
Кипятят 0.8 г (2 ммоль) 4,8-дибром-1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de] акридин-6-она в ксилоле с активной двуокисью марганца в течение 2 часов. MnO_2 отфильтровывают, растворитель упаривают и остаток хроматографируют на колонке с силикагелем, элюируя в начале эфиром, затем смесью этилацетат-ацетон (9:1). Получают 0.6 г (75%) вещества желтого цвета, температура плавления 305–307°C (из этанола). ИК спектр (вазелиновое масло), $\nu_{\text{макс.}}$: 1678 см^{-1} (CO). УФ спектр, $\lambda_{\text{макс.}}(\lg\epsilon)$: 212 (4.46), 218 (4.45), 250 (4.41), 282 (3.88), 296 (3.61), 402 нм (3.41). Найдено: С 49.28; Н 2.28; Br 41.0%. $\text{C}_{16}\text{H}_9\text{NOBr}_2$. Вычислено: С 49.10; Н 2.32; Br 40.91%. Данные ЯМР ^1H спектра представлены в таблице.

Результаты и их обсуждение

Для проведения реакции бромирования в 1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]-акридин-6-оне использовали методики известные для бромирования 10-метилакридона-9.

Так Ачесон с сотрудниками [6] показали, что бром в уксусной кислоте легко броморирует 10-метилакридон-9 и в зависимости от условий можно получить продукты с различным количеством заместителей. При использовании 2 молей брома на 1 моль 10-метилакридона-9 авторами [6] с количественным выходом выделен 2,7-дибром-10-метилакридон-9, примеси изомерных продуктов не обнаружены.

При бромировании 1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она в этих условиях, кроме дибромпроизводного (3) выделен с 17% выходом и продукт монобромирования (2).



Монобромпроизводное получено также встречным синтезом, при бромировании 1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она в хлороформе, по методике, описанной



авторами [7] для 10-метилакридона-9. Первоначально образующийся ярко-красного цвета комплекс при дальнейшем кипячении в растворителе дает количественный выход соединения 2, идентичного выделенному из смеси изомеров.

Проведение реакции с избытком брома в условиях, указанных для синтеза тетрабромпроизводного 10-метилакридона-9, нам удалось выделить 4,8,10-трибром-1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-он (4) с 75% выходом. Как и при бромировании 10-метилакридона-9 образование примесей изомерных продуктов не наблюдалось.

Структура соединений 2, 3, 4 доказана элементным анализом и спектральными данными. Использование ЯМР ¹H спектроскопии позволило определить положение заместителей в этих соединениях (табл.).

Таблица

Химические сдвиги (δ м.д.) и константы спин-спинового взаимодействия (J, Гц) бромпроизводных 1-метил-1,2-дигидропирролакридин-6-она

Соединение	Растворитель	Химические сдвиги протонов (м. д.)									Константы спин-спинового 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 ₃ - 1.49 CH ₁ - 5.28	CH ₂ ср. 3.48	7.55	7.21	7.95	8.42	7.1 6	7.73	7.55	J _{H₁CH₃} = 6.6; J _{гем.} = 16.9; J _{экв-акс.} = 8.8; J _{7,8} = 8.0; J _{3,4} = I _{4,5} = 8.0; J _{9,10} = 8.0; J _{8,9} = 7.3; J _{3,5} = 0.8
2	DMCO-d ₆	CH ₃ - 1.35 CH ₁ - 5.28	CH ₂ ср. 3.47	7.7	7.2 5	7.85	8.39	-	7.9	7.62	J _{H₁CH₃} = 6.4; J _{гем.} = 16.1; J _{экв-акс.} = 8.8; J _{3,5} = 1.2; J _{4,5} = 7.8; J _{9,10} = 8.9 J _{7,9} = 2.5
3	DMCO-d ₆	CH ₃ - 1.33 CH ₁ - 5.28	CH ₂ ср. 3.49	7.73	-	7.95	8.3 8	-	7.91	7.62	J _{H₁CH₃} = 6.4; J _{гем.} = 16.5; J _{экв-акс.} = 9.0; J _{3,5} = 3.0; J _{7,9} = 2.3; J _{9,10} = 9.0
4	DMCO-d ₆	CH ₃ - 1.39 CH ₁ - 5.35	CH 2 ср. 3.4	7.7	-	8.12	8.41	-	7.9 3	-	J _{H₁CH₃} = 6.5; J _{гем.} = 16.5; J _{экв-акс.} = 9.2; J _{7,9} = 2.3; J _{3,5} = 2.8
5	DMCO-d ₆	CH ₃ -3.0	6.79	8.0 1	-	8.2 3	8.39	-	7.8 5	7.9 8	J _{2CH₃} = 1.2; J _{3,5} = 2.8; J _{7,9} = 2.2; J _{9,10} = 8.5

В спектре ЯМР ¹H соединения 2 наблюдается изменение мультиплетности только для сигналов протонов H₇, H₉, H₁₀ по сравнению с исходным соединением 1, что указывает на наличие заместителя в этом бензольном кольце. Отсутствие в спектре сигнала протона H₈ и констант спин-спинового взаимодействия J_{7,8}, J_{8,9} и J_{8,10} позволяет однозначно определить, что бром заместил атом водорода в положении 8. Рассмотрение мультиплетности сигналов протонов в соединениях 3 и 4 позволило определить, что в соединении 3 бром заместил атомы водорода в положениях 4 и 8, а в соединении 4 – в положениях 4, 8 и 10.

В ИК спектре соединения 2 наблюдается полоса поглощения C=O группы в области 1634 см⁻¹. Положение атомов брома, так же как их количество, практически не влияет на полосу поглощения этой группы.

Уф спектры бромпроизводных 1-метил-1,2-дигидропирроло[3,2,1-de]акридин-6-она напоминают спектр исходного соединения, наблюдается только появление нового максимума в

области 280–286 нм и усиление колебательной структуры коротковолнового максимума. Последовательное введение заместителей приводит к батохромному сдвигу длинноволновых полос поглощения.

Дегидрированием соединения 3, при кипячении с двуокисью марганца в ксилоле в течение 2 часов, был получен 4,8-дибром-1-метилпирроло[3,2,1-de]акридин-6-он (5) с выходом 75%.



Структура соединения 5 согласуется с данными элементного анализа и спектральными данными, которые представлены в экспериментальной части и таблице.

Выводы

Осуществлен синтез бромпроизводных 1-метил-1,2-дигидропирролоакридин-6-она и подобраны оптимальные условия проведения этих реакций. Исследованы физико-химические и спектральные характеристики бромпроизводных 1-метил-1,2-дигидропирролоакридин-6-она.

Список литературы

1. Алябьева Т.М., Суворов Н.Н., Хоштария Т.Е. Синтез дигидропирролоакридонов // Химия гетероциклических соединений. – 1979. – №11. – С. 1524–1527.
2. Synthesis of pyrrolo[3,2,1-de]acridin-6-one / Т.М. Alyab'eva, Т.Е. Khoshtariya, А.М. Vasil'ev et al. // Chemistry of Heterocyclic Compounds. – 1980. – Vol. 15. – №11. – Pp. 1223–1226.
3. Алябьева Т.М. Синтез и физическая активность 6-аминопирроло[2,3-с]акридина // Успехи современного естествознания. – 2004. – №4. – С. 98–99.
4. Алябьева Т.М. Некоторые реакции карбонильной группы в дигидропирролоакридонах // Современные наукоемкие технологии. – 2006. – № 2. – С. 44–45.
5. Алябьева Т.М. Синтез производных пирроло[3,2,1-de]акридин 6-она с участием слабых электрофилов // Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки». – 2011. – №15 (110). Вып. 16. – С. 99–102.
6. Acheson R., Robinson M. I Chem. Soc. – 1989. – Vol. 1. – Pp. 232–235.
7. Prager R., Fhredgold H. Austral I. Chem. – 1965. – Vol. 22. – Pp. 1503–1506.

STUDY OF CATIONOID SUBSTITUTION REACTIONS IN 1-METHYL-1,2-DIHYDROPIRROLO [3,2,1-DEI] ACRIDINE-6-ON

T.M. Alyabieva

*Belgorod University of Cooperation,
Economics and Law, 116a Sadovaya
St., Belgorod, 308023, Russia*

E-mail: kaf-end-zav@bukep.ru

With the view of searching for physiologically active compounds, the process of cationoid substitution reactions in heterocyclic system of 1-methyl-1,2-dihydropyrrolo [3,2,1-de] acridine-6-on has been studied using bromination reactions as an example. Brominated 1-methyl-1, 2-dihydropyrrolo [3,2,1-de] acridine-6-on have been synthesized, their physical, chemical and spectral characteristics studied.

Key words: acridine, acridone-9, 1-methyl-1,2-dihydropyrrolo [3,2,1-de] acridine-6-on, 8-bromine-1-methyl-1,2-dihydropyrrolo[3,2,1-de] acridine-6-on, 4,8-dibromide-1-methyl-1,2 dihydropyrrolo [3,2,1- de] acridine-6-on, Ullman's reaction.



УДК: 615.454.12

КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛПИРРОЛИДОНА, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ РАДИАЦИОННОГО СШИВАНИЯ

**В.В. Смагина,
Г.В. Авраменко,
А.Ф. Кривощепов,
К.Ю. Власова**

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева. 125047 Москва, А-47, Миусская пл., 9

E-mail: smaginav@mail.ru

Разработан базовый состав полимерной системы доставки лекарственных средств, применяемых в энзимотерапии, изучено влияние химического состава макромолекул и концентрации полимеров в водных растворах и их влияние на реологические свойства и поведение при радиационном воздействии.

Ключевые слова: гидрогель, деструкция, поливинилпирролидон, гамма-излучение.

Введение

В последнее время гидрогели, применяемые в медицине, стали объектом пристального внимания ученых, благодаря своим уникальным свойствам, т. е. их совместимости с биологическими жидкостями организма и органами. Подобные системы используют для получения перевязочных повязок, контактных линз, систем доставки лекарств и т. д.

Один из методов синтеза и модифицирования гидрогелей это использование излучения высоких энергий, особенно гамма-излучения. Посредством сшивания или процесса прививки, инициируемым радиационным воздействием, могут быть получены гидрогели со специфическими свойствами для соответствующих применений.

Одним из самых важных наблюдений, сделанных ранее в исследовании радиационного эффекта в линейных полимерах является тот факт, что полимеры имеют тенденцию либо к сшиванию, либо к деградации в зависимости от химической структуры. Оба процесса протекают одновременно в большинстве полимерных систем и тот процесс, который преобладает, определяет чистый эффект. Естественно что процессы, которые происходят с теми же полимерами но в среде растворителя, зависят от многих факторов: природы растворителя, концентрации полимера, дозы и времени экспонирования [1].

Очевидное преимущество метода радиационного синтеза гидрогелей над традиционными методами заключается в высокой чистоте продуктов при этом присутствие химических инициаторов не требуется. Подготовка образцов не требует специальных стерильных производственных помещений, что всё же позволяет получить стерильный продукт; процесс облучения легко контролируем. Синтез новых полимеров, объёмное или поверхностное модифицирование коммерческих продуктов могут быть выполнены с дополнительным преимуществом конкурентной (одновременной) стерилизацией, что является необходимым условием при применении полученного продукта, в качестве лекарственного средства [2].

Таким образом, целью данной работы стало изучение влияния радиационного воздействия на растворы полимеров различной природы для последующего выбора оптимальных концентраций и величин поглощённых доз, при которых применение гидрогелей как систем доставки лекарственных средств, в частности протеолитического фермента было бы максимально эффективно.

Материалы и методы исследования

В эксперименте использовались как синтетические, так и биополимеры от различных фирм производителей: поливинилпирролидон, далее ПВП 13% (Полидон, Оргполимерсинтез), сополимер 2-метил-5-винилпиридина и N-винилпирролидона (Совидон), гидроксипропилцеллюлоза (Hercules), поли-(4,9-диокса-додекан-1,12-гуанидин) гидрохлорид 50% (Экоцепт), альгинат натрия 75% (ISP).

Реологические исследования проводились на ротационном вискозиметре «Pheotest-2» (Германия) с постоянными скоростями сдвига по методу коаксиальных цилиндров с использо-

ванием цилиндра «S1» и «S2» (для данного диапазона вязкостей), при термостатировании с рабочими температурами 25°C, 30°C, 40°C.

Выявленные закономерности представлены в виде графиков реологических кривых.

Для переходного участка реологических кривых было использовано эмпирическое уравнение Оствальда-Де Виля

$$\eta = k \dot{\gamma}^{n-1}, \quad (1)$$

Для облученных образцов выход гель-фракции определяли с помощью золь-гель анализа. Суть анализа заключается в вымывании золь-фракции и определении выхода гель-фракции.

Выход гель-фракции и коэффициент равновесного набухания определяли по стандартной методике с помощью золь-гель анализа.

Гель-фракцию определяли по следующей формуле:

$$\text{gel}(\%) = M_{\text{dry}} / M_{\text{пол.}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

M_{dry} – масса сухого геля после вымывания золь-фракции, г.

$M_{\text{пол.}}$ – навеска полимеров, г.

Для получения гидрогелей были приготовлены водные растворы полимеров (по методике последовательного ввода компонентов), содержащие фибринолитический фермент трипсин. Облучение приготовленных образцов проводили на γ -установке РХМ- γ -20 при температуре 20°C, доза 15 кГр и 35 кГр. Доза поглощенной энергии является одним из основных параметров, определяющих количество межмолекулярных сшивок, приходящихся на одну полимерную молекулу. Для расчета поглощенной дозы использовались данные ферросульфатной дозиметрии.

Результаты и обсуждение

Исследуемые системы до облучения представляли собой вязкие гидрогели, после облучения студни или пленки, ряд образцов подвергся частичной деструкции.

В результате расчетов была определена мощность дозы, поглощенная образцами (табл. 1).

Знание мощности дозы, поглощенной образцами, позволило определить время их экспонирования:

- для получения поглощенной дозы 15±5 кГр: 24 часа;
- для получения поглощенной дозы 35±5 кГр: 55 часов.

Таблица

Характеристики системы для расчета значений поглощенной дозы

Номер образца	K	(z/A) _{сист}	$\rho_{\text{сист}}$, кГр/час
1–3	1.003	0.551	0.650
4–6	0.994	0.553	0.644

По экспериментальным данным были получены кривые эффективной вязкости для систем различного состава при определенном температурном режиме. Рисунки 1–3 иллюстрируют полученные кривые.

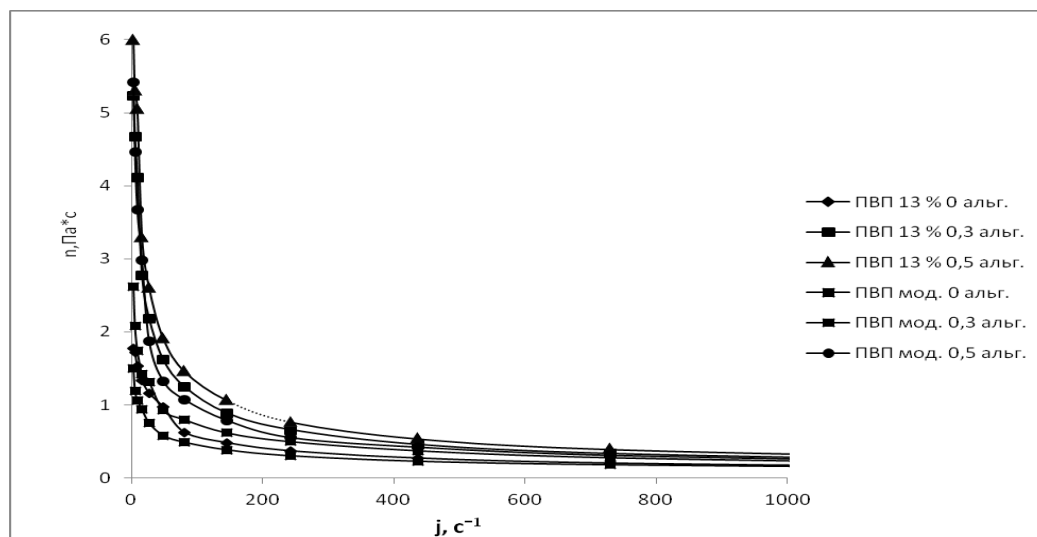


Рис. 1. Кривые эффективной вязкости для систем с ПВП 13% и ПВП мод. при 25°C

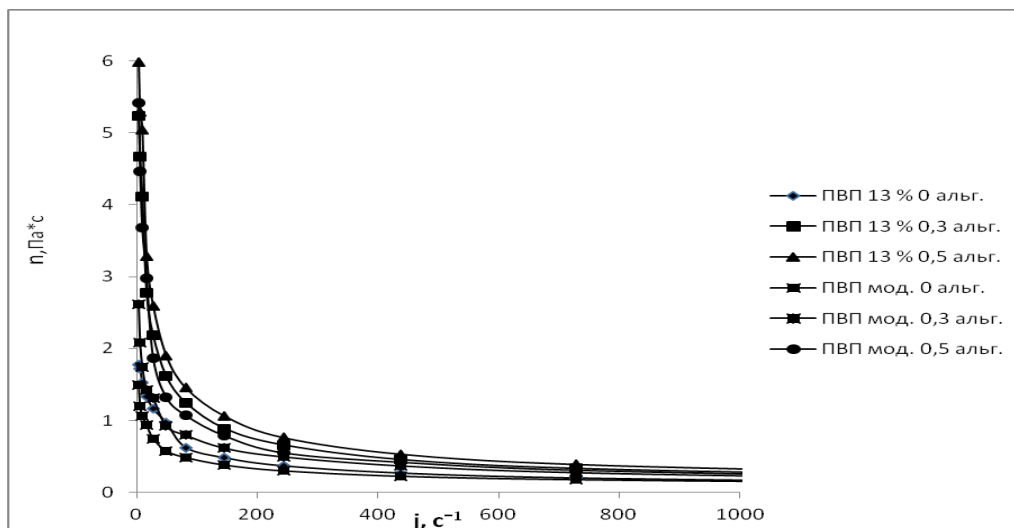


Рис. 2. Кривые эффективной вязкости для систем с ПВП 13% и ПВП мод. при 30°C

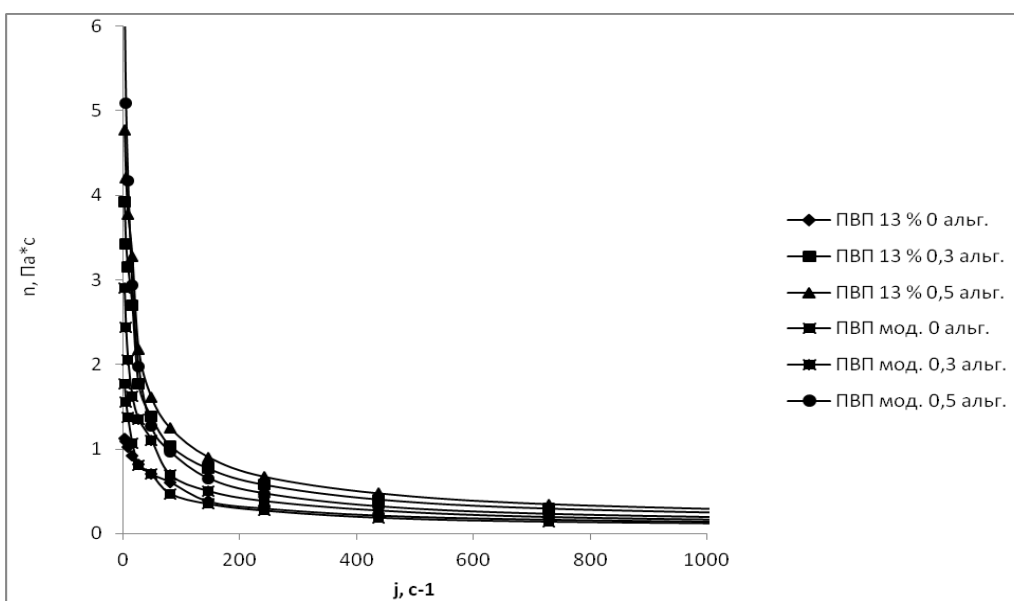


Рис. 3. Кривые эффективной вязкости для систем с ПВП 13% и ПВП мод. при 40°C

Анализ систем с помощью эмпирического уравнения Оствальда де Виля позволяет характеризовать их как псевдопластические коагуляционно – тиксотропные (КС-1) (т. к. в уравнениях, отвечающих полученным кривым $n < 1$). Для данных систем характерно явление тиксотропии, что позволило нам в ходе эксперимента измерять эффективную вязкость растворов при различных температурах, не меняя раствор. При снятии сдвиговых напряжений направленная ориентация частиц быстро теряется в результате броуновского движения и стремления системы к уменьшению поверхностной энергии, что приводит к восстановлению первоначальной вязкости. Следует отметить, что для псевдопластических систем различие между максимальной и минимальной эффективными вязкостями не слишком велико и отношение $\eta_{\max} / \eta_{\min}$ обычно не превышает двух десятичных порядков.

Как раз системы такого типа могут работать в качестве полимерной матрицы для последующей иммобилизации фермента и обеспечивать сохранение ферментной активности до и после процесса радиационной сшивки и одновременной стерилизации.

Как видно эффективная вязкость в растворах полученных полимерных систем возрастает с увеличением концентрации альгината натрия, независимо от марки поливинилпирролидона. Впоследствии эти результаты позволили выбрать оптимальное соотношение полимеров в растворе, для более эффективной последующей иммобилизации фермента.

Эффективная вязкость систем с ПВП модифицированным 2-метил-5-винилпиридином ниже эффективной вязкости систем с ПВП 13% раствором. Данная закономерность может объясняться более высоким значением молекулярной массы ПВП 13%. ($M_{\text{ПВП мод.}} = 46\ 000$, $M_{\text{ПВП 13\%}} > 100\ 000$).

Полученные после снятия реологических кривых данные свидетельствуют о том, что растворы полимеров до облучения представляли собой обратимые физические гели с преимущественным преобладанием золь-фракции. Необратимые трёхмерные структуры гидрогелей образовывались непосредственно после радиационного сшивания: происходило образование новых химических связей и переход от золь- к гель- фракции. Для контроля за скоростью и полнотой радиационно-индуцированного сшивания мы воспользовались методикой золь-гель анализа, которая позволяет количественно определить содержание нерастворимого (пространственно-сшитого) и растворимого полимера. Нерастворимая часть называется гель-фракцией, а растворимая – золь-фракцией.

В результате радиационного воздействия на образцы содержащие другие марки поливинилпирролидона с меньшей молекулярной массой были получены ньютоновские жидкости с малой вязкостью, что свидетельствует о преимущественной деструкции полимерных молекул в данных системах. Это объясняется тем, что процесс разрыва связей в молекулах гидроксипропилцеллюлозы доминирует над процессом их образования между молекулами ПВП (в соответствии с эмпирическим правилом Миллера, полимерные производные целлюлозы относятся к преимущественно деструктурирующим полимерам, тогда как ПВП – к преимущественно сшивающимся в процессе радиационной стерилизации) т. е. в таких системах использовался ПВП недостаточной молекулярной массы или его процентное содержание было невелико.

Зависимость выхода гель-фракции от поглощенной дозы облучения.

Выход гель-фракции характеризует эффективность сшивания полимерных молекул, от которой, в свою очередь, зависит эффективность иммобилизации фермента в матрицу гидрогеля и скорость его высвобождения.

Как видно из представленных ниже диаграмм (рис. 4), процентное содержание гель-фракции в облученных образцах возрастает с увеличением дозы облучения, особенно для образцов, содержащих ПВП 13%, что коррелирует с работами по исследованию растворов полимеров различной природы, относящихся к классу преимущественно сшивающихся [3, 4].

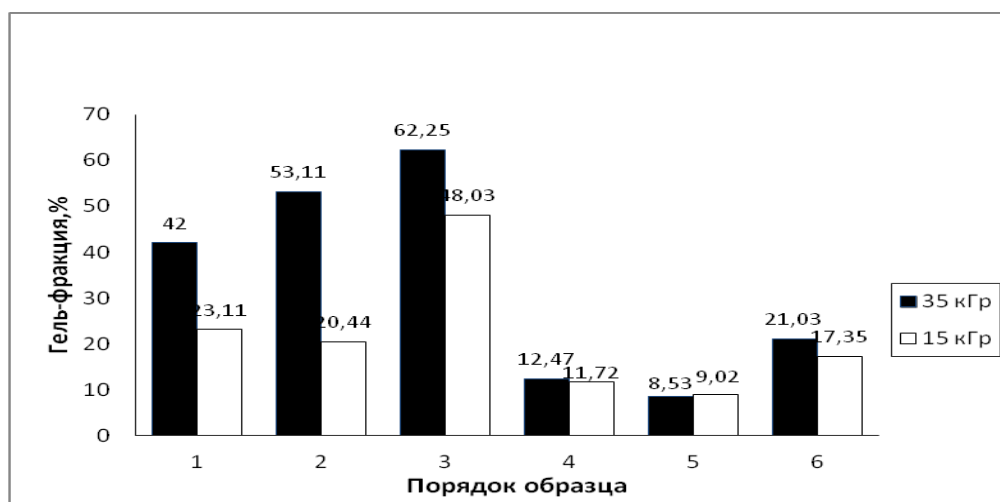


Рис. 4. Выход гель-фракции для систем с ПВП 13% и ПВП модифицированным при дозе 15 и 35 кГр

Порядок образцов: 1 – ПВП 13%, 0 альг.; 2 – ПВП 13%, 0,3 альг.; 3 – ПВП 13% 0,5 альг.; 4 – ПВП_{мод.}, 0 альг.; 5 – ПВП_{мод.}, 0,3 альг.; 6 – ПВП_{мод.}, с содержанием альгината натрия 0,5% соответственно.

Выход гель-фракции для образцов с ПВП 13% значительно выше, чем для образцов с ПВП модифицированным, что объясняется, скорее всего, не модификацией полимера, а влиянием большей молекулярной массы полимера на степень сшивания. Результаты эксперимента свидетельствуют о большей эффективности сшивания ПВП 13%, что позволило нам выбрать именно эту марку поливинилпирролидона в качестве дальнейшего объекта исследования [5].

Заклучение

1. Определены реологические характеристики для данных полимерных матриц, что является необходимым условием для последующей иммобилизации протеаз с целью сохранения их активности в течении длительного времени.

2. Показана зависимость выхода радиационного сшивания от начальной молекулярной массы полимера в водном растворе. Процентное содержание гель-фракции в облученных образцах возрастает с увеличением дозы облучения, особенно для образцов, содержащих ПВП 13%, что соотносится с работами по исследованию растворов полимеров различной природы, относящихся к классу преимущественно сшивающихся. Данные закономерности могут послужить основой для прогнозирования свойств системы в зависимости от изменения соответствующих параметров с целью получения оптимальных составов готового медицинского препарата.

Список литературы

1. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Твердое тело и полимеры. Прикладные аспекты. – М.: Наука, 1987. – 448 с.
2. Syed K.H. Gulrez, Saphwan Al-Assaf and Glyn O Phillips (2011) Hydrogels: Methods of Preparation, Characterisation and Applications. Progress in Molecular and Environmental Bioengineering– From Analysis and Modeling to Technology Applications. – 2011. – Vol. 5. – Pp. 117–150.
3. Rosiak J.M., Yoshii F. Hydrogels and their medical applications. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 1999. – Bd. 151. – Pp. 56–64.
4. Synthesis and characterisation of hydrogels based on poly(vinyl pyrrolidone) / S. Benamer, M. Mahlous, A. Boukrif et al. – Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 2006. – Pp. 284–290.
5. Smagina V., Fenin A., Avramenko G. Research the process of inactivation of the enzyme complex immobilized in different environments // Butlerov Communications. – 2012. – Vol. 32 (11). – Pp. 38–43.

SOME OF THE COLLOID-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE HYDROGEL WITH PVP ACHIEVED BY RADIATION CROSS-LINKING

**V.V. Smagina,
G.V. Avramenko,
A.F. Krivoshepov,
K.U. Vlasova**

*D.Mendeleev University of Chemical
Technology of Russia, A-47,
9 Miusskaya sq., Moscow A-47, 125047,
Russia*

E-mail: smaginav@mail.ru

The basic composition of the polymer system of delivery of drugs was developed for enzyme therapy, the influence of the chemical structure and the concentration of polymer in water solutions and their impact on the rheological properties and behavior under radiation exposure were determined.

Key words: hydrogel, destruction, polivinilpirrolidon, gamma-radiation.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551.58:528.94

ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЙМЕННЫХ ПОЧВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПРИДНЕПРОВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ

А.В. Мацибора

*Институт географии
Национальной академии наук,
Украина, 01030, г. Киев-30,
ул. Владимирская, 44
E-mail: rmcf@ukr.net*

Проведены комплексные палеопедологические исследования пойменных почвенных образований второй половины голоцена в центральной части Приднепровской возвышенности. Изучено морфологическое строение почвенных профилей, проведен сравнительный анализ геохимических показателей (содержания органического вещества, карбонатных соединений, концентрации тяжелых металлов) почв суббореального периода голоцена и современности. На основе палеопедологических данных проведены реконструкции физико-географических условий, сформулированы выводы о гидротермических показателях климата суббореала.

Ключевые слова: палеогеографические реконструкции, пойменные почвы, голоцен, суббореальный период, геохимические показатели.

Введение

Рассматриваемый хроноинтервал – суббореальный период (SB) голоцена характеризовался климатическими особенностями, которые заключались в аридизации и континентальности, с чем было связано смещение границ природных зон и, соответственно, почв в северном направлении. Несмотря на достаточно детальную изученность почв суббореала лесостепи [1–3 и др.] и степи [4–7 и др.] по археологическим данным, существует необходимость расширения спектра палеопедологической информации о пойменных почвенных образованиях, возраст которых колеблется в интервале 5000–2700 лет назад.

Исследование пойменных почвенных образований является одним из основных подходов к изучению голоценового почвообразовательного процесса. Формирование почв пойм происходит под влиянием периодического чередования этапов педогенеза и накопления аллювия, что, с одной стороны, является индикатором короткопериодических климатических изменений, а с другой – дает возможность разносторонне изучать почвы в пределах пойм. Периоды педогенеза на поймах иногда не достаточны для развития полноценной почвы и результаты таких процессов более точно называются термином «почвенные образования».

Объекты и методы исследования

В ходе проведения палеопочвенных исследований применяли комплексный палеопедологический метод, в состав которого входили: морфологическое изучение профиля пойменных почв, а также ряд лабораторно-экспериментальных методов (определение содержания органического вещества (ОВ), карбонатных соединений, тяжелых металлов, радиоуглеродного датирования). В обозначении генетических горизонтов использована система индексации А.Н. Соколовского (1930).

Для изучения пойменных почвенных образований был выбран ключевой участок бассейна Южного Буга, который, согласно физико-географического районирования, входит в Центральноприднепровскую возвышенную область Подольско-Приднепровского края лесостепной природной зоны Украины (рис. 1).

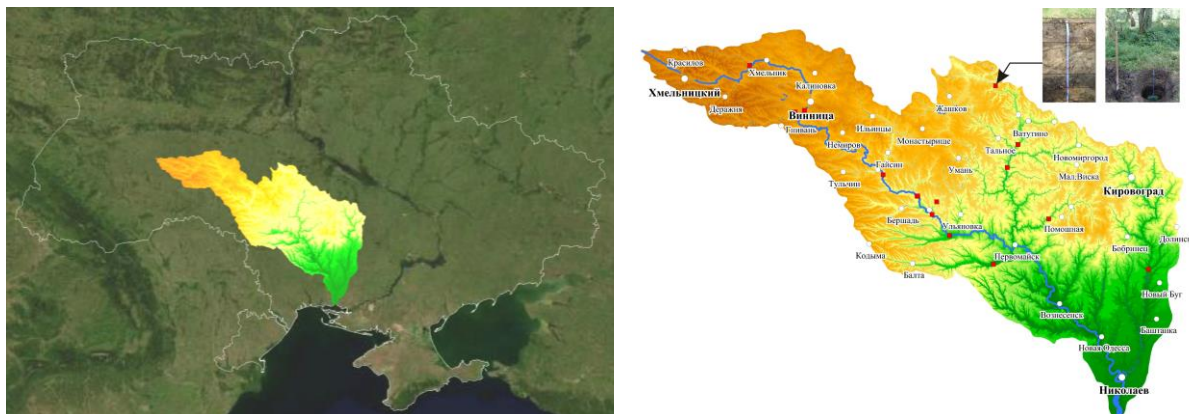


Рис. 1. Расположение опорного разреза пойменных почв в бассейне р. Южный Буг

Опорный разрез был заложен на правом берегу реки Гнилой Тикич (49°18'7" с. ш.; 30°42'2" в. д.) в пределах высокой поймы, на высоте около 1 м над уровнем уреза воды и на расстоянии 8 м от водотока. Растительный покров ключевого участка представлен луговыми фитоценозами и отдельно стоящими деревьями. Среди разнотравья доминируют: осока болотная (*Acorus calamus* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.), одиноко стоящие деревья представлены ивой прутовидной (*Salix viminalis* L.) и дикой грушей (*Pyrus communis* L.).

Результаты и их обсуждение

Профиль исследуемой пойменной почвы представлен как гумусовыми генетическими горизонтами, так и аллювиальными отложениями, которые перекрывают гумусовые горизонты, что свидетельствует о прерывности процессов почвообразования. Выделяются два гумусовых горизонта: Н и Нgl (рис. 2), которые отвечают этапам почвообразования – периодам уменьшения гумидности климата с дальнейшим осушением поймы, что делало возможным развитие растительного покрова, накопления органических веществ и формирования почвы на аллювиальном материале. Гумусовые слои разделены аллювиальными отложениями, которые отвечают этапам повышения гумидности климата, повышения уровня реки Гнилой Тикич, в результате чего низкая пойма затапливалась с отложениями руслового аллювия.



Рис. 2. Профиль пойменной почвы

Верхняя почва с горизонтом Н (почва 1) соответствует современному этапу почвообразования, длительность которого по разным оценкам [1, 3] составляет 100–150 лет и характеризует климатические особенности современности. Именно с верхней почвой следует проводить сравнительный анализ параметров предыдущих этапов педогенеза.

Согласно данным радиоуглеродного датирования, гумусовый горизонт Нgl (почва 2) характеризует почвообразование завершительного этапа суббореального периода голоцена – 3210±110 лет тому назад. В соответствии с геохронологической шкалой М.Ф. Веклича [6], дан-



ное время отвечает началу теплого микроклиматохрона hl_{b2-5} . Соответственно, формирование аллювиального горизонта al_1 происходило в следующем холодном микроклиматохроне hl_{b2-6} , а горизонт al_2 является продуктом отложений предыдущего холодного этапа hl_{b2-4} .

С позднебронзовым максимумом солнечной активности связан наиболее значительный в позднеголоценовой эволюции почв минимум скоростей почвообразования (экстремум – 2950 лет назад), в последующие 500 лет скорость почвообразования увеличивалась [9].

По М.Ф. Векличу [6] похолодание в микроклиматохронах hl_{b2-4} и hl_{b2-6} было длительным и резким со снижением глобальных термических показателей на 1.5°C , а иногда и 2.0°C . Климат был более холодным, но умеренным, что в лесостепной зоне Украины отражено лессовыми прослойками незначительной мощности.

Почвенный разрез представлен следующими генетическими горизонтами:

H_d (0.00–0.09 м) – черно-серого цвета, мелко-комковато-зернистый, тяжелый суглинок, интенсивно пронизанный корнями растений, переход и граница постепенные, граница наклонена в направлении снижения поймы.

H (0.09–0.26 м) – черный, мелко-комковато-зернистый, тяжелый суглинок, с наличием червоточин, интенсивно пронизанный корнями растений, переход резкий, граница ровная, немного наклонена в направлении снижения уровня поймы.

al_1 (0.26–0.52 м) – светло-серого цвета с желтыми оттенками, с одиночными пятнами материала гумусового горизонта H диаметром до 0.06 м, мелкозернистый, материал представлен кварцевым песком, который содержит раковины двустворчатых моллюсков размером от 1 см до 5 см, горизонт пронизан корнями растений, переход резкий, граница ровная.

H_{gl} (0.52–0.66 м) – черный с буроватым оттенком, комковато-зернистый, средний суглинок, присутствуют корни древесной флоры, включения представлены мелкими (диаметром до 1 мм) зёрнами кварца, которые равномерно распределены по горизонту, переход резкий, граница ровная.

al_2 (0.66–0.84 м) – желто-серого цвета на некоторых участках до ярко-желтого и красного, материал представлен мелкозернистым кварцевым песком, который интенсивно насыщен раковинами двустворчатых моллюсков.

С целью определения отличий процессов педогенеза 3210 лет тому назад и современности было проведено сравнение данных результатов физико-химических анализов (табл. 1).

Таблица 1

Основные геохимические показатели гумусовых горизонтов пойменных почв ключевого участка (абсолютные значения)

Горизонт	Почва	Содержание ОВ и карбонатов (%)		Содержание тяжелых металлов (мг/кг)						
		ОВ	CaCO_3	Mn	Ni	Co	Cr	Mo	Cu	Pb
H	1	3.74	0.24	800	20	5	30	5	30	50
H_{gl}	2	1.02	0.25	200	10	4	20	10	10	6

Для отображения результатов спектрального анализа, определения содержания ОВ и карбонатов в единой системе координат показатели концентрации вышеуказанных веществ представлены не в абсолютных значениях, а используя десятичный логарифм числа (\log_{10}), что позволило нормализовать шкалу и корректно провести анализ данных (табл. 2).

Таблица 2

Основные геохимические показатели гумусовых горизонтов пойменных почв ключевого участка (\log_{10})

Горизонт	Почва	Содержание ОВ, карбонатов, тяжелых металлов (\log_{10})								
		ОВ	CaCO_3	Mn	Ni	Co	Cr	Mo	Cu	Pb
H	1	0.57	-0.62	2.90	1.30	0.70	1.48	0.70	1.48	1.70
H_{gl}	2	0.01	-0.60	2.30	1.00	0.60	1.30	1.00	1.00	0.78

Содержание органического вещества в гумусовых горизонтах аллювиальных почв дает возможность оценить интенсивность процессов гумификации, которые имели место на этапах педогенеза, а также установить характер растительного покрова, под которым происходило формирование почв (рис. 3).

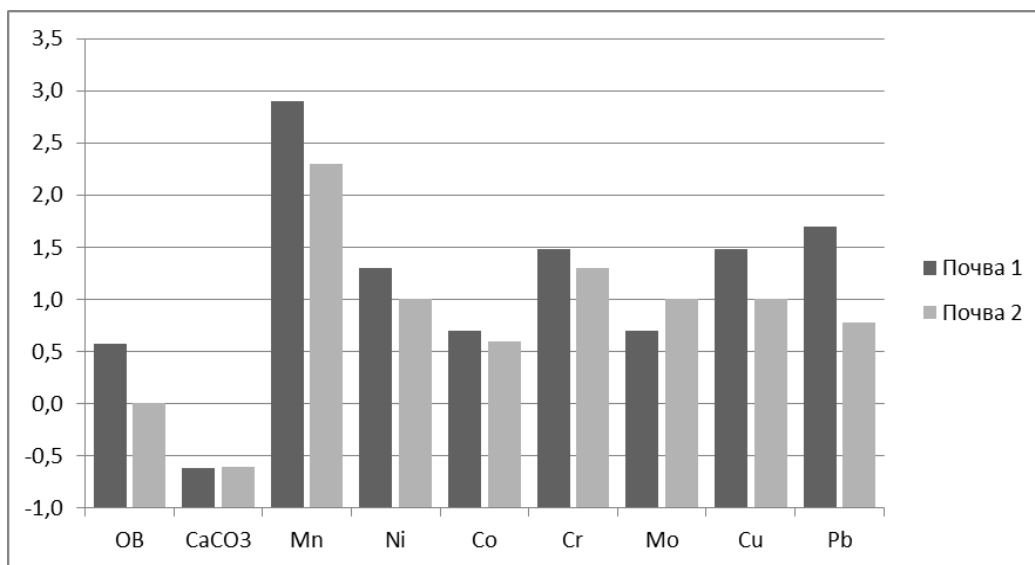


Рис. 3. Распределение ОБ, карбонатных соединений, тяжелых металлов по почвам ключевого участка по логарифмической шкале

Современная почва – горизонт Н, временем формирования которой принято условно считать последние 100 лет, характеризовалась относительно более высокими показателями содержания ОБ по сравнению с почвой 2 – горизонтом Нgl. Почва 1 отличается концентрацией органических веществ на уровне 3.74%, в то время как содержание ОБ в почве 2 составляет только 1.02%. Такое распределение характеризует современные процессы гумификации как более интенсивные с одной стороны, с другой – в результате погребения аллювием почвы 2 происходила потеря ОБ за последние 3210 лет без накопления, чем и объясняется такая существенная разница в значениях данного показателя для почв 1 и 2.

Исходя из вышесказанного, можно сформулировать вывод о меньшей интенсивности растительного покрова в пределах поймы 3210 лет тому назад (по сравнению с современным), в результате чего поступление органических веществ в почву 2 с растительными остатками было существенно меньшим.

Содержание карбонатных соединений в исследуемых почвах характеризуется почти идентичными значениями показателей (см. рис. 3), которые находятся на уровне 0.24% и 0.25% для горизонтов Н и Нgl соответственно. Близость значений показателей концентрации карбонатов для двух разновозрастных горизонтов следует рассматривать как свидетельство сходства режима увлажнения 3210 лет тому назад и современности, что позволило сформировать в почвенной толще одинаковое количество карбонатных соединений.

Содержание Mn в почве 1 превышает соответствующий показатель погребенной в 4 раза и составляет 800 мг/кг по сравнению с 200 мг/кг. Существенные различия концентрации Mn связаны со значительной биофильностью данного элемента и его приуроченностью к горизонтам с высоким содержанием ОБ, что объясняет накопление Mn в большом количестве именно в современной почве, а не в погребенной.

Концентрация Ni в почве 1 также превышает соответствующий показатель почвы 2: 20 мг/кг по сравнению с 10 мг/кг. Такое распределение стоит объяснять действием поглощающего комплекса органических веществ, что и обусловило накопление Ni в горизонтах с относительно высоким содержанием ОБ.

Превышение концентрации Cr, Cu, Pb в современной почве, вероятно, связано с действием одновременно двух факторов: природного и антропогенного. Природным выступает способность обозначенных элементов создавать стойкие соединения с органическими веществами и состав материнской породы, а антропогенный проявляется в поступлении тяжелых металлов из воздуха как результат техногенной нагрузки. Влияние обозначенных факторов обусловило превышение концентрации тяжелых металлов современной почвы над соответствующими показателями погребенной: Cr (5 мг/кг по сравнению с 4 мг/кг), Cu (30 мг/кг по сравнению с 10 мг/кг) и Pb (50 мг/кг по сравнению с 6 мг/кг).

Исключением из установленной тенденции является Mo, концентрация которого в погребенной почве (Нgl) в два раза выше, чем в современной (Н). Такая ситуация может быть объяснена влиянием содержания карбонатов, которые в почве 2 хоть и в незначительной степени, но превышают соответствующий показатель почвы 1.



Заключение

Превышение содержания органического вещества в современной и суббореальной почвах свидетельствует о менее интенсивном растительном покрове и процессах гумификации 3210 лет тому назад, чем на данном этапе. Такая ситуация в общих чертах отвечает характеристикам климата конца SB: формирование почвы возрастом 3210 лет происходило в начале теплого микроклиматохрона hl_{b2-5} сразу после резкого и длительного похолодания на этапе hl_{b2-4} , чем и была обусловлена низкая развитость растительного покрова того времени.

Сравнительный анализ концентрации тяжелых металлов (*Mn, Ni, Co, Cr, Mo, Cu, Pb*) по исследованным гумусовым горизонтам дал возможность определить общую закономерность содержания данных химических элементов в почвах 3210 лет тому назад и современных, установить тенденцию, которая заключается в превышении значений концентрации тяжелых металлов в современной почве по сравнению с погребенной. Обозначенная закономерность характерна для большинства элементов, кроме *Mo*, что объясняется взаимодействием металлов с другими веществами почвенного профиля.

Палеопедологические исследования пойменных почвенных образований являются высокоинформативным источником палеогеографической информации о физико-географических обстановках прошлых этапов развития природы. Зафиксированные характеристики процессов педогенеза суббореального периода голоцена позволяют, в общих чертах, определить характер растительного покрова, температурный режим, степень увлажнения территории и сформировать представления о тренде развития природы во второй половине голоцена.

Список литературы

1. Александровский А.Л. Эволюция почв Восточно-европейской равнины в голоцене. – М., Наука, 1983. – 150 с.
2. Ахтырцев Б.П., Ахтырцев А.Б. Палеочерноземы Среднерусской лесостепи в позднем голоцене // Почвоведение. – 1994. – №5. – С. 14–24.
3. Чендев Ю.Г. Эволюция лесостепных почв Среднерусской возвышенности в голоцене. – М.: ГЕОС, 2008. – 212 с.
4. Золотун В.П. Развитие почв юга Украины за последние 50-45 веков // Автореф. дисс.... д-ра с.-х. наук. – Киев, 1974. – 45 с.
5. Иванов И.В. Эволюция почв лесостепной зоны в голоцене. – М.: Наука, 1992. – 143 с.
6. Демкин В.А. Палеопочвоведение и археология: интеграция в изучении истории природы и общества. – ОНТИ ПНЦ РАН, 1997. – 213 с.
7. Лисецкий Ф.Н., Ергина Е.И. Развитие почв Крымского полуострова в позднем голоцене // Почвоведение. – 2010. – №6. – С. 643–657.
8. Веклич М.Ф. Проблемы палеоклиматологии. – К.: Наук. думка, 1987. – 192 с.
9. Иванов И.В., Лисецкий Ф.Н. Сверхвековая периодичность солнечной активности и почвообразование // Биофизика. – 1995. – Т. 40. – Вып. 4. – С. 905–910.

PALEOGEOGRAPHIC CONDITIONS OF THE FLOODPLAIN SOILS FORMATION IN THE CENTRAL PART OF THE DNIEPER UPLAND IN THE LATE HOLOCENE

A.V. Matsibora

*Institute of Geography
of the National Academy of Sciences,
44 Volodymyrska St., Kyiv-030,
01030, Ukraine*

E-mail: rmcf@ukr.net

The integrative paleopedological study of floodplain soil formations of the second half of the Holocene in the central part of the Dnieper Upland has been carried out. The morphological structure of soil profiles has been studied and the comparative analysis of geochemical indicators (humus and carbonates content, concentration of heavy metals) of Sub-boreal and modern soils has been carried out. Based on paleopedological data the reconstruction of the natural conditions has been fulfilled, the conclusions about hydrothermal indicators of Sub-boreal climate drawn.

Key words: paleogeographical reconstruction, floodplain soils, Holocene, Sub-Boreal period, geochemical indicators.

УДК 631:631.5:631.81

ВЛИЯНИЕ ВИДОВ ЗАНЯТОГО ПАРА И ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ НА СОДЕРЖАНИЕ ЛЕГКОГИДРОЛИЗУЕМОГО АЗОТА, ПОДВИЖНОГО ФОСФОРА И КАЛИЯ В ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ

**И.А. Соколова¹,
Н.В. Долгополова²**

¹ Курский государственный университет, Россия, 305000, г. Курск, ул. Радищева, 33

² Курская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора И.И. Иванова, Россия, 305021, г. Курск, ул. Карла Маркса, 70
E-mail: bhbyfc46@mail.ru;
dunaj-natalya@yandex.ru

Представлены результаты исследования содержания основных элементов питания в почве под посевами озимой пшеницы при разных приемах основной обработки и предшественниках на темно-серых лесных почвах Центрального Черноземья.

Ключевые слова: элементы питания, озимая пшеница, мелкая мульчирующая обработка, вспашка, предшественники, почва.

Введение

Содержание доступных растениям питательных веществ в почве является одним из главных показателей ее плодородия и важным условием, определяющим величину урожая. Среди питательных веществ, необходимых для жизни растений, наибольшее значение имеют азот, фосфор и калий

Д.Н. Прянишников писал, что главным условием, определяющим среднюю высоту урожая в разные эпохи, была степень обеспеченности сельскохозяйственных культур азотом. Азот, входит в состав всех нуклеиновых кислот, хлорофилла и других органических соединений и участвует в процессах обмена веществ, протекающих в растительном организме и фотосинтезе.

Фосфор играет особую роль в процессе обмена веществ, и, прежде всего, в процессах фотосинтеза и дыхания, служит регулятором энергетического баланса, основой передачи наследственных свойств.

Калий способствует передвижению углеводов и обводнению растительных коллоидов, устойчивости биокolloидов клетки, обмену веществ, поступлению воды в клетки, повышению осмотического давления, снижению процесса испарения.

Обработка почвы является одним из основных факторов мобилизации питательных элементов в почве. По вопросу влияния способа основной обработки почвы на ее питательный режим в литературе нет единого мнения. По одним данным замена вспашки на бесплужную обработку увеличивает запасы подвижного фосфора и калия в пахотном слое и незначительно снижает содержание нитратного азота [1].

По данным А.А. Зверева, Е.М. Калинского на фоне увеличения содержания фосфора и калия при бесплужной обработке количество нитратного азота сокращалось значительно (на 30%) [2].

Снижение содержания нитратного азота на бесплужных обработках отмечали в своих исследованиях В.А. Федоров и В.А. Воронцов, В.А. Федотов и другие [3, 4].

Ряд исследователей установили, что содержание подвижных форм питательных элементов при вспашке и плоскорезной обработке на одинаковую глубину изменялось незначительно [5, 6].

Во многих исследованиях отмечается улучшение обеспеченности растений доступными формами элементов питания по безотвальным обработкам в сравнение со вспашкой [7, 8].

По данным Черкасова Г.Н. и других исследователей при минимизации основной обработки почвы происходит уплотнение и дифференциация пахотного слоя по агрохимическим показателям. При нулевой и поверхностной обработках по сравнению с отвальной вспашкой в слое 0–10 см содержание питательных веществ увеличивается, а в слое 10–20 см – значительно снижается [9].



Озимая пшеница очень требовательна и к предшественникам. От них зависит наличие влаги и питательных веществ в почве ко времени ее сева, дружность появления и развитие всходов, фитосанитарное состояние посевов, урожайность и, что очень важно – качество зерна [10].

В занятых парах успешно проходят микробиологические и физико-химические процессы, связанные с образованием доступных растениям форм питательных веществ. Количество элементов питания в почве по различным предшественникам, накопившееся к моменту весеннего возобновления вегетации, хорошо отражает качество предшественника [11].

Таким образом, вопрос влияния приемов основной обработки и предшественников на комплекс наиболее важных для роста и развития озимой пшеницы свойств почвы актуален и требует дальнейшего изучения.

Объекты и методы исследования

Для определения влияния различных приемов основной обработки почвы и предшественников на питательный режим почвы, засоренность и продуктивность зерновых культур на опытном поле кафедры почвоведения, агрохимии и земледелия Курской государственной сельскохозяйственной академии имени профессора И.И. Иванова в 2010-2012 годах был заложен полевой опыт.

Почва опытного участка темно-серая лесная слабоподзоленная, среднесуглинистого гранулометрического состава с пылевато-комковатой структурой, с содержанием гумуса 2.43%, рН солевой вытяжки 4.75, содержание подвижного фосфора и обменного калия соответственно 16.2 и 10.5 мг/кг почвы, степень насыщенности основаниями около 64–75%

Одной из задач исследования было изучение содержания основных элементов питания почвы под посевами зерновых культур в зависимости от приемов обработки и предшественников.

В ходе исследований проводили анализ почвенных образцов, взятых в трехкратной повторности из слоев 0–20 и 20–40 см, на содержание подвижных форм азота, фосфора и калия перед посевом и после уборки культуры:

- азот легкогидролизуемый по Корнфилду;
- фосфор подвижный по Чирикову, в модификации ЦИНАО;
- калий обменный по Чирикову, в модификации ЦИНАО.

Анализ проводили в специализированной межфакультетской лаборатории КГСХА.

Схема опыта.

Опыт двухфакторный по схеме $2 \times 5 \times 3$. Опыт включал две градации фактора А (способы основной обработки почвы) и две градации фактора В (предшественники).

Фактор А – способы основной обработки почвы: 1. вспашка на глубину 20–22 см; 2. мелкая мульчирующая обработка на 10–12 см.

Фактор В – предшественники: 1. озимая пшеница (предшественник вико-овсяный занятый пар); 2. озимая пшеница (предшественник клеверный занятый пар).

Размещение делянок в опыте было систематическое, повторность трехкратная. Размер посевной делянки $11.0 \times 17.0 = 187 \text{ м}^2$; учетная $5.0 \times 13.7 = 68.5 \text{ м}^2$.

На формирование 1 т зерна и соответствующее количество соломы растения пшеницы потребляют 34.0 кг азота, 12.0 кг фосфора, 25.0 кг калия [8].

Необходимо отметить, что большинство питательных веществ при всех способах обработки почвы содержалось в слое 0–20 см. Именно в этом слое происходит основное накопление растительных остатков.

Результаты и их обсуждения

На период посева содержание легкогидролизуемого азота в почвенных образцах при безотвальных способах обработки было несколько ниже, чем по вспашке.

В слое 0–20 см разница составила: в посевах озимой пшеницы, высеянной после вико-овсяной смеси – 8.8 мг/кг; в посевах озимой пшеницы, высеянной после клевера – 7.0 мг/кг.

Кроме того, азот при вспашке более равномерно распределялся по профилю. Разница по содержанию доступных форм азота между слоями 0–20 и 20–40 см на варианте с мелкой мульчирующей обработкой почвы после вико-овсяной смеси составила 20.1 мг/кг, после клевера – 14.5 мг/кг.

Показатели содержания легкогидролизуемого азота в почве перед посевом озимой пшеницы отличались как в зависимости от способов основной обработки, так и в зависимости от предшественника. Разница в количестве легкогидролизуемого азота в почвенных образцах, отобранных на варианте 1 опыта (вспашка) и варианте 2 (мелкая мульчирующая обработка) по вико-овсяному занятому пару в среднем составила 26.3 мг/кг, или 9.4%.



Содержание легкогидролизуемого азота на варианте 3 (вспашка) по клеверному занятому пару на 15.0 мг/кг выше, чем на варианте 4 (мелкая мульчирующая обработка) по клеверному занятому пару, что составляет 5.0%.

Количество легкогидролизуемого азота по клеверному занятому пару в среднем на 76.3 мг/кг, или на 12.9% больше, чем на вариантах по вико-овсяному занятому пару.

Содержание подвижного фосфора в почве в начале вегетации как по вспашке, так и по мелкой мульчирующей обработке после вико-овсяной смеси было практически одинаково (разница между вариантами была незначительна – 0.1 мг/кг). Разница по содержанию фосфора между вариантами вспашка и мелкая мульчирующая обработка по клеверному занятому пару составила 1.4 мг/кг.

При сравнении влияния предшественников на содержание фосфора отмечается небольшая разница между вариантами 1 и 3. Она составила 1.0 мг/кг.

В период начала вегетации содержание обменного калия в почве опытного участка было выше по вспашке. Разница в среднем составила 4.2 мг/кг почвы.

Содержание калия на вариантах после клеверного занятого пара несколько выше, чем по вико-овсяной смеси. Разница составила 1,1 мг/кг.

По данным анализа почвенных образцов, отобранных перед уборкой зерна, отмечено существенное снижение основных элементов питания на всех вариантах опыта, что связано с величиной собранного урожая.

Среднее потребление азота по вспашке после вико-овсяного занятого пара составило 67.1 мг/кг; после клеверного занятого пара – 97.3 мг/кг; на вариантах с мелкой мульчирующей обработкой были получены следующие результаты: предшественник вико-овсяный занятый пар – 50.9 мг/кг; предшественник клеверный занятый пар – 87.0 мг/кг. Потребление азота на вариантах 3 и 4 (предшественник клеверный занятый пар) как по вспашке, так и по мелкой мульчирующей обработке значительно превышают этот показатель на вариантах 1 и 2 (предшественник вико-овсяный занятый пар).

Наибольший расход фосфора был также отмечен на вариантах 3 и 4 опыта. Количество потребленного фосфора составило 8.0 мг/кг.

Снижение количества обменного калия в почве перед уборкой зерна составило в среднем за годы исследования 13 мг/кг. Больше потребление калия отмечено на вариантах 1 и 3 опыта (вспашка по разным предшественникам).

Результаты наблюдения за динамикой содержания доступных форм питательных элементов в почве опытного участка представлены в табл.

Таблица

Содержание доступных форм элементов питания в почве перед посевом и перед уборкой озимой пшеницы, мг/кг

Способ основной обработки почвы	Слой почвы, см	перед посевом			перед уборкой		
		Азот легкогидролизуемый	P ₂ O ₅	K ₂ O	Азот легкогидролизуемый	P ₂ O ₅	K ₂ O
Озимая пшеница (предшественник вико-овсяный занятый пар)							
1. Вспашка на 20–22 см	0–20	140.0	17.8	16.4	103.6	13.7	9.8
	20–40	128.0	17.2	15.8	95.2	14.5	8.2
	0–40	268.0	35.0	33.2	198.8	28.2	18.0
2. Мелкая мульчирующая на 10–12 см	0–20	131.2	18.1	14.6	98.0	15.0	7.5
	20–40	111.1	16.8	14.3	93.4	12.8	10.1
	0–40	242.3	34.9	28.9	191.4	27.8	17.6
НСР ₀₅		3.5	1.3	1.0	4.6	1.1	0.9
Озимая пшеница (предшественник клеверный занятый пар)							
3. Вспашка на 20–22 см	0–20	157.0	18.0	17.3	103.0	14.0	10.0
	20–40	143.5	18.0	16.7	100.2	14.4	9.9
	0–40	300.5	36.0	34.0	203.2	28.4	19.9
4. Мелкая мульчирующая на 10–12 см	0–20	150.0	17.6	15.3	101.4	13.5	9.9
	20–40	135.5	17.1	14.9	97.1	13.0	9.2
	0–40	285.5	34.6	30.2	198.5	26.5	19.1
НСР ₀₅		2.6	1.6	1.1	3.3	1.4	0.8

Заключение

Озимая пшеница – культура высоко требовательная к плодородию и питательному режиму почв Основными факторами, обеспечивающими эти условия, являются предшественники и основная обработка почвы.



Содержание элементов питания до посева культуры в слое почвы 0–20 см, в котором располагается основная масса корней озимой пшеницы, зависело как от приемов обработки, так и от предшественника.

Разница между вариантами вспашка на 20–22 см и мелкая мульчирующая обработка на 10–12 см по вико-овсяному занятому пару по содержанию азота составила 8.8 мг/кг, или 6.3%; количество калия было ниже на 1.8 мг/кг, или на 10.9%. Разница по содержанию фосфора была незначительна.

Та же тенденция отмечалась и на вариантах вспашка на 20–22 см и мелкая мульчирующая обработка на 10–12 см по клеверному занятому пару. Содержание элементов питания на варианте 3 (вспашка) было несколько выше, чем на варианте 4 (мелкая мульчирующая обработка). Разность составила: азота – 7.0 мг/кг; калия – 2.0 мг/кг. Разница по содержанию фосфора также была незначительна.

При сравнении влияния предшественников на содержание элементов питания были сделаны следующие выводы:

– наибольшее количество азота было отмечено на вариантах 3 и 4 (клеверный занятый пар) как по вспашке, так и по мелкой мульчирующей обработке; разница в среднем составила 19 мг/кг;

– разница по содержанию фосфора и калия была небольшой и составила в среднем 0.3 мг/кг и 0.8 мг/кг соответственно

Максимальное содержание элементов питания в слое почвы 0–40 перед посевом озимой пшеницы и их расход за весь период вегетации культуры соответствуют варианту опыта 3 – вспашка на 20–22 см по предшественнику клеверный занятый пар. Урожай зерна, полученный на этом варианте опыта, составил в среднем за три года исследований 4.3 т/га.

Список литературы

1. Шикун Н.К. Земледелие без плуга // Земледелие. – 1983. – №11. – С. 51–57.
2. Зверев А.А., Калининский Е.М. Продуктивность культур, качество урожая и баланс питательных элементов в севообороте при разных системах удобрений на темно-серой лесной почве // Главный агроном. – 2007. – №5. – С. 10.
3. Федоров В.А., Воронцов В.А. Плуг – плоскорез – чизель // Земледелие. – 1995. – №4. – С. 39–40.
4. Растениеводство Центрально-Черноземного региона / В.А. Федотов, В.В. Коломейченко, Г.В. Корнев и др.; Под ред. В.А. Федотова, В.В. Коломейченко. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 1998. – 464 с.
5. Борин А.А., Блинов А.М., Ветчинина Е.М. Технология обработки почвы в севообороте // Земледелие. – 1994. – №2. – С. 16–17.
6. Пыхтин И.Г., Шутов Е.В. Систематические отвальные и безотвальные обработки в севообороте и бесменных посевах // Земледелие. – 2004. – №3. – С.18–19.
7. Гринько Н.И., Фетюхин И.В. Способы обработки почвы и урожай // Сахарная свекла. – 1997. – №6. – С. 15–16.
8. Беседин Н.В. Ресурсосберегающая обработка почвы при возделывании зерновых культур в севооборотах Центрального Черноземья: Автореф. дис... д-ра. с.-х. наук. – Курск, 2005. – 18 с.
9. Плодородие чернозема типичного при минимализации основной обработки / Г.Н. Черкасов, Е.В. Дубовик, Д.В. Дубовик, С.И. Казанцев // Земледелие. – 2012. – №4. – С. 23–25.
10. Мельник А.Ф., Кондрашин Б.С., Митюшкин Н.И. Влияние предшественников на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // Вестник ОрелГАУ. – 2009. – №4. – С. 27–30.
11. Долгополова Н.В. Сидеральные пары как предшественники озимой пшеницы: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. – Курск, 2006. – 18 с.

THE INFLUENCE OF SEEDED FALLOW KINDS AND TECHNIQUES OF BASIC PROCESSING ON THE CONTENT OF EASY HYDROLYSABLE NITROGEN, MOBILE PHOSPHORUS AND POTASSIUM ON DARK-GRAY FOREST SOILS

I.A. Sokolova¹,
N.V. Dolgoplova²

¹ *Kursk State University, 33 Radishev St, Kursk, 305000, Russia*

² *Professor I.I. Ivanov Kursk State Agricultural Academy, 70 Karl Marx St, Kursk, 305021, Russia*

E-mail: bhbyfc46@mail.ru; dunaj-natalya@yandex.ru

The article presents the research results of the main nutrient content of the soil under the winter wheat, concerning the ways of cultivation and after different predecessors on dark-grey forest soils of Central Black Soil Region.

Key words: nutrition elements, winter wheat, fine mulch treatment, plowing, predecessor, soil.



УДК 631.445.4:631.41(477.83+477.82)

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛИНИСТОГО ПРОФИЛЯ АГРОЧЕРНОЗЕМОВ ЗАПАДНО-УКРАИНСКОГО КРАЯ

И.Я. Папиш

Львовский национальный
университет имени Ивана Франко,
Украина, 79000, г. Львов,
ул. П. Дорошенко, 41

E-mail: igorpapish@gmail.com

Показаны типологические и географические особенности формирования глинистого профиля агрочерноземов типичных и оподзоленных разных природных районов Западно-Украинского края. Выявлены изменения в смектит-иллитовой и гидрослюдистой составных глинистой фракции агрочерноземов, приведшие к формированию дифференцированного за составом глинистого профиля почв. Диагностирован процесс иллитизации гумусовой части почв вследствие элювиирования высокодисперсного смектита и относительного накопления гидрослюды. В формировании дифференцированного за глиной профиля наиболее активное участие принимают процессы выщелачивания, внутрипочвенного выветривания, элювиально-иллимеризационный (лессиваж) процесс, отчасти элювиально-глеевый процесс. Установлены типологические закономерности формирования разного за степенью зрелости силикатного профиля почв.

Ключевые слова: почва, агрочернозем, лессиваж, глинистые минералы, смектит, иллит, каолинит.

Введение

Черноземные почвы Западного региона Украины, за исключением, разве что незначительных массивов оподзоленных черноземов лесистых местностей Западного Подолья и Предкарпатья, почти целиком вовлечены в интенсивное хозяйственное использование и длительное время функционируют в режиме культурного почвообразовательного процесса, приобретая при этом выразительные черты и свойства агрочерноземов.

Результатом нескольких этапов корректирования материалов крупномасштабных почвенных исследований сельскохозяйственных земель Украины (1957–1995 гг.) является достаточно хорошая изученность географии агрочерноземов, их морфологических, общих физических и физико-химических свойств. Исследования химико-минералогического состава агрочерноземов Западно-Украинского края, в частности их илистой фракции, до сих пор носят фрагментарный характер и не покрывают своими данными все разнообразие черноземных почв региона. Такое состояние дел не является следствием отсутствия внимания исследователей к этой научной проблематике, а в большей части, отстранением государства от необходимости фундаментальных почвенных исследований, высокой стоимостью сложных аналитических работ, а часто, отсутствием самой материальной базы для их проведения. В совокупности, они определили тенденцию к поверхностным почвенным исследованиям, основное внимание при которых сосредоточено на изучении географии почв, отдельных позиций их гумусового состояния, морфологических и динамических свойств.

В последние годы наметились позитивные тенденции к фундаментальным почвенным исследованиям, в частности, изучению вещественного состава разных типов почв с целью научного анализа процессов и энергетики почвообразования, геохимии почв и почво-грунтов [1, 2]. Под влиянием земледелия в староосвоенных районах часто происходят изменения элементарных почвообразовательных процессов эволюционного порядка. Под влиянием длительного агрогенеза степных почв наблюдается более интенсивное внутрипочвенное выветривание полевых шпатов, а под влиянием агрогенной гумидизации отмечен рост содержания минералов монтмориллонитовой группы, что способствовало процессу оглинивания [3]. Однако объем такого изучения стали в основном агрочерноземы восточных почвенных провинций лесостепной и степной зон Украины. Данное сообщение в определенной степени дополняет эти исследования и восполняет сложившийся информационный перекоп в области фундаментальных исследований черноземных почв Украины.

Согласно последнему физико-географическому районированию Украины в пределах Волынской и Подольской возвышенностей, западнее выходов на дневную поверхность элювия гранитов Украинского кристаллического фундамента, выделяется Западно-Украинский физико-географический край [4]. В его пределах находятся две физико-географические области: широколиственно-лесная область с высотнo-упорядоченными сочетаниями серых лесных почв



и черноземов оподзоленных (Волынская и холмисто-возвышенная западная часть Подолья); лесостепная область оподзоленных почв и агрочерноземов типичных (равнинная часть Подольской возвышенности). В границах прежнего районирования эта территория приходится на Западно-Украинскую (Прикарпатскую) провинцию лесостепной зоны Украины [5].

Чернозем как почвенный тип имеет простой морфолого-генетический профиль, сформировавшийся под влиянием сложных, по своей природе, групп почвенных процессов и явлений: синтеза, трансформации, перемещения и аккумуляции минерального и органического вещества почвы. Они, в свою очередь, определяют комплекс почвенных свойств и функций, важных с генетической, экологической и прикладной точек зрения (тип и строение профиля, характер структурообразования, физические и физико-химические свойства, противоэрозионную устойчивость). С целью научного анализа профиль агрочерноземов рационально рассматривать как солум, комплект элементарных почвенных профилей, важной составной которого является минеральный (химический, минералогический, гранулометрический, солевой, карбонатный) и органический (гумусовый) профиль. Каждый из них формируется в тесном взаимодействии друг с другом, набирая при этом характерных для черноземов черт вертикального распределения почвенного вещества.

Гумусовый профиль является исключительным продуктом почвообразования, хотя его свойства, в определенной степени, зависят от состава минеральной части почв. Химико-минералогический и гранулометрический профиль в большей мере унаследованы от почвообразовательной породы. Данное утверждение абсолютно справедливо и в отношении глинистой составной агрочерноземов, однако, только в части вещественного состава и соотношения основных минеральных фаз [6, 7]. Характер профильного распределения разных минеральных фаз глинистого материала агрочерноземов определяется типом и условиями почвообразования [8–10].

Биоклиматические условия Западно-Украинского края, высокая внекапиллярная пористость, отсутствие карбонатов в верхней части профиля, стимулируют развитие процессов вертикального перераспределения разных групп глинистых минералов и формирование дифференцированного за илом и минералогическим составом минерального профиля агрочерноземов.

Объекты и методы исследования

География черноземов Западно-Украинского края имеет важную геоморфологическую и палеогеографическую предрасположенность. Для химико-минералогических исследований выбраны агрочерноземы оподзоленные и типичные, сформировавшиеся на лессовидных суглинках в разных частях единой почвенно-геоморфологической области Подольской возвышенности, южная часть которой заходит на правобережье Днестра в район Прут-Днестровского междуречья (Предкарпатье). Основные ареалы агрочерноземов типичных сосредоточены в центральной и приднестровской равнинной ее части. В то время как агрочерноземы оподзоленные приурочены к холмистым местностям западной части Подольской возвышенности и Предкарпатье.

Агрочерноземы типичные представлены глубинно-глееватой глубокой малогумусной среднесуглинистой (Верхнебугская возвышенность, разрез 36) и тяжелосуглинистой (Приднестровская возвышенность, разрез 171) почвами на лессовидных суглинках Южнорусской лессовой провинции [11]. Агрочерноземы оподзоленные представлены глееватой среднесуглинистой (Прут-Днестровская возвышенность, разрез 91) и легкосуглинистой (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61) почвами на лессовидных суглинках, соответственно, Южно- и Среднерусской лессовой провинций [11]. Почвенные разрезы заложены на одновысотных водораздельных плато.

Подготовка почвенных образцов к химико-минералогическому анализу и отмучивание илистой фракции (размер частиц < 1 мкм) агрочерноземов выполнены на кафедре почвоведения и географии почв Львовского национального университета имени Ивана Франко по методике М.И. Горбунова [12]. Валовой химический анализ илистой фракции, выполнен в химической лаборатории Института геологии и геохимии горючих полезных ископаемых НАН Украины. Рентгеносъемка образцов исследуемых почв проводилась в лаборатории минералогии почв Ягеллонского университета (Краков, Польша).

Ориентированные препараты получены путем седиментации фракции на покровные стекла. Рентгеносъемка проведена на дифрактометре PHILIPS X'Pert APD (с генератором PW 1870 и вертикальным гониметром PW 3020). Использовано $\text{CuK}\alpha$ -излучение. Анализы выполнены (получены небазальные отражения-рефлексы) в области углов 2° – 52° 2θ со скоростью $0.02^\circ/\text{с}$. Анализы проводились при нарастающем напряжении 40 кВ и силе напряжения 30 мА. Ориентированные препараты поданы анализу в воздушно-сухих условиях (Na air) и после насыщения парами этиленгликоля (EG-sat). Графический анализ дифрактограм проведен с ис-

пользованием программного обеспечения фирмы Philips, а также программы Clay Lab. Огромную помощь в определении количественного состава разных минеральных фаз глинистого материала оказала профессор Н.П. Чижикова (Почвенный Институт им. В. В. Докучаева, г. Москва).

Результаты и их обсуждение

Минералогический состав лессов, лессовидных суглинков и черноземов, особенно их тонкодисперсных фракций, давно интересует геологов, геоморфологов и почвоведов. Такая заинтересованность подпитывается двумя важными научными проблемами в области четвертичной геологии и палеопедологии, которые до конца не нашли своего конечного научного решения: надеждами получить однозначный ответ по поводу генезиса этих широко распространенных в мире четвертичных отложений и почв; установить характер их изменений под влиянием процессов почвообразования, как в современных условиях, так и в древних, зафиксированных в палеопочвах.

Обобщения по минералогическому составу лессов, опубликованные в 1976 году Б.П. Градусовым и Н.П. Чижиковой, позволяют определить наличие в этих отложениях одной и той же ассоциации глинистых минералов: диоктаэдрические гидрослюды полиморфной модификации 1Md, часто со слабыми признаками 2Md; неупорядоченные, с большими блоками пакетов смектитового или слюдистого типа, смешанослойные образования, триоктаэдрические хлориты, каолиниты, кварц и полевые шпаты [13].

Качественный состав фракции меньше 1 мкм в лессах с разных палеогеографических областей очень близок между собой [14]. Основой фракции являются слюда-смектитовые смешанослойные образования и диоктаэдрические, с повышенным содержанием железа, гидрослюды. Средний состав глинистого материала лессов следующий: гидрослюда (50–60%), смектитовый компонент (30–40%), каолинит (0–10%) и хлорит (0–10%). Глинистый материал лессов разных областей имеет отличительные черты, которые, преимущественно касаются количественных соотношений разных минеральных фаз, соотношения числа пакетов в смешанослойных слюда-смектитовых образованиях, а также структурного состояния минералов. Материалы наших исследований подтверждают данные выводы.

Агрочерноземам Западно-Украинского края свойственны в разной степени дифференцированный за илом профиль. Более всего он выражен в агрочерноземах оподзоленных (показатель общей дифференциации профиля S составляет 1.27), с тенденцией к увеличению до 2.0 и более, в почвах с сильным профильным оглеением. Коэффициент накопления ила в них наивысший в средней части профиля (коэффициенты 1.35) [15]. В агрочерноземах типичных Волынской и Подольской возвышенностей эти показатели заметно ниже ($S=0.75-0.97$, коэффициент оглинения 1.08–1.12) и с более равномерным накоплением ила в гумусовом горизонте [16].

Профиль распределения илистой фракции имеет тесную коррелятивную зависимость от условий увлажнения почв. В юго-восточном направлении он изменяется с элювиально-иллювиального (Авратинская и Верхнебугская возвышенность) к слабоаккумулятивному (Приднестровское Подолье). В условиях влажной лесостепи эти изменения строго закономерны [17]. Основная задача наших исследований состоит в том, чтобы, изучив химико-минералогический состав тонкодисперсной части исследуемых агрочерноземов, определить характер таких изменений в процессе почвообразования, их типологические особенности, выявить пространственные закономерности формирования глинистого профиля исследуемых почв.

В гранулометрическом составе исследуемых агрочерноземов доминирует крупнопылевая фракция (частицы размером 0.05–0.01 мм). Относительно равномерное распределение по профилю крупных фракций гранулометрических элементов (размером > 0.01 мм) свидетельствует в пользу однородности его литологического строения и возможности применения сравнительно-профильного метода при исследовании силикатной части данных агрочерноземов (табл. 1).

Содержание илистой фракции агрочерноземов колеблется в значительных пределах (5.2–29.2%) и определяется зональными и региональными условиями лесонакопления и почвообразования. В пределах Подольской возвышенности утяжеление гранулометрического состава агрочерноземов происходит в южном и юго-восточном направлениях. В Предкарпатье литологическая зональность нарушается вследствие наличия террасовой фации лесов более легкого гранулометрического состава. Если абсолютные соотношения разных фракций гранулометрических элементов агрочерноземов предreshены условиями седиментации почвообразующей породой, то профильное распределение тонкодисперсной илистой фракции является результатом исключительно современного почвообразования.



Таблица 1

**Содержание гумуса, карбонатов и гранулометрический состав агрочерноземов
Западно-Украинского края**

Глубина отбора образцов, см	Гумус, %	CaCO ₃ , %	Размер частиц в мм, количество в %						
			1–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001	<0.01
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-среднесуглинистый (Верхнебугская возвышенность, разрез 36)									
0–20	4.8	0.0	0.0	10.2	47.0	10.8	11.2	20.8	42.8
40–50	4.2	0.0	0.0	10.8	48.8	13.2	9.2	18.0	40.4
70–80	3.4	4.1	0.0	10.0	47.6	11.2	13.6	17.6	42.4
120–130	1.6	13.2	0.0	13.2	46.4	9.6	10.0	20.8	40.4
190–200	0.7	10.7	0.0	12.5	47.0	10.2	13.3	17.0	40.5
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-тяжелосуглинистый (Приднестровская возвышенность, разрез 171)									
0–20	4.8	0.0	0.0	4.8	46.8	9.2	10.4	28.8	48.4
40–50	4.5	0.0	0.0	7.2	39.6	12.8	10.8	29.6	53.2
70–80	3.0	1.8	0.4	4.0	45.2	8.8	12.4	29.2	50.4
120–130	2.0	4.0	0.0	5.6	43.6	10.0	14.0	26.8	50.8
190–200	0.7	4.7	0.0	4.8	40.8	13.2	17.6	23.6	54.4
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-среднесуглинистый, подстеленный с глубины 180 см тонкопещаным аллювием плиоценовой террасы р. Прут (Прут-Днестровская возвышенность, разрез 91)									
0–20	3.3	0.0	1.2	12.4	44.4	11.2	8.8	22.0	42.0
30–40	2.7	0.0	1.2	12.0	43.2	8.4	12.4	22.8	43.6
60–70	1.5	0.0	1.5	20.5	31.6	10.0	12.0	24.4	46.4
100–110	0.7	0.0	2.3	24.1	30.0	6.8	8.0	28.8	43.6
170–180	0.5	2.0	8.0	36.4	21.6	4.4	8.4	21.2	34.0
190–200	-	0.0	22.5	59.9	7.2	2.0	1.2	7.2	10.4
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-легкосуглинистый (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61)									
0–18	4.2	0.0	0.0	10.0	60.8	14.4	9.6	5.2	29.2
30–40	3.4	0.0	0.0	10.0	60.8	12.8	9.2	7.2	29.2
60–70	1.6	0.0	0.0	12.8	60.4	7.6	1.4	8.8	26.8
100–110	0.3	0.0	0.0	12.0	60.0	4.8	5.2	18.0	28.0
190–200	0.3	0.0	0.0	7.2	60.8	10.4	5.6	16.0	32.0

Относительно контрастные условия формирования черноземных почв в пределах Западно-Украинского края обусловили разные направления в эволюции их глинистого профиля. Водный режим агрочерноземов оподзоленных Предкарпатья формируется при спорадически глубоком проникновении влаги атмосферных осадков в условиях частой литологической неоднородности четвертичных отложений. Это обстоятельство приводит к повышению уровня грунтовых вод, возникновению устойчивой верховодки и, как следствие – профильному оглеению почв и почвообразующих пород.

В агрочерноземах типичных профиль распределения илистой фракции изменяется от равномерного, на севере Подольской возвышенности, до аккумулятивного типа, на южных ее отрогах. В оподзоленных агрочерноземах характер этих изменений зависит от степени оглеения профиля и изменяется от элювиального на западе, до элювиально-иллювиального на востоке (см. табл. 1).

Минералогический состав илистой фракции, выделенной из исследованных агрочерноземов, в пределах профиля не однороден (табл. 2).

Резко выделяется верхняя часть профиля по высокому содержанию кластогенных минералов, таких как кварц, калиевые полевые шпаты, натриевый плагиоклаз, микроклин, роговая обманка. В валовом химическом составе илистой фракции также отмечается несвойственное агрочерноземам более восточных фаций высокое содержание оксида кремния (56.36–76.39%), подтверждающее рентгенографически зафиксированное большое количество кластогенных минералов. Наличие натриевых плагиоклазов доказывается высоким количеством оксида натрия (0.21–0.68%) (табл. 3).



Таблица 2
Минералогический состав фракции < 1 мкм, выделенной из агрочерноземов Западно-Украинского края

Глубина отбора образцов, см	Содержание фракции <1 мкм, %	Распределение слоистых силикатов, %			Распределение каркасных силикатов*		
		Смешанослойные образования слюда-сметит	Гидро-слюда	Каолинит+Хлорит	Кварц	К-полевые шпаты	Плагиоклазы
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-среднесуглинистый (Верхнебугская возвышенность, разрез 36)							
0-20	20.8	33	52	15	+++	++	+++
40-50	18.0	45	45	10	++	++	++
70-80	17.6	53	39	8	+	+	+
120-130	20.8	54	42	4	+	+	+
190-200	17.0	63	33	4	+	+	+
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-тяжелосуглинистый (Приднестровская возвышенность, разрез 171)							
0-20	28.8	46	46	7	++	++	+
40-50	29.6	53	42	5	+	нет	нет
70-80	29.2	56	40	4	+	нет	нет
120-130	26.8	60	37	3	+	нет	нет
190-200	23.8	74	23	3	+	++	+
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-среднесуглинистый, подстеленный с глубины 180 см тонкопесчаным аллювием плиоценовой террасы р. Прут (Прут-Днестровская возвышенность, разрез 91)							
0-20	22.0	48	49	3	++	+	+
30-40	22.8	44	50	6	+	нет	нет
60-70	24.4	46	47	8	+	нет	нет
100-110	20.8	66	30	4	+	нет	нет
170-180	21.2	76	22	2	нет	нет	нет
190-200	7.2	68	30	2	нет	нет	нет
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-легкосуглинистый (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61)							
0-18	5.2	43	46	11	+++	++	+
30-40	7.2	36	51	13	++	+	нет
60-70	8.8	40	48	12	+	нет	нет
120-130	18.0	54	39	7	нет	нет	нет
190-200	16.0	51	43	7	++	+	+

*Содержание каркасных силикатов: + – очень низкое, ++ – низкое, +++ – заметное.

Таблица 3
Валовой химический состав фракции < 1 мкм, выделенной из агрочерноземов Западно-Украинского края

Глубина отбора образцов, см	Гигроскопическая влажность, %	Потери при прокаливании, %	% на прокаленную навеску									SiO ₂ / R ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	S O ₃			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-среднесуглинистый (Верхнебугская возвышенность, разрез 36)														
0-20	5.07	10.52	73.64	13.10	6.72	1.82	1.30	1.84	0.68	0.26	0.27	7.20	9.56	29.22
40-50	7.97	12.35	65.95	18.57	9.49	0.88	1.38	2.23	0.51	0.39	0.38	4.55	6.04	18.53
70-80	5.43	8.05	76.39	12.40	6.45	0.32	1.23	1.50	0.51	0.30	0.14	7.86	10.47	31.58
120-	9.16	11.05	60.51	22.52	11.49	0.18	0.69	2.70	0.25	0.40	0.38	3.45	4.57	14.04
190-	9.06	7.91	58.29	23.23	11.43	0.42	1.40	2.34	0.26	0.25	0.35	3.25	4.27	13.60



Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-тяжелосуглинистый (Приднестровская возвышенность, разрез 171)														
0–20	10.21	11.80	59.06	23.76	10.68	0.36	2.44	2.63	0.28	0.36	0.21	3.28	4.23	14.75
40–50	10.39	11.62	58.42	23.93	10.82	0.36	2.38	2.80	0.23	0.35	0.05	3.22	4.15	14.40
70–80	9.61	10.50	58.05	23.33	11.22	0.33	2.38	2.74	0.30	0.36	0.28	3.24	4.23	13.80
120–130	9.56	8.92	59.32	23.04	11.15	0.17	2.70	2.48	0.25	0.31	0.05	3.34	4.38	14.19
190–200	9.83	8.16	59.74	22.89	10.78	0.17	2.23	2.29	0.23	0.21	0.10	3.41	4.44	14.78
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-среднесуглинистый, подстеленный с глубины 180 см тонкопещаным аллювием плиоценовой террасы р. Прут (Прут-Днестровская возвышенность, разрез 91)														
0–20	8.36	13.57	58.20	23.12	11.98	0.18	2.20	3.13	0.28	0.47	сл.	3.25	4.22	13.09
30–40	8.62	13.21	57.85	24.05	11.54	0.26	2.30	3.03	0.29	0.41	0.09	3.13	4.09	13.37
60–70	8.61	12.07	58.98	23.93	11.47	0.26	2.40	2.08	0.21	0.32	0.19	3.21	4.19	13.71
100–110	9.33	8.57	58.09	23.67	11.81	0.34	2.31	2.56	0.28	0.19	0.18	3.17	4.17	13.20
170–180	8.96	8.39	58.46	22.38	11.30	0.24	2.66	2.70	0.29	0.22	0.07	3.36	4.44	13.80
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-легкосуглинистый (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61)														
0–18	9.09	20.98	56.83	23.91	11.14	0.66	1.10	3.38	0/27	1.21	0.26	3.12	4.04	13.60
30–40	8.58	20.55	57.01	23.45	11.41	0.63	0.76	3.85	0.35	1.16	0.17	3.15	4.13	13.32
60–70	7.47	14.17	56.36	23.08	12.81	0.43	1.31	3.56	0.27	0.74	0.26	3.07	4.15	11.73
100–110	8.50	9.00	56.27	23.31	13.33	0.53	1.22	3.10	0.25	0.55	0.29	3.01	4.10	11.26
190–200	7.94	8.04	57.28	22.24	12.36	0.57	1.37	4.13	0.29	0.39	0.17	3.23	4.38	12.34

Слоистые силикаты агрочерноземов на 30–51% представлены гидрослюдой. Соотношение рефлексов от (002), (001) и (003) свидетельствует о три- диоктаэдрическом характере минерала [6]. Однако, в агрочерноземах типичных преобладают триоктаэдрические разности, а в оподзоленных (особенно сильно оглеенных) – преимущественно диоктаэдрические. Для всех без исключения агрочерноземов характерно увеличение содержания гидрослюд вверх по профилю, причем, приблизительно в одинаковых количествах. Подтверждение этому повышенное содержание в иле Al_2O_3 и K_2O . Таким образом, вертикальный профиль распределения гидрослюдистых минералов выразительно аккумулятивного типа.

В илистой фракции агрочерноземов содержится 33–76% неупорядоченных смешанослойных слюда-сметитовых образований с высоким (>50%) содержанием сметитовых пакетов и подвижной решеткой переменного избыточного заряда. По мнению В.Е. Алексеева, высокозарядная сметитовая фаза генетически связана со слюдами и может существовать в почве и вне смешанослойного иллит-сметита. В то время как низкозарядный сметитовый компонент близок по структурным свойствам к бейделлиту, нонтрониту, сапониту и собственно монтмориллониту [18].

Содержание набухающих глинистых минералов во всех исследованных агрочерноземах увеличивается вглубь по профилю, формируя элювиальный тип распределения данного глинистого вещества. Особенно выразительная инверсия в профильном распределении значений d_{001} интегрального отражения от 10–16 Å комплекса глинистых образований характерна для агрочерноземов оподзоленных верхних плиоценовых террас р. Прут (разрез 91). Она указывает на присутствие среди набухающих минералов образования, чутко реагирующего на изменения pH среды. Таковым является низкозарядный индивидуальный сметит. Такое распределение сметитовой фазы действительно подтверждает разногенетичность образований плиоценовых террас р. Прут. Это закономерно, поскольку аллювиальные отложения крупных рек Восточно-Европейской равнины содержат высокое количество сметитовой фазы, намного выше, чем в отложениях четвертичного возраста окружающих территорий [19].

Несовершенный по структуре каолинит в сумме с хлоритом в гумусовом горизонте составляет 5–15%, уменьшаясь с глубиной до 2–7% (см. табл. 2). Если не учитывать существенную разницу в содержании данных минералов и гидрослюд, то профиль их вертикального распределения синхронный. Присутствие каолинита в агрочерноземах следует связывать с условиями образования и седиментации пород лессовой формации, при территориальной близости элювия гранитов Украинского кристаллического фундамента. Его относительное накопление в

верхних горизонтах возможно за счет элювирования более дисперсных слюда-сметитовых образований в постседиментационный период.

Вертикальный профиль распределения ила в исследованных агрочерноземах указывает на наличие в них рассредоточенного оглинивания. В типичных агрочерноземах оглинивание захватывает верхнюю гумусовую часть профиля, тогда как в оподзоленных – среднюю и нижнюю его части. Причем, в ряду генетически однородных агрочерноземов профиль оглинивания претерпевает определенные изменения, обусловленные почвообразованием. О наличии или отсутствии в агрочерноземах процесса оглинивания часто судят по данным содержания ила или ила и физической глины. Наши выводы сделаны как раз на этом основании. В почвенной литературе все чаще высказывается мнение об поверхностности таких суждений, если в расчетах не исключены содержание органического вещества и карбонатов. Только в этом случае можно четко разделить процессы накопления глинистых минералов в «чистом» виде (оглинивание) от явлений новообразования и накопления фракции < 1 мкм (илонакопление). Исследования В.Е. Алексеева по содержанию глинистой фракции (свободной от органического вещества и карбонатов) агрочерноземов Молдовы свидетельствуют о том, что в карбонатном и обычном агрочерноземах глина накапливается в верхних горизонтах, в типичном ее содержание по профилю существенно не изменяется, в выщелоченном и оподзоленном содержание глинистой фракции увеличивается с глубиной [18].

Если рассчитывать баланс глинистого вещества на минеральную бескарбонатную часть почвы, то процесс «оглинивания» типичных и оподзоленных агрочерноземов Западно-Украинского края еще более выразительный и контрастный. В обоих случаях он обусловлен не так внутрпочвенным выветриванием, сколько перемещением глинистой фракции вниз по профилю, особенно в сильно оглеенных родах агрочерноземов оподзоленных (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61). В подтверждение сказанному, наблюдается относительное увеличение высокодисперсного кварца в верхней, гумусовой части профиля всех исследуемых почв, что можно рассматривать как результат выноса части глинистого материала в нижние горизонты (см. табл. 2). Эти выводы подтверждаются также величинами молярных отношений $SiO_2 : Al_2O_3$ и $SiO_2 : Fe_2O_3$ (см. табл. 3).

Таким образом, в глинистом профиле агрочерноземов типичных и оподзоленных Западно-Украинского края больше общих, чем отличительных признаков. В тех и других наблюдается: 1) вертикальное перераспределение глинистого материала преимущественно за счет фракции < 0.02 мкм (сметит); 2) противоположный характер накопления крупных фракций глинистого материала (гидрослода и каолинит) и комплекса высокодисперсных набухающих слюда-сметитовых глинистых образований; 3) относительное увеличение содержания высокодисперсного кварца в верхнем горизонте почв.

Несмотря на это, исследуемым агрочерноземам свойственны типологические и географические различия в характере соотношения некоторых минеральных фаз глинистого материала. Они вызваны современным почвообразовательным процессом в эдафических условиях влажной Лесостепи Украины, а не особенностями седиментации частиц и эоловым приносом материала на данную небольшую территорию. Трудно сказать на каком этапе формирования современного профиля агрочерноземов происходила активная минералогическая и механическая дифференциация глины. Учитывая палеогеографические особенности исследуемой территории, глинистый профиль агрочерноземов типичных и оподзоленных скорее всего характеризуется развивающимся типом, то есть формировался на протяжении всей своей истории с разной интенсивностью. Вопрос об унаследовании современного глинистого профиля агрочерноземов Западно-Украинского края от предыдущих этапов и фаз голоценового почвообразования из-за недостатка подтверждающего материала до сего времени остается открытым.

При количественном соотношении гидрослюдистой фазы минералогического состава к смешано-слоистым слюда-сметитовым образованиям отмечается явление «иллитизации» верхней части гумусовых горизонтов исследуемых агрочерноземов. Это явление общеизвестно и не раз поднималось в почвенной литературе [7, 18, 20]. В. Е. Алексеев указывает на два возможных пути его возникновения [18]. Первый, чаще всего, происходит на орошаемых агрочерноземах и связан с синтезом иллита в результате необменной сорбции иона Калия в межслоевом пространстве набухающих глинистых минералов (адсорбционный путь) [9]. Второй, предполагает относительное накопление иллита после выноса части смектита в индивидуальной форме или смешано-слоистых образованиях (элювиально-иллимеризационный путь). Правомочность данных явлений в агрочерноземах степной зоны никем не оспаривается, однако, их роль в дифференциации глинистого профиля почв до сего времени носит дискуссионный характер [18, 20]. Не исключая возможности адсорбционного накопления иллита в почвах степной зоны вообще, В. Е. Алексеев аргументировано указывает на термодинамическую несостоятельность этого явления в элювиальных условиях влажной Лесостепи [18]. К тому же, в усло-



виях богарных земель, при отсутствии внесения нормированных доз калийных удобрений, наблюдаются низкие концентрации соединений Калия, которые в несколько раз меньше тех, при которых возможно явление иллитизации [8].

Дополнительным аргументом в пользу элювиально-иллимеризационного накопления гидрослюд в верхних горизонтах агрочерноземов Западно-Украинского края является тот факт, что с гумусового горизонта в основном выносятся тонкие коллоиды (частицы < 0.02 мкм), среднего размера коллоиды (частицы 0.2–0.02 мкм) имеют аккумулятивный тип распределения в профиле с накоплением в горизонте Н, а крупные коллоиды (частицы 1–0.2 мкм) распределены в профиле относительно равномерно [10, 20]. Следует подчеркнуть, что среди содержащихся в иллитовой фракции исследуемых почв глинистых минералов (за исключением каолинита), диоктаэдрические гидрослюды являются наиболее устойчивыми к выветриванию [18]. Они представлены более грубодисперсными частицами, чем например смектит, меньше подвержены иллимеризации и явно доминируют в гумусовом горизонте оподзоленных агрочерноземов, особенно их сильно оглеенных родов (разрез 61).

Высказанные выше заключения об элювиально-иллимеризационной природе гидрослюдистой фазы глинистого профиля почв выразительно подтверждается не только увеличением содержания K_2O , но и количественным соотношением гидрослюды к смешанослойным слюда-смектитовым образованиям в ряду: агрочерноземы типичные – агрочерноземы оподзоленные, а среди почв одного типа – от глубинно-глееватых к профилно оглеенным. Эти показатели одновременно отражают интенсивность и напряжение трансформационных изменений глинистой плазмы агрочерноземов [21]. Увеличение индекса интенсивности выветривания иллит-смектитового в заданной последовательности (от типичного к оподзоленному агрочерноземам) наилучшим образом согласуется с элювиально-иллимеризационным процессом относительного накопления гидрослюд, чем «адсорбционным», поскольку показывает на большую устойчивость гидрослюд по сравнению со смектитом к изменениям рН среды (табл. 4).

Обратная линейная связь между содержанием K_2O в иллитовой фракции и рН, оцениваемая как показатель современного почвообразования, также свидетельствует в пользу названной гипотезы [18, 20]. Наконец, разницу между верхними горизонтами и материнской породой в содержании K_2O в иле, составляющую в исследуемых агрочерноземах 0.11–0.84%, по мнению В.Е. Алексеева, нельзя полностью отнести за счет необменной фиксации Калия. Она есть следствием выветривания «первичного» иллита [18].

Таблица 4

Индекс интенсивности и напряженности выветривания иллит / смектитовой глинистой плазмы агрочерноземов Западно-Украинского края

Генетический горизонт, глубина отбора образцов, см	Содержание слоистых силикатов, %		Индекс интенсивности выветривания, иллит-смектитовый	Индекс напряженности выветривания, иллит-смектитовый
	Смешанослойные образования слюда-смектит	Гидрослюда		
1	2	3	4	5
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-легкосуглинистый (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61)				
He (0–18)	43	46	10.7	2.3
He (30–40)	36	51	14.2	5.8
Hpie(gl) (60–70)	40	48	12.0	3.6
Phigl (120–130)	54	39	7.2	-
Pgl (190–200)	51	43	8.4	-
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-среднесуглинистый, подстеленный с глубины 180 см тонкопещаным аллювием плиоценовой террасы р. Прут (Прут-Днестровская возвышенность, разрез 91)				
He(0–20)	48	49	10.2	5.7
He (30–40)	44	50	11.4	6.9
Hpi (e) (60–70)	46	47	10.2	5.7
Phigl (100–110)	66	30	4.5	-
P(k)gl (170–180)	76	22	-	-
Dgl (190–200)	68	30	-	-
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-среднесуглинистый (Верхнебугская возвышенность, разрез 36)				
H (0–20)	33	52	15.7	10.5
H (40–50)	45	45	10.0	4.8
Hpk (70–80)	53	39	7.3	2.1



Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5
Phk (120–130)	54	42	7.8	-
Pk (gl) (190–200)	63	33	5.2	-
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-тяжелосуглинистый (Приднестровская возвышенность, разрез 171)				
H (0–20)	46	46	10.0	6.9
H (40–50)	53	42	7.9	4.8
Hpk (70–80)	56	40	7.1	4.0
PHk (120–130)	60	37	6.2	-
Pk(gl) (190–200)	74	23	3.1	-

Основным дифференцирующим фактором перераспределения разных минеральных фаз глинистого материала является относительно высокий режим увлажнения агрочерноземов (Подолье – 550–650, Предкарпатье – 600–700 мм/год) и ослабленная дренированность территории, которые стимулирует развитие в почвах лессиважа и сезонного элювиально-глеевого процесса.

В этих условиях верхние горизонты агрочерноземов постоянно пополняются глинистым материалом первичного происхождения, преимущественно гидрослюдами. В условиях периодически промывного водного режима и слабокислой реакции среды (интенсивность которых возрастает в направлении от типичных к оподзоленным черноземам) осуществляется прогрессирующая деградация слюдистых 2:1 структур через комплекс микропроцессов: вынос межслоевого Калия с последующей гидратацией межслоевого пространства, расширение 10 Å решетки, образование смешанослойных структур, внутрискруктурный изоморфизм, понижение избыточного отрицательного заряда, частичное разрушение глинистых кристаллитов.

Изменение соотношения в запасах глинистого материала между верхним гумусовым горизонтом и нижележащими горизонтами исследуемых агрочерноземов определяется скоростью реализации трансформационных процессов. Она возрастает с увеличением увлажнения и агрессивности среды, то есть, в направлении оподзоленных черноземов, а в однотипном ряду – к профилно оглееным родам почв. Чем интенсивнее происходят трансформационные процессы, тем быстрее наступает их конечная стадия, и как следствие, повышение диспергированности глинистой плазмы. Она же, под влиянием лессиважа перераспределяется в профиле агрочерноземов преимущественно через фракцию размером < 0.02 мкм.

В агрочерноземах типичных деградационный ряд в большей части ограничивается низкозарядным смектитом [18]. В условиях достаточного увлажнения, дренированности и высокой пористости почв он имеет возможность мигрировать по профилю, пополняя глинистую фракцию срединных горизонтов. Однако наличие в средней части почв иллювиально-карбонатного горизонта и высокая насыщенность поглощающего комплекса основаниями, существенно ограничивает возможности лессиважа в огливлении глубоких горизонтов. Как следствие, огливление охватывает преимущественно гумусовый горизонт. В агрочерноземах типичных формируется мощный изоглинистый профиль, который со временем сам становится пусковым механизмом развития лессиважа в периодически восстановительной среде зимне-весеннего периода. Верхние горизонты глинистого профиля формируются преимущественно за счет продуктов конечного распада первичных алюмосиликатов [18]. Глубокие горизонты оглиняются исключительно за счет элювиально-иллимеризационного процесса.

В оподзоленных агрочерноземах, особенно их сильно оглеенных родах (Сянско-Днестровская возвышенность), повышенная агрессивность среды (рН солевое 4.9–5.5) стимулирует опережающее разрушение глинистой фракции над ее новообразованием и перераспределение глинистого материала вниз по профилю как в форме продуктов конечного распада (элювиально-глеевый процесс), так и путем лессиважа. В верхних горизонтах создается дефицит глины, а в его составе увеличивается содержание диоктаэдрических гидрослуд “первичного” происхождения. Формируется профиль глины – элювиального типа. Эти выводы подтверждаются как морфологическими особенностями почв, так и данными химико-минералогического анализа.

Выводы

Агрочерноземы Западно-Украинского края имеют в разной степени дифференцированный за илом профиль: равномерный и аккумулятивный – в типичных аналогах, элювиально-иллювиальный и элювиальный – в оподзоленных агрочерноземах. Минералогический состав илистой фракции представлен преимущественно гидрослюдами и смешанослойными



слюда-сметитовыми образованиями, каолинитом, хлоритом, небольшой примесью высокодисперсных кластогенных минералов (кварц, калиевые полевые шпаты, плагиоклазы, роговые обманки). В результате почвообразования глинистый материал перераспределяется по профилю в соответствии с условиями почвообразования и свойствами минералов. В верхних горизонтах в следствие выветривания первичных силикатов и элювиально-иллимеризационного процесса происходит несбалансированная потеря набухающих слюда-сметитовых образований и относительное накопление минералов с жесткой структурой, преимущественно диоктаэдрических гидрослюд. Интенсивность этих процессов усиливается в ряду агрочерноземов от типичных к оподзоленным, а в пределах одного подтипа – от глубинно-глееватых к профильно оглеенным. Нижние горизонты агрочерноземов оглиниваются за счет иллимеризации и возможного новообразования слоистых набухающих силикатов.

Различия в условиях формирования агрочерноземов определили разные пути образования и степень зрелости их глинистого профиля: от изоглинистого в черноземах типичных Подольской возвышенности, до элювиального в оподзоленных черноземах Предкарпатья. Агрочерноземам оподзоленным свойственный более зрелый тип силикатной коры выветривания, чем их типичным аналогам.

Список литературы

1. Post-Agrogenic Evolution of Soils in Ancient Greek Land Use Areas in the Herakleian Peninsula, South-West Crimea / F. Lisetskii, V. Stolba, E. Ergina et al. // *The Holocene*. – 2013. – №4. – С. 504–514.
2. Кривульченко А.І. Галогеохімія ґрунто-підґрунтя ландшафтних комплексів Причорноморсько-Приазовського сухо степового краю: дис...д-ра геогр. наук. – Л., 2003. – 394 арк.
3. Лисецкий Ф.Н. Пространственно-временная организация агроландшафтов. Белгород: Изд-во Белгор. гос. ун-та, 2000. – 304 с.
4. Удосконалена схема фізико-географічного районування України / О.М. Маринич, Г.О. Пархоменко, О.М. Петренко, П.Г. Шищенко // *Український географічний журнал*. – 2003. – №1. – С. 16–20.
5. Кисель В.Д. Почвенный покров и районирование черноземной территории Украины // *Черноземы СССР (Украина)*. – М.: Колос, 1981. – С. 26–37.
6. Брэдли У.Ф., Грим Р.Е. Слюдистые минералы глин // *Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов*. – М.: «Мир», 1965. – С. 248–283.
7. Чижикова Н.П. Минералогический состав высокодисперсной части черноземов Центральной фации // *Научн. докл. высшей школы. Биол. науки*. – 1968. – №6. – С. 115–119.
8. Крупеников И.А., Синкевич З.А. Состав почвенного раствора черноземов юга Молдавии // *Вопросы исслед. и исполъз. почв Молдавии*. – Кишинев, 1970. – № VI. – С. 143–148.
9. Позняк С.П. Орошаемые черноземы юго-запада Украины. – Львов: ВНТЛ, 1997. – 240 с.
10. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И. Глинистые минералы в почвах: учебное пособие. – Тула: Гриф и Ко, 2005. – 336 с.
11. Краев В.Ф. Инженерно-геологическая характеристика пород лессовой формации Украины. – К.: Наукова думка, 1971. – 227 с.
12. Горбунов М. И. Методика подготовки почв, грунтов, взвесей рек и осадков морей к минералогическому анализу // *Почвоведение*. – 1960. – №11. – С. 79–81.
13. Градусов Б.П., Чижикова Н.П. Глинистые минералы лессов // *Докл. АН СССР*. – 1976. – Т. 229; №6. – С. 1433–1435.
14. Чижикова Н.П. Минералогический состав илистых фракций черноземов // *Черноземы СССР*. – М.: «Колос», 1974. – Т. 1. – С. 173–187.
15. Папіш І.Я. Літологічні особливості чорноземів опідзолених басейну верхнього Дністра // *Агрохімія і ґрунтознавство*. Кн. 2. – Харків, 2006. – С. 125–126.
16. Папіш І.Я. Процеси гранулометричної диференціації в чорноземах типових Північно-Подільського лісостепу // *Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна*. – 1998. – Вип. 23. – С. 138–143.
17. Папіш І.Я., Позняк С.П. Проблеми генези чорноземів Галичини // *Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна*. – 2010. – Вип. 38. – С. 271–280.
18. Алексеев В.Е. Минералогический состав и эволюция глинистой части черноземов Молдавии // *Почвоведение*. – 1977. – №2. – С. 126–136.
19. Градусов Б.П., Чижикова Н.П. Кристаллохимические формы и генетические типы смектитового компонента в современных осадках // *Докл. АН СССР*. – 1976. – Т. 231; №3. – С. 682–685.
20. Корнблюм Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирина А.Г. Некоторые особенности процессов передвижения и преобразования глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоды и солонца. *Почвоведение*. – 1972. – №5. – С. 107–114.
21. Алексеев В.Е. Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов // *Почвоведение*. – 2012. – №2. – С. 189–199.



TYPOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL PECULIARITIES OF AGROCHERNOZEM CLAY PROFILE FORMATION IN THE WEST-UKRAINIAN REGION

I.Ya. Papish

*Ivan Franko National University of
Lviv, 41 P.Doroshenko St., Lviv, 79000,
Ukraine*

E-mail: igorpapish@gmail.com

Typological and geographic features of Typical and Podzolic Agrochernozen clay profile formation in various natural areas of the West-Ukrainian region have been shown. Changes in smectite-illite and hydromica components of clay fraction in agrochernozenes have been found that led to the formation of soils clay profile differentiated in composition. Illitization process in humus part of soils owing to glazing of high dispersion smectite and relative accumulating of hydromica have been diagnosed. The following processes are most actively involved in the formation of the differentiated clay profile: the leaching processes, soil weathering, eluvial-illimerization (glazing) and partly eluvial-gley processes. Typological mechanisms of the development of silicate soil profile formation have been established in relation to different levels of maturity.

Keywords: soils, agrochernozen, lessivage (glazing), clay minerals, smectite, illite, kaolinit.



УДК 528.88

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДИ ЧИСТЫХ ПАРОВ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Э.А. Терехин

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

E-mail: terehin@bsu.edu.ru

Предложена методика, позволяющая на основе серии многозональных снимков Landsat эффективно оценивать местоположение и площадь полей, находящихся в состоянии чистого пара. Использование продуктов MOD13Q1 позволило проанализировать сезонное изменение спектральных свойств таких полей и выявить их категории

Ключевые слова: чистый пар, Landsat, MODIS, композитные изображения, спектральные индексы, Белгородская область.

Введение

Чистый пар – паровое поле, свободное от возделывания культур в течение всего вегетационного периода. Пары являются лучшими предшественниками для озимых культур, которые на территории Белгородской области занимают около трети посевных площадей [1]. Оценка расположения и площади полей под паром является актуальной задачей, как составляющая мониторинга сельскохозяйственных земель.

Чистый пар включает три основных категории. Черный пар – чистый пар, обработка которого начинается летом или осенью прошлого года (в засушливых районах). Ранний пар – чистый пар, обработка которого начинается с весны данного года. Он может быть улучшенный, если осенью проводится поверхностная обработка (районы с достаточным увлажнением). Поздний пар – чистый пар, обработка которого начинается летом текущего года, в июне, июле.

Детальная информация о площади паровых земель отсутствует в официальной статистике, поэтому возникает необходимость разработки методов эффективного мониторинга площади и расположения чистых паров. Данные дистанционного зондирования Земли могут предоставить объективную информацию о площади и расположении полей на текущую дату или сезон, т.к. космические снимки одновременно покрывают значительные площади и содержат информацию о спектральных характеристиках почвы и растительности. К настоящему времени в России выполнен ряд работ, направленных на разработку подходов по дистанционному анализу пахотных угодий [2, 3]. В частности, для оценки пахотных земель институтом космических исследований РАН разработан специальный интернет-сервис [4], позволяющий в рамках регионов оценивать площадь пахотных земель. Разработан ряд диагностических признаков пахотных земель, позволяющих выполнять их региональное картографирование на основе спектральных индексов типа PVI по данным среднего пространственного разрешения [5]. Перечисленные работы направлены на анализ пахотных угодий в рамках крупных регионов и нацелены решать задачи регионального картографирования. В тоже время, для задач землепользования на уровне административных районов и отдельных хозяйств необходима информация о состоянии угодий в масштабе 1:50 000 и крупнее. Для этого, в свою очередь необходимо привлечение многозональных снимков высокого пространственного разрешения.

Диагностические признаки чистых паров и пахотных земель, на которых возделываются культуры в период отсутствия на них растительности (например, когда поле засеяно, но посевы еще взошли), на космических снимках идентичны, что осложняет идентификацию паров по одиночным снимкам. Таким образом, встает задача разработки методики, позволяющей на высокодетальном уровне выполнять картографирование и оценку площадей чистых паров. Задачи исследования заключаются в поиске диагностических признаков паровых земель, создании алгоритма их детектирования, оценки точности результатов.



Объекты исследования и исходные данные

В основу разработанной методики детектирования чистых паров положено предположение, исходящее из того, что достоверное выделение чистых паров должно основываться на серии космических снимков. Если поле находится в состоянии чистого пара, то на протяжении длительного срока, включающего не менее 2-х месяцев, на нем должна отсутствовать растительность, и оно должно быть распаханно, т.е. на нем должны проявляться диагностические признаки оголенных почв.

С другой стороны, чтобы дать достоверный ответ, возделывается поле в текущем сезоне, или находится ли оно в состоянии чистого пара, необходимо основываться на анализе сезонного изменения спектрального отклика полей, который должен быть проанализирован с минимальным временным интервалом на протяжении вегетационного периода. Как правило, космические снимки высокого пространственного разрешения отличаются не слишком высоким временным разрешением, что осложняет их применение для этих целей. Для снимков со спутников Landsat-5,7, например, оно составляет 16 дней. С учетом того, что для территории исследования характерно значительное количество облачных дней в году, многие из снимков с высокой вероятностью будут иметь повышенный процент облачности, что ограничит их использование для анализа сезонной динамики спектрального отклика. Кроме того, для анализа временной динамики спектрального отклика необходимым условием является радиометрическая и атмосферная калибровка снимков. Обозначенных проблем лишены продукты MOD13Q1, представляющие композитные изображения спектральных индексов, рассчитанные на основе ежедневно получаемых снимков MODIS. Они не позволяют визуально анализировать культуры, но дают возможность эффективно анализировать наличие растительности на полях, а также степень ее вегетационной активности. В тоже время, сделать вывод о достоверной распашке конкретного поля можно только по данным высокого пространственного разрешения. Это также важно для отбора тестовых полей.

Таким образом, целесообразным становится совместное использование спутниковых снимков высокого пространственного разрешения серии Landsat и среднего пространственного разрешения MODIS или продуктов на их основе.

Исходя из перечисленных условий, можно сформулировать требования к методике дистанционной оценке чистых паров.

1. Использование не одиночных снимков, а серий разновременных спутниковых изображений.
2. Точность оценки, позволяющая анализировать поля в пределах отдельных фермерских хозяйств или сельскохозяйственных организаций.
3. Применение разных типов спутниковых данных.
4. Использование сведений о сезонной динамике спектрального отклика конкретного поля.

Для разработки и апробации методики была выбрана территория Новооскольского района Белгородской области, общей площадью 1401 км². При этом была создана подборка из спутниковых снимков и продуктов на их основе. Она включала следующие данные.

1. Снимки со спутника Landsat-7 с пространственным разрешением 15–30 м/пиксель, за вегетационный сезон 2012 года. Это снимки, полученные 4 мая, 20 мая, 7 июля, 14 июля, 30 июля и 8 августа.
2. Продукты MOD13Q1 с пространственным разрешением 250 м/пиксель, полученные на основе снимков MODIS в период с 5 марта по 16 ноября 2012 года.
3. Снимки SPOT-5 с пространственным разрешением 5 м/пиксель за лето 2006 года.

Снимки Landsat и продукты MOD13Q1 применялись для оценки площадей распаханых полей и полей в состоянии чистого пара. Снимки SPOT-5 были использованы для создания детального цифрового плана землепользования и достоверной оценки площадей сельскохозяйственных полей. Контурные поля на местности ограничены овражно-балочной сетью, лесными, полосами, дорогами и населенными пунктами. Поэтому они практически не изменяются из года в год, что позволяет для их выделения использовать не слишком актуальные по времени спутниковые снимки.

Методология и результаты исследования

Несмотря на то, что официальные детальные данные о площади чистого пара, как и заброшенных и неиспользуемых полей отсутствуют, имеется возможность ее косвенной оценки. Имея данные о реальной площади всех сельскохозяйственных полей и совокупной посевной



площади в границах административного района, можно приблизительно посчитать площадь пара и неиспользуемых земель как разность суммарной площади полей, оцененной по снимку, и всей площади посевных полей, полученной из данных официальной статистики.

Первый этап исследования включал создание векторного слоя всех сельскохозяйственных полей в масштабе 1:25000 по снимкам SPOT-5, с последующим вычислением площади каждого поля. Таким образом, был получен достаточно детальный векторный слой сельскохозяйственных полей, по которому была вычислена площадь всех полей и их рабочих участков.

Второй этап исследования заключался в детальном анализе структуры полей района и поиске полей, находящихся в состоянии чистого пара. Необходимо отметить, что кроме чистого пара на территории также могут быть поля в состоянии занятого пара, т. е. находящиеся под растительностью. В Центральном Черноземье для культур, высеваемых на занятых парах, обычно используются однолетние травы. По причине того, что такие поля по спектральному отклику могут быть очень похожи на засеваемые в текущем сезоне поля, оценке их площади должно быть посвящено отдельное исследование.

Для идентификации полей, находящихся в состоянии чистого пара, был использован прием, основанный на том, что поле, находящееся под чистым паром, должно обладать спектральными признаками оголенной почвы основную часть вегетационного сезона. Исходя из длительности и сроков, в которые поле было распаханно, делается вывод о том, к какому типу чистого пара следует его отнести (черный, ранний или поздний). Снимки высокого пространственного разрешения позволяют эффективно выделять распаханное на текущий момент времени поля на основе их спектральных признаков. Если говорить о визуальном или автоматизированном выделении распаханного полей на снимке, то предварительно необходимо выбрать каналы, наилучшим образом для их идентификации. Экспериментальными исследованиями установлено, что в случае снимков Landsat TM, ETM+ для выделения большинства сельскохозяйственных культур и распаханного полей подходит комбинация каналов из двух диапазонов невидимого спектра и одного видимого спектрального диапазона, 7-5-3. Параллельно с ней для визуального анализа можно применять комбинацию натуральных цветов RGB 3-2-1 и комбинацию, основанную на контрасте свойств растительности по отношению к другим объектам 4-3-2.

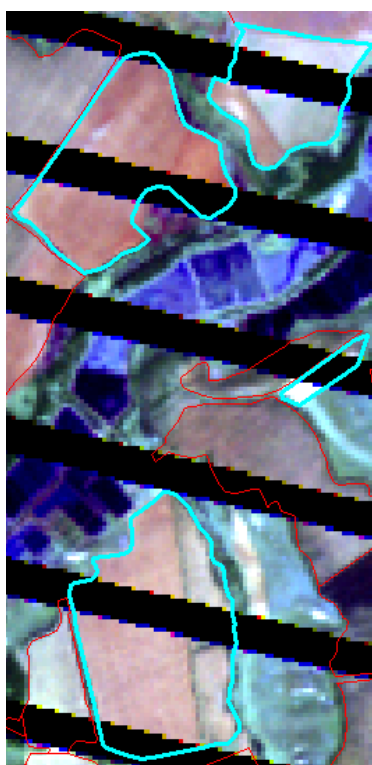
Так как распаханное поля обладают достаточно четкими спектральными отражательными свойствами, то для их автоматизированного дешифрирования методом классификации спектральных яркостей можно использовать как все каналы одновременно, так и комбинации наиболее информативных диапазонов. Главным условием является применение приема, исходя из которого, распаханное поля отбираются не на основе всех классифицированных пикселей снимка, а на основе большинства пикселей, соответствующих оголенной почве в границах конкретных полей.

Таким образом, существенно повышается точность результатов классификации спектральных яркостей снимка. Предложенный прием можно успешно применять не только для автоматизированного дешифрирования всех распаханного полей, но и отдельных сельскохозяйственных культур [6].

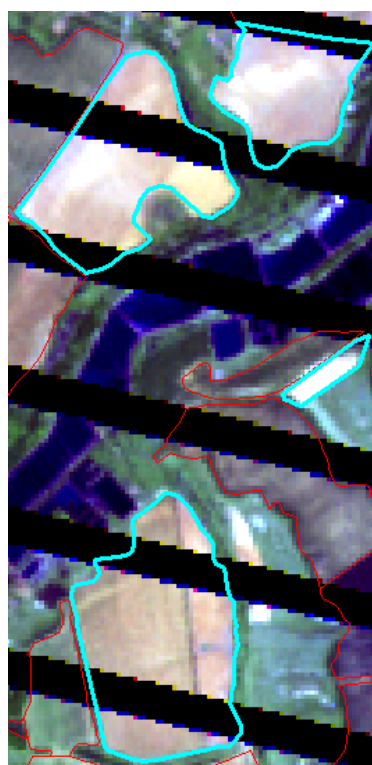
В процессе исследования были параллельно изучены спектральные отражательные свойства распаханного на протяжении вегетационного сезона полей с точки зрения визуального дешифрирования снимков.

Участки полей с оголенной почвой практически постоянно присутствуют на снимках разных сроков всего вегетационного сезона. Обусловлено это тем, что значительная часть полей весь вегетационный сезон поддерживается в состоянии чистого пара. Весной и осенью процент распаханного полей находится еще на более высоком уровне.

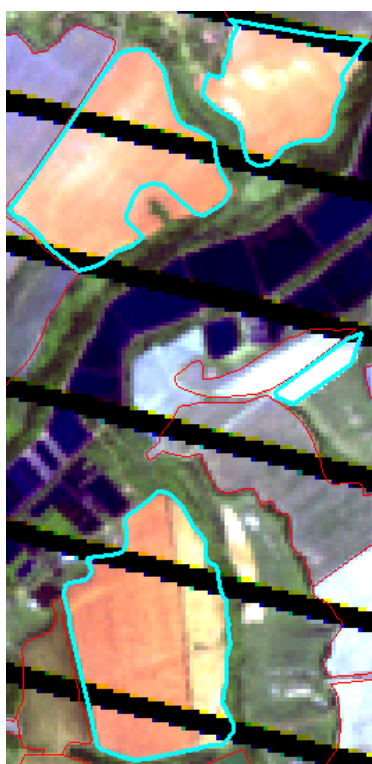
В основных рабочих комбинациях каналов снимков серии Landsat (7-5-3 и 3-2-1) оголенная почва имеет коричневатый оттенок различной гаммы, отличающейся в зависимости от состояния почв полей. Указанный признак, отличается простотой и надежностью применения при его использовании для результатов визуального дешифрирования распаханного полей. Используя его, можно последовательно провести идентификацию полей с оголенной почвой по серии снимков, после чего установить поля, которые на протяжении всего вегетационного сезона, или его части были распаханые и находились без растительного покрова. Предложенный прием был успешно применен для выявления паровых земель на территории Новооскольского района в вегетационный сезон 2012 года. На рис. 1 представлены фрагменты космических снимков Landsat-7ETM+ в комбинации 7-5-3, полученные за разные даты. Распаханное поля, выделены голубым цветом. Из рисунка видно, что, несмотря на различия в оттенках, можно достоверно судить об отсутствии растительности на полях.



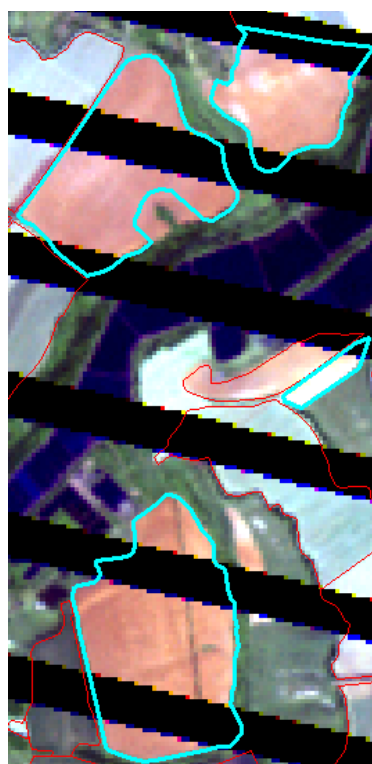
4 мая



20 мая



14 июля



8 августа

Рис. 1. Отображение распаханых полей в разные сроки вегетационного сезона



Различия в оттенках обусловлены, по всей видимости, неодинаковой влажностью почвы, т. к. наличие влаги существенно влияет на отражательные спектральные свойства оголенной почвы [7, 8]. Необходимо отметить, что для того, чтобы сделать вывод о том, что растительность действительно отсутствовала на поле между определенными датами, интервал исследования между сроками должен быть не слишком большим. В приведенном примере минимальный интервал между снимками составляет 16 дней, максимальный – 55 дней. Проведенные полевые исследования 11 июня 2012 года (период между 20 мая и 14 июля) подтвердили отсутствие растительности на тестовых полях. Аналогичным образом было выполнено исследование для всех полей анализируемой территории. Так как все поля представляют собой компоненты векторного слоя, полученного на основе спутниковых данных высокого пространственного разрешения (5 м/пиксель), имеющих геометрические характеристики и географическую привязку, то имеется возможность рассчитать площадь каждого поля. Совокупная площадь всех выявленных полей будет соответствовать реальной площади чистого пара.

Совместное использование предложенных способов автоматического и визуального выделения полей в состоянии чистого пара очень эффективно как с точки зрения достоверности выявляемых полей, так и с позиций оценки их реальной площади, т.к. используется детальный векторный слой полей, также полученный по объективным данным. Анализ серии снимков по предложенному способу позволяет эффективно выявлять все пахотные земли, так как в анализе участвуют снимки различных дат вегетационного сезона, позволяющие выявлять распаханное поле за разные даты.

Однако, снимки со спутников Landsat, получаемые на территорию Белгородской области, часто характеризуются высоким процентом облачности, ограничивающим или полностью исключающим их использование. В связи с этим часто становится невозможным подобрать репрезентативную подборку снимков на анализируемый сезон, что ограничивает применение предложенного способа. Поэтому нами был разработан метод, позволяющий анализировать спектральные свойства чистых паров на основе данных среднего пространственного разрешения.

Третий этап исследования был направлен на разработку и апробацию метода выявления полей в состоянии чистого пара по продуктам, полученным на основе снимков MODIS. Снимки, полученные аппаратурой MODIS, установленной на спутниках TERRA и AQUA, поставляются ежедневно, что позволяет отобрать безоблачные снимки, и получить на их основе композитные изображения, по которым в свою очередь можно рассчитывать значения вегетационных индексов, например, NDVI, EVI.

При разработке способа исходили из того, что значения индекса NDVI, полученные по атмосферно и радиометрически откалиброванным данным, соответствующие оголенной почве, существенно отличаются от значений индекса, соответствующего различным типам растительности. Соответственно, если установить значения индекса, соответствующие оголенной почве для конкретной территории и проследить их динамику на протяжении вегетационного сезона для отдельных полей, можно сделать вывод о наличии растительного покрова на полях. Если значения индекса все время соответствовали оголенной почве, следовательно, поле было распаханно, т.е. находилось в состоянии чистого пара. Продукты MOD13Q1, представляющие 16-дневные композитные значения спектральных индексов [9] и получаемые на основе радиометрически откалиброванных снимков MODIS, позволяют на их основе получать значения индекса для конкретного поля при условии применения векторного слоя полей и использование метода зональной статистики.

Ограничение применения продуктов MOD13Q1 связано с их невысоким пространственным разрешением, составляющим 250 м/пиксель, что не позволяет достоверно оценивать значения индекса для слишком малых полей, площадь которых менее 15-20 га. Однако, для территории Новооскольского района средняя площадь поля составила 62,9 га, что достаточно для анализа спектральных характеристик внутри подавляющего большинства полей (96%). В тоже время, можно предположить, что реальная площадь распаханного полей и полей под чистым паром окажется немного выше вычисленной, так как поля очень малых размеров (15–20 га) будут исключены из анализа.

Реализация предложенного способа заключалась в выполнении группы этапов. Процесс был в значительной степени автоматизирован применением геоинформационной системы ArcGIS 9.3.1.

1. Получение и проецирование продуктов MOD13Q1 на территорию исследования за интервал времени с 5 марта по 16 ноября 2012 г., т.е. за весь вегетационный сезон.
2. Расчет методом зональной статистики средних значений NDVI для каждого поля за каждую дату с применением ранее созданного векторного слоя полей.
3. Вычисление значений индекса, соответствующих оголенной почве в разные сроки.
4. Построение и анализ графиков сезонных значений индекса для каждого поля.
5. Определение полей, значения NDVI которых не превышали значения индекса, соответствующие оголенной почве.

Как и в первом способе, результатом предложенного метода является векторный слой полей, идентифицированных, как находящихся поля, находящиеся в состоянии чистого пара. Метод также можно использовать для дешифрирования всех распаханых полей.

Основная сложность в реализации данного способа заключается в достоверном определении значений NDVI, соответствующих оголенной почве. На этом этапе целесообразно подключение данных высокого пространственного разрешения. Т.е. на тестовых полях следует проанализировать сезонное изменение спектральных признаков. Для этой цели были изучены закономерности изменения значений индекса на протяжении вегетационного сезона полей с сельскохозяйственными культурами и полей под паром. На основе данных Landsat ETM+ и полевых исследований была отобрана совокупность полей, находящихся в состоянии чистого пара весь вегетационный сезон, после чего было проведено изучение сезонной динамики их спектральных свойств.

Анализ сезонных изменений значений NDVI показал, что на основе его динамики можно выделить 2 типа полей находящихся в состоянии чистого пара.

1 тип – поле постоянно поддерживаемые в распаханном состоянии, на которых растительность не успевает вырастать на протяжении всего периода, когда поле находится в категории чистого пара. Значения индекса на таких полях никогда не поднимаются высоко до тех пор, пока поля не засеваются, и на нем начинают возделывать культуры (рис. 2).

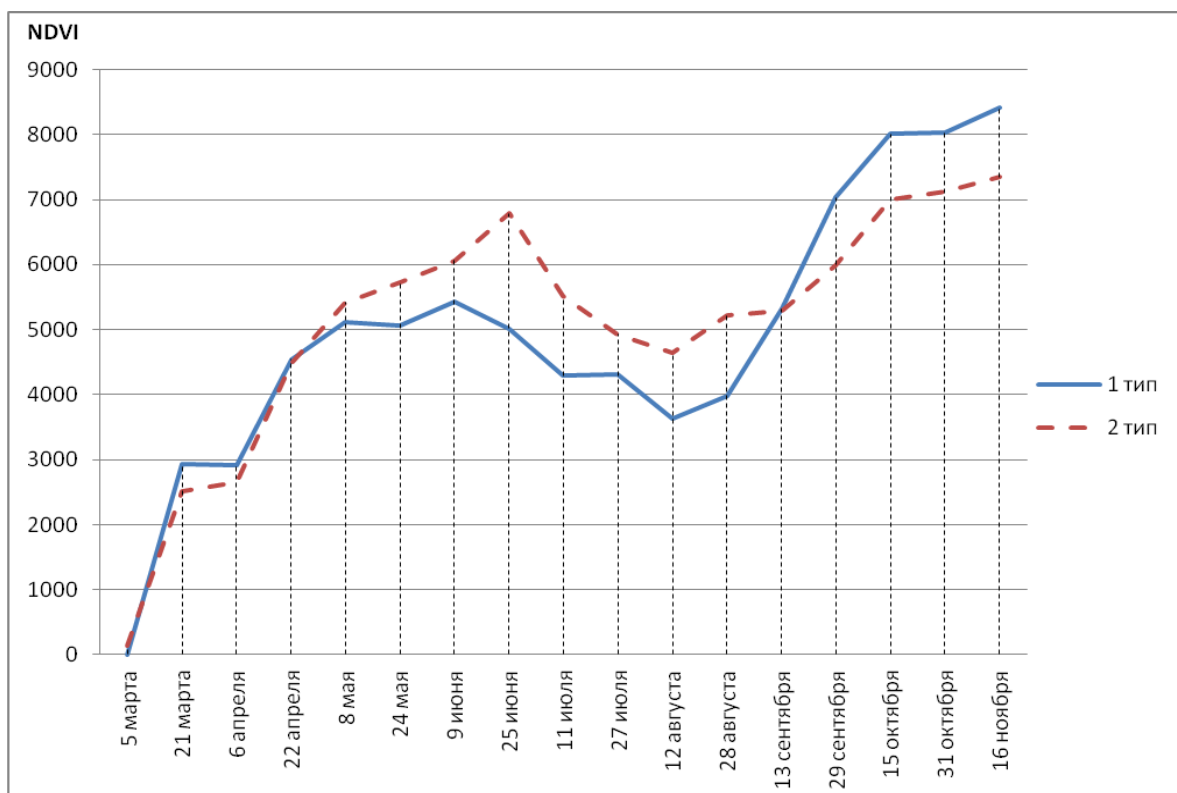


Рис. 2. Динамика значений NDVI типов полей в состоянии чистого пара:
 1 тип – поля, постоянно поддерживаемые в распаханном состоянии;
 2 тип – поля, на которых наблюдаются задержки в сроках распахки



Однако не все поля постоянно поддерживаются в распаханном состоянии, в связи с чем, на некоторых полях успевают вырасти сорная растительность, хоть и на непродолжительный период, до тех пор, пока поле вновь не распашут. В связи с этим в определенные периоды вегетационная активность на таких полях повышается, что позволяет выделить 2-й тип полей, находящихся в категории чистого пара (см. рис. 2). Значения NDVI получены на основе продуктов MOD13Q1 и для удобства обработки умножены на 10 000.

Из рисунка 2 четко видно, что на обоих типах полей до середины сентября поддерживался режим чистого пара, однако на втором типе полей, наблюдались задержки в необходимых сроках повторной распашки, в связи с чем, проявлялась вегетационная активность.

Если теоретически подходить к вопросу выделения полей под чистым паром по значениям индекса NDVI, то следует выбрать все поля, у которых за каждый анализируемый срез вегетационного сезона значения индекса будут невысокими и соответствовать оголенной почве. Однако выполненные исследования и обнаружение полей, у которых режим чистого пара поддерживается с нарушениями, усложняет применение этого условия. Таким образом, экспериментальные исследования выявили еще одну проблему автоматической идентификации полей в состоянии чистого пара (кроме проблемы достоверной оценки значений индекса, соответствующих оголенной почве) по значениям NDVI. Для ее решения необходимо усложнение условия отбора. Его можно представить как сумму всех значений индекса за анализируемый период времени, меньшую определенной величины. Т. е. необходимо задать интервал времени, за который будет суммироваться значения индекса отдельных срезов, а также предельную величину суммарных значений.

За предельную величину целесообразно выбрать сумму значений индекса второго типа полей. Обусловлено это тем, что сумма значений индекса таких полей за вегетационный сезон должна быть меньше, чем у засеянных полей, и все поля, отобранные по предложенному критерию, достоверно будут относиться к полям в состоянии чистого пара. Кроме того, предложенному критерию будут удовлетворять все поля 1 типа. За период, в который будут суммироваться сезонные значения индекса целесообразно выбрать сроки от конца весны до времени засеивания полей, находящихся основную часть вегетационного сезона в состоянии чистого пара. Для территории Белгородской области это период начала-середины сентября, т. к. в него начинается сев озимых культур на полях, находившихся под паром.

В настоящем исследовании суммировались значения индексов за 7 временных срезов для 2-го типа поле с 24 мая по 28 августа. Сумма значений NDVI, умноженных на 10000 за этот период составила порядка 39000. Этой величиной с учетом стандартного отклонения мы воспользовались для детектирования полей в состоянии чистого пара сезона 2012 года. В геоинформационной системе ArcGIS были посчитаны суммы значений индекса для каждого поля, после чего были выбраны поля с суммой меньшей, вычисленной экспериментально. Несмотря на учет ряда факторов, точность дешифрирования полей под паром оказалась ниже, чем у полей, детектированных с помощью первого метода по снимкам Landsat. Ряд полей, которые достоверно не находились под паром в текущем сезоне, были к ним отнесены. В процессе исследования было установлено, что сумма значений индекса для полей не находящихся в состоянии чистого пара может быть ниже, чем у полей под паром по ряду причин, хотя, теоретически такого не должно быть. Обусловлено это следующими причинами.

1. Различная влажность почвы полей. Засеянные поля, на которых еще не возшла растительность, могут иметь меньшие значения индекса, чем у полей в состоянии чистого пара, обусловленные влажностью почвы.

2. Особенность исходных данных MOD13Q1. Так как продукты MOD13Q1, по которым производится расчет значений индекса, характеризуют не реальные значения индекса на текущую дату, а усредненное или одно из значений за 16-дневный интервал, то значений индекса для ряда полей с растительностью, быстро проходящей стадии фенологического развития, могут быть меньше реальных.

Наряду с невысоким пространственным разрешением, обозначенные проблемы ограничивают применение значений NDVI на основе продуктов MOD13Q1 для детектирования паровых земель. В то же время, предложенный способ может существенно дополнять результаты дешифрирования полей в состоянии чистого пара на основе снимков Landsat (1-й способ). Таким образом, предложенную методику дистанционной оценки степени полей в состоянии чистого пара можно представить в виде схемы (рис. 3).



Рис. 3. Структурная схема методики выявления полей в состоянии чистого пара

Предложенная методика была апробирована на территории Новооскольского района (1139 полей и рабочих участков) Белгородской области на предмет выявления пахотных земель и полей в состоянии чистого пара за сезон 2012 года. По результатам оценки было идентифицировано 48 полей в состоянии чистого пара, общая площадь которых составила 3093 га. Результаты были сопоставлены с данными официальной статистики по Новооскольскому району за 2012 год. Суммарная вычисленная площадь полей составила 71534 га, при средней площади 62.7 га. По данным официальной статистики [1] суммарная возделываемая площадь составила 67623 га. Таким образом, разность составила 3911 га. Эта площадь чуть больше оцененной площади чистого пара, что и должно быть, так как к этой площади теоретически должны относиться все земли, находящиеся в состоянии чистого пара, а также залежные земли.

Выводы

1. Предложена эффективная методика, позволяющая исключительно на основе спутниковых данных Landsat-5.7 проводить оценку площади полей, находящихся в состоянии чистого пара. Использование в методике продуктов MOD13Q1 совместно с данными Landsat ETM+ позволило не только оценить площадь распаханых в текущем сезоне полей и полей в состоянии чистого пара, но и проследить динамику их спектральных свойств.

2. На основе анализа серии спутниковых снимков на территории Белгородской области установлено, что с точки зрения дистанционного анализа целесообразно выделять 2 типа полей в состоянии чистого пара. Первый тип, поля, которые постоянно поддерживаются в распаханном состоянии без растительного покрова. Второй тип – поля, на которых происходит задержка в сроках распахки, в результате чего в отдельные промежутки времени формируется растительный покров, что четко отражается на спутниковых данных.



3. Установлены положительные стороны и ограничения применения продуктов MOD13Q1 для анализа спектральных свойств пахотных земель и полей, находящихся в состоянии чистого пара.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области (в соответствии с приказом № 269 от 28.10.2013г., № проекта 2013.02.03).

Список литературы

1. База данных показателей муниципальных образований. Электронный ресурс – <http://www.gks.ru/dbscripts/munst/munst14/DBInet.cgi>.
2. Баргалева С.А., Лупян Е.А., Нейштадт И.А. Метод выявления используемых пахотных земель по данным дистанционного зондирования со спутников // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2006. – Т. 3; №2. – С. 271–280.
3. Распознавание пахотных земель на основе многолетних спутниковых данных спектрорадиометра MODIS и локально-адаптивной классификации // С.А. Баргалева, В.А. Егоров, Е.А. Лупян и др. // Компьютерная оптика. – 2011. – Т. 35; №1. – С. 103–116.
4. Спутниковый сервис мониторинга состояния растительности («ВЕГА») / Е.А. Лупян, И.Ю. Савин, С.А. Баргалева и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2011. – Т. 8; № 1. – С. 190–198.
5. Плотников Д.Е., Баргалева С.А., Лупян Е.А. Признаки распознавания пахотных земель на основе многолетних рядов данных спутникового спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. – Т. 7; №1. – С. 330–34.
6. Терехин Э.А. Спектральные отражательные свойства сельскохозяйственной растительности Белгородской области (по материалам космической съемки) // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. – 2012. – №15 (134). Вып. 20. – С. 188–193.
7. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем. М.: Наука, 1984. – 321 с.
8. Дистанционное зондирование: количественный подход / Ш.М. Дейвис, Д.А. Ландгребе, Т.Л. Филлипс и др.; под ред. Ф. Свейна и Ш. Дейвис. – М.: Недра, 1983. – 415 с.
9. Land Processes Distributed Active Archive Center (LPDAAC). Электронный ресурс – <https://lpdaac.usgs.gov>.

METHODS OF ASSESSING THE AREA FALLOW BASED ON REMOTE SENSING DATA

E.A. Terekhin

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

E-mail: terekhin@bsu.edu.ru

The technique, which allows through a series of Landsat TM multi-spectral images to effectively evaluate the location and size of the fields in a state of pure steam is proposed. Using products MOD13Q1 allowed to analyze the seasonal variation of the spectral properties of these fields and identify their category.

Key words: fallow, Landsat ETM+, MODIS, composite images, spectral indices, Belgorod region.



УДК 911:004.9

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФРАГМЕНТИРОВАННОСТИ ЛАНДШАФТОВ БЕЛГОРОДСКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА ВОРСКЛЫ И БАСЕЙНА МЕРЛЫ (ХАРЬКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ, УКРАИНА)

А.П. Биатов¹,
П.А. Украинский²,
А.Г. Нарожняя²

¹ *Национальный природный парк «Слобожанский», Украина, 62000, Харьковская область, пгт. Краснокутск, ул. Заречная, 15
E-mail: anton.biatov@gmail.com*

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

Проведено трансграничное исследование фрагментированности ландшафтов верхней части бассейна Ворсклы (для белгородской части бассейна Ворсклы в России и бассейна Мерлы на Украине). Впервые оценена фрагментированность ландшафтов изучаемой территории с применением европейской методики количественной оценки, адаптированной к условиям лесостепной зоны стран СНГ. Продемонстрирована возможность использования свободнораспространяемых пространственных данных (космические снимки Landsat и данные OpenStreetMap) в ландшафтно-экологических исследованиях.

Ключевые слова: бассейны рек, показатели фрагментированности, фрагментированность ландшафтов, Landsat, OSM.

Введение

Среди форм антропогенного влияния на ландшафты немаловажную роль играет фрагментация ландшафтов. Она сказывается, в первую очередь, на их биологических компонентах. Населенные пункты и транспортные сети разделяют биотопы, превращая их в изолированные островки, между которыми нарушено или затруднено перемещение животных. В результате целостные популяции животных и растений делятся на субпопуляции, между которыми ограничен внутривидовой обмен генов. Следствием этого становится инбридинг (близкородственное скрещивание), случайный дрейф генов и некоторые другие генетические процессы, существенно ослабляющие репродуктивные возможности живых организмов. В сумме это ведет к появлению большого количества аномалий и генетическому вырождению субпопуляций. Кроме того, во фрагментированном ландшафте нарушаются пути суточных и сезонных миграций животных, что приводит к снижению численности видов. Отмечается гибель животных при попытке пересечения транспортных путей [1, 2].

В лесостепной зоне России и Украины проблема фрагментации ландшафтов достаточно остра, поскольку эти территории отличаются высоким уровнем хозяйственного освоения и заселенности. При этом фрагментированность ландшафтов здесь пока еще мало исследована, хотя в европейских странах изучению фрагментации ландшафтов уделяется большое внимание. В этих условиях логично воспользоваться существующим опытом, адаптировав его к отечественным условиям [3–5].

Количественная оценка фрагментированности ландшафтов широко используется в Европе. С ее помощью проводились исследования в таких регионах, как Баден-Вюртемберг, Бавария, Гессен, Швейцария, Южный Тироль [4, 6–9]. Эта же методика, с некоторыми изменениями, показала свою эффективность и при изучении белгородской части бассейна Ворсклы [10]. Однако, пока еще не проводились попытки сравнительного анализа фрагментированности разных территорий в пределах СНГ. Эта работа имеет своей целью попытку такого анализа. Достижение поставленной цели предполагает решение следующих задач: картографирование фрагментирующей инфраструктуры, выделение фрагментирующих сетей разного уровня, количественная оценка фрагментированности, сравнение различных территорий по показателям фрагментированности.

Объекты и методы исследования

Исследование фрагментированности ландшафтов традиционно выполняется в разрезе единиц административно-территориального деления [4]. Такой подход удобен для исследователя, однако все же правильнее в качестве изучаемой территории выбирать физико-географические регионы различного порядка [10]. Таковыми фактически могут стать речные бассейны, по границам которых преимущественно и проводятся физико-географические границы. В качестве исследуемого участка была выбрана часть бассейна Ворсклы, занимающая юго-запад Белгородской области, и бассейн Мерлы, расположенный на северо-западе Харьков-

ской и северо-востоке Полтавской областей (рис. 1). Общая площадь бассейна Мерлы составляет 2027.8 км², белгородской части бассейна Ворсклы составляет – 2486.6 км².

Бассейн Мерлы и белгородская часть бассейна Ворсклы относятся к Среднерусской провинции лесостепной зоны Русской равнины [11]. Выбранные территории близки друг к другу географически, схожи по размеру и конфигурации территории, имеют одинаковый набор ландшафтов и сопоставимый уровень заселенности и хозяйственного освоения. Поэтому они удобны для сравнительного анализа фрагментированности ландшафтов.



Рис. 1. Ситуационная схема расположения белгородской части бассейна р. Ворскла и бассейна р. Мерла

В качестве исследуемых объектов рассматривалась фрагментирующая инфраструктура и ландшафты, которые она разделяет. Под фрагментирующей инфраструктурой понимаются все объекты, служащие в той или иной мере преградой для передвижения животных. На исследуемой территории в качестве таковых выступают с одной стороны объекты дорожной сети (асфальтированные автодороги, железные дороги) и населенные пункты, а с другой водные объекты (реки, пруды, озера). Первые обуславливают антропогенную фрагментацию, вторые – естественную, гидрогенную. Помимо этого возможна фрагментация вызванная спецификой рельефа, например, наличием высоких горных хребтов или отвесных обрывов (топогенная фрагментация). Но для исследуемой территории она не характерна. В качестве исследуемых ландшафтов, испытывающих влияние фрагментации, рассматривались не только естественные и приближенные к ним ландшафты, но и агроландшафты. Последние включены в рассмотрение потому, что они также являются местом обитания животных и играют определенную, хотя и специфическую роль в сохранении биоразнообразия [12].

На исследуемой территории естественные ландшафты представлены преимущественно лесными массивами, поймами, овражно-балочной сетью [13]. Среди агроландшафтов преобладают пашни. Такое сочетание является типичным для лесостепной зоны. Кроме того, среди типичных встречаются вкрапления реликтовых ландшафтов, таких как гипно-сфагновые и осоково-сфагновые мезотрофные болота [14]. Здесь расположена сеть особо охраняемых природных территорий (ООПТ) различного уровня, играющая важную роль в сохранении биоразнообразия. В бассейне Мерлы находится национальный природный парк «Слобожанский» и ряд ООПТ регионального значения. В бассейне Ворсклы – два участка заповедника Белогорье и ряд ООПТ регионального значения.

При изучении фрагментированности ландшафтов исследуемых речных бассейнов мы столкнулись с дефицитом пространственных данных. В немалой степени высокой изученности фрагментации европейских ландшафтов способствовало именно наличие высокоразвитой инфраструктуры пространственных данных. В частности, в Западной Европе активно применяются общеевропейские данные Corine Land Cover (CLC) 2000. Этот ресурс был создан Европейским агентством по окружающей среде (ЕЕА) [15]. Кроме того, в исследованиях активно используются и национальные базы геоданных, например, в Германии это база электронных карт Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS) [16]. Для стран СНГ

такого рода детальных и актуальных данных нет, что существенно затрудняет оценку фрагментированности ландшафтов. В этих условиях отечественные исследователи вынуждены самостоятельно проводить картографирование ландшафтов. Сделать это можно на основе космических снимков из открытых некоммерческих источников, например архива миссии Landsat. Но их ручная векторизация занимает много времени, а автоматизированное дешифрирование дает недостаточно качественные результаты.

Решением проблемы отсутствия данных может стать использование материалов проекта OpenStreetMap (<http://www.openstreetmap.org>). Использование этих данных регламентируется лицензией Open Data Commons Open Database License (OdbL) [17]. Согласно лицензии, на данные полученные из OpenStreetMap отсутствуют ограничения на копирование, использование и распространение. Но при любом виде использования данных обязательна ссылка на данные сообщества OpenStreetMap [17].

Особенностью данных является то, что они создаются пользователями OpenStreetMap на основании GPS-трекеров, открытых данных дистанционного зондирования, панорам улиц и других материалов, предоставляемых некоторыми компаниями. Данные OpenStreetMap для территории бассейна Мерлы представлены достаточно полно: прорисованы все автомобильные дороги, водные объекты, лесные массивы; имеется атрибутивная информация по объектам. Чтобы их получить из OpenStreetMap в векторном формате, были использованы регулярные выгрузки в формате shape-файлов, для территории бывшего СССР, предоставляемые сообществом GIS-Lab [18]. Необходимые слои были вырезаны из данных для территории Украины по маске бассейна Мерлы при помощи инструмента «Отсечение» программы QuantumGIS. Недостающие данные (границы населенных пунктов) были отвекторизованы по космическому снимку Landsat 5TM (съемка 2011 г.).

В настоящее время данные OpenStreetMap для белгородской части бассейна Ворсклы заполнены довольно слабо. По этой причине основным источником информации стал космический снимок Landsat 5TM (съемка 2011 г.). Эффективность использования данных Landsat для изучения ландшафтов лесостепи подтверждена существующими работами по дистанционному изучению ландшафтов Белгородской области [19].

После получения упорядоченного набора исходных данных было проведено выделение фрагментирующей инфраструктуры. Для каждого типа фрагментирующих объектов создан отдельный слой. После векторизации для дорог в таблицу атрибутов внесен тип дорог (железные дороги, автодороги федерального, областного, районного и местного значения), а для рек – ширина реки (более 12 м, от 12 до 6 м, менее 6 м). Эти атрибуты характеризуют степень преодолимости барьеров фрагментирующей сети. Затем линейные фрагментирующие объекты (дороги и реки) преобразовывались в площадные при помощи буферизации. После этого они объединялись с площадными фрагментирующими объектами (населенными пунктами и водоемами) в единый слой при помощи объединения (инструмент Union из набора ArcToolBox программы ArcGIS).

Для различных животных степень преодолимости одних и тех же антропогенных и природных барьеров различается. Поэтому, в соответствии с существующим подходом [6, 7], созданы три фрагментирующие сети (слабого, среднего и высокого уровня преодолимости). Для создания каждой фрагментирующей сети применялась выборка по атрибутам. Фрагментирующая сеть первого уровня (ФС-1) включает реки с шириной более 12 м, железные дороги и автомобильные дороги областного и федерального значения. Фрагментирующая сеть второго уровня (ФС-2) содержит все объекты ФС-1, реки с шириной от 6 до 12 м и автомобильные дороги районного значения. Фрагментирующая сеть третьего уровня (ФС-3) объединяет объекты ФС-2, все реки на исследуемой территории и автомобильные дороги местного значения. Также во все три фрагментирующие сети входят населенные пункты, пруды, водохранилища.

После создания фрагментирующих сетей было произведено их вырезание из бассейнов при помощи инструмента Erase из набора ArcToolBox программы ArcGIS. Для полученных слоев выполнено разбиение составных объектов и произведен расчет геометрии (площадь и периметр фрагментов). Эти данные затем были использованы при создании карт фрагментированности ландшафтов исследуемых территорий.

На основе информации о площади и периметре фрагментов для бассейна Мерлы определены количественные характеристики фрагментации: m_{eff} , SPLI, DIVI, SDEN и LDI [3]. Все они (кроме LDI) рассчитываются через показатель когерентности (C) – вероятности нахождения двух произвольно выбранных точек в пределах одного фрагмента территории. Она измеряется в долях от целого или процентах и рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{F_i}{F_g}\right)^2}{n}, \quad (1)$$

где C – когерентность, F_i – площадь фрагмента, F_g – общая площадь территории, n – общее число фрагментов.



Эффективный размер ячейки (m_{eff} – effective mesh size) – это площадь, которая будет получена, если всю территорию разделить на одинаковые фрагменты, сохранив при этом существующую когерентность. По сравнению со средней площадью фрагмента эта характеристика показывает большую чувствительность к фрагментации.

$$m_{\text{eff}} = Fg \cdot C \quad (2)$$

Показатель плотности эффективных ячеек (SDEN – Splitting density) представляет собой число эффективных ячеек на единицу площади, т.е. плотность эффективных ячеек:

$$SDEN = 1/(Fg \cdot C) = 1/m_{\text{eff}} \quad (3)$$

Индекс расчлененности (SPLI – Splitting Index) показывает количество равных ячеек, на которое надо разделить территории, чтобы сохранился текущий показатель когерентности, т.е. общее количество эффективных ячеек на исследуемой территории:

$$SPLI = 1/C \quad (4)$$

Индекс разделения ландшафта (DIVI – Degree of landscape division) представляет собой вероятность того, что две произвольно выбранные точки лежат в разных фрагментах территории:

$$DIVI = 1 - C \quad (5)$$

Индекс изрезанности ландшафта (LDI – landscape dissection index), единственный из рассмотренных индексов, реагирует на врезание фрагментирующей сети в ландшафт без полного рассеечения. Это достигается за счет использования в расчете периметра фрагментов:

$$LDI = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{2 \sqrt{\pi Fg \sum_{i=1}^n F_i}} \quad (6)$$

где P_i – периметр фрагмента.

Полученные количественные значения позволили провести сравнение фрагментированности ландшафтов для изучаемых речных бассейнов.

Результаты и их обсуждение

Первичным результатом работы являются данные о фрагментирующей сети исследуемых территорий, собранные для трех иерархических уровней. Количественно они выражены в виде плотности фрагментирующей сети (табл. 1).

Таблица 1

Плотность фрагментирующей сети, км/км²

Фрагментирующая сеть	Бассейн	Общая	Антропогенная ¹	Гидрогенная
ФС-1	Ворскла	0.09	0.06	0.02
	Мерла	0.08	0.04	0.03
ФС-2	Ворскла	0.24	0.20	0.04
	Мерла	0.14	0.08	0.06
ФС-3	Ворскла	0.40	0.23	0.16
	Мерла	0.41	0.21	0.20

¹ Примечание. При расчете плотности фрагментирующей сети антропогенного происхождения использовались только объекты за пределами населенных пунктов.

В целом, для бассейна Мерлы плотность фрагментирующей сети меньше, чем у белгородской части бассейна Ворсклы. При этом бассейн Мерлы отличается большей плотностью гидрогенной фрагментирующей сети. Для третьего уровня фрагментирующей сети это обусловлено наличием многочисленных ирригационных каналов в поймах Мерлы и Мерчика. Система каналов была создана здесь в 1976–1978 гг. [20]. Что касается второго и третьего уровня фрагментирующих сетей, то более высокая гидрогенная фрагментация бассейна Мерлы связана с большей обводненностью территории, которой способствуют как климатический фактор, так и большая площадь здесь лесных массивов, играющих водоохранную роль.

Различия в плотности антропогенной фрагментирующей сети обусловлено системой расселения. Наиболее заметны они на втором уровне фрагментации. Меньшая фрагментированность бассейна Мерлы на этом уровне обусловлена меньшей протяженностью дорог районного значения, чем в белгородской части бассейна Ворсклы.

Сама по себе плотность фрагментирующей инфраструктуры уже позволяет оценить фрагментированность ландшафтов. Однако эта характеристика не является исчерпывающей. Так весьма близкой плотности фрагментирующей сети, число фрагментов может заметно от-



личаться, что ярко выражено на третьем уровне фрагментации (табл. 1, 2). Этот эффект связан с равномерностью фрагментации.

Таблица 2

Число фрагментов ландшафта для белгородской части бассейна Ворсклы и бассейна Мерлы

Фрагментирующая сеть	Бассейн	Размер крупнейшего фрагмента, км ²	Число фрагментов				
			Общее	> 50 км		> 100 км	
				Шт.	км ² / %	Шт.	км ² / %
ФС-1	Ворскла	830	60	5	2145/94	5	2145/94
	Мерла	1488	34	2	1714/85	2	1714/85
ФС-2	Ворскла	289	129	14	1956/86	10	1654/73
	Мерла	1060	50	4	1565/77	3	1486/73
ФС-3	Ворскла	160	237	13	1219/54	5	677/30
	Мерла	223	178	9	943/47	3	544/27

На всех уровнях фрагментации для бассейна Мерлы, в сравнении с частью бассейна Ворсклы, характерно меньшее число фрагментов, на которые расчленена территория. При этом максимальный размер фрагмента достигает больших величин (см. табл. 2).

Фрагментированность как бассейна Мерлы, так и Белгородской части бассейна Ворсклы неравномерна, что хорошо видно на полученных картах фрагментированности (рис. 2, 3). Чем выше уровень фрагментации, тем сильнее ее неоднородность в пространстве. На первом уровне ареалы повышенной фрагментированности ландшафтов связаны с зонами влияния крупных региональных экономических центров. На втором уровне такие ареалы сосредоточены вдоль магистралей, обеспечивающих межрегиональное и внутрирегиональное транспортное сообщение. На третьем уровне фрагментированность становится более однородной, но становятся заметными ареалы с наименьшей фрагментацией. Они приурочены к периферийным участкам, удаленным от основных центров хозяйственного освоения. Для белгородской части бассейна Ворсклы таковыми являются территории вдоль границы с Украиной, а также вдоль границ административных районов. В бассейне Мерлы наиболее крупные фрагменты сосредоточены в южной его половине.

Следует отметить одну значимую особенность фрагментации исследуемых бассейнов: наиболее крупные фрагменты заполнены преимущественно пашней, сочетающейся с овражно-балочными комплексами и байрачными лесами. Поэтому такие фрагменты, несмотря на свой размер, имеют пониженное значение для сохранения биоразнообразия. А их видовой состав представлен преимущественно видами, которые хорошо адаптированы к условиям агроландшафтов.

Проблема фрагментированности на исследуемой территории остра именно потому, что наиболее значимые площади лесов и пойм приурочены к мелким фрагментам территории. Такое состояние возникло вследствие наложения пространственной структуры расселения на изначальную структуру ландшафтов. Для лесостепной зоны характерна приуроченность крупных лесных массивов к речным долинам (нагорные дубравы на правобережье и сосновые боры на левобережных террасах). Поскольку заселение территории шло также вдоль речных долин, то параллельно им и прошли основные транспортные магистрали, фрагментируя лесные массивы и поймы.

Стоит, однако, отметить, что в бассейне Мерлы сохранились крупные массивы сосновых боров, которые по площади сопоставимы с сохранившимися нагорными дубравами. В то время как в белгородской части бассейна Ворсклы лиственные леса преобладают над хвойными. То есть для бассейна Мерлы характерно сочетание меньшей фрагментированности с более сбалансированной структурой ландшафтов. Видимо это явилось одним из факторов, способствовавшим лучшей сохранности здесь реликтовых ландшафтов, по сравнению с Белгородской частью бассейна Ворсклы [14].

Показатели фрагментированности изучаемых территорий приведены в таблице 3. В целом бассейн Мерлы оказался менее фрагментированным, чем белгородская часть Ворсклы. Это характерно для всех трех уровней фрагментации, но наибольшие различия существуют на втором уровне, что обусловлено различием в протяженности и конфигурации сети дорог районного значения. В бассейне Мерлы они проходят радиально, начинаясь в окрестностях Харькова. А в белгородской части бассейна Ворсклы они распределены более равномерно, напоминая прямоугольную сеть.

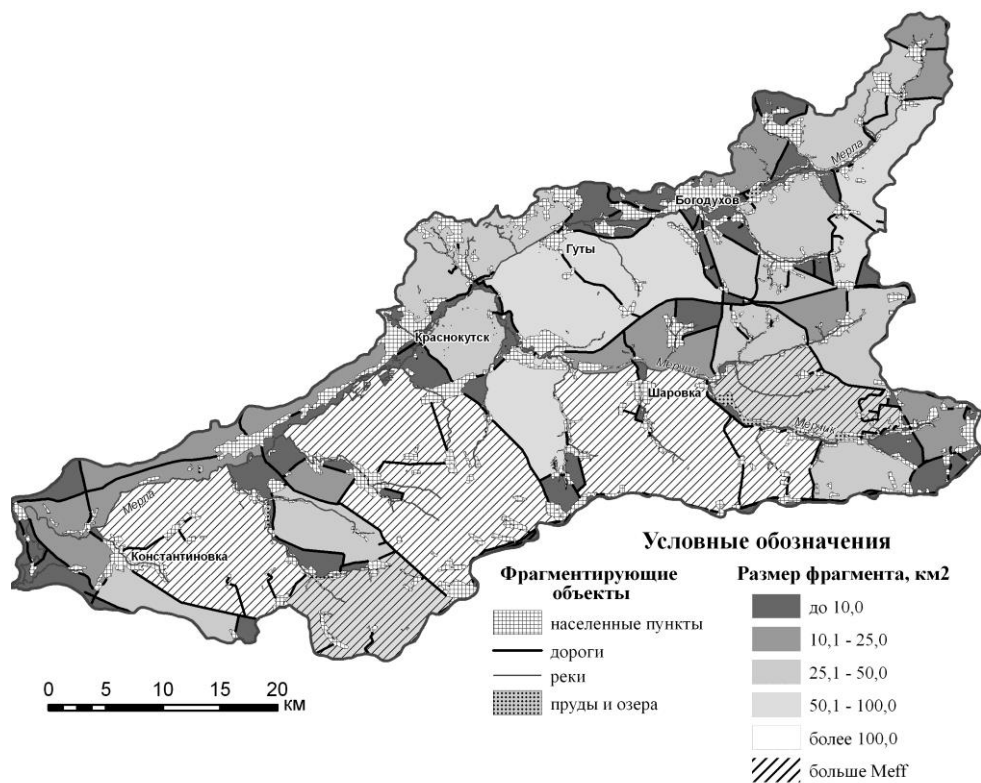


Рис. 2. Рассечение ландшафтов бассейна Мерлы фрагментирующей сетью третьего уровня

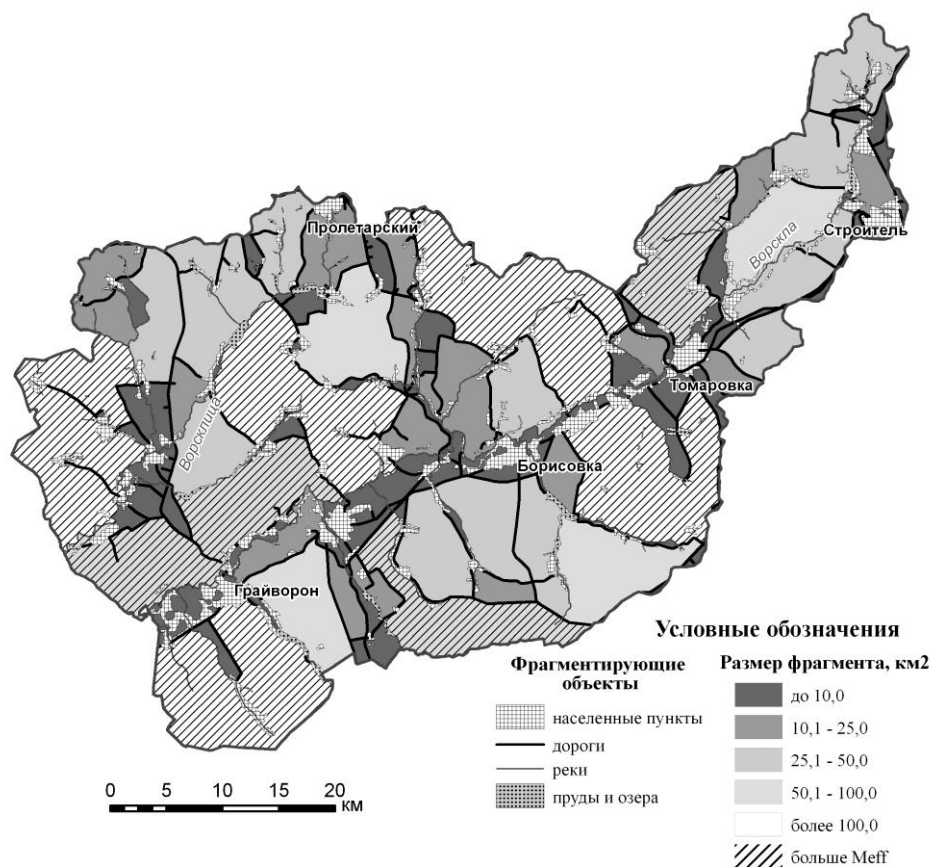


Рис. 3. Рассечение ландшафтов белгородской части бассейна Ворсклы фрагментирующей сетью третьего уровня



Таблица 3

Показатели фрагментации белгородской части бассейна Ворсклы и бассейна Мерлы

Фрагментирующая сеть	Бассейн	C, %	m^{eff} , км ²	SDEN, шт./1000 км ²	SPLI, шт.	DIVI, %	LDI
ФС-1	Ворскла	36	830	1.21	3	64	0.23
	Мерла	55	1118	0.90	2	45	0.28
ФС-2	Ворскла	6	146	6.85	15	94	0.32
	Мерла	30	605	1.39	3	70	0.27
ФС-3	Ворскла	3	68	14.71	34	97	0.40
	Мерла	4	73	13.27	28	96	0.44

На сегодняшний день для всех стран Европейского союза определена величина эффективной ячейки на втором уровне фрагментации [5]. Она колеблется от 7.40 км² у Люксембурга до 2525.04 км² у Норвегии. А среднее европейское значение составляет 573 км². То есть фрагментированность Мерлы выше среднеевропейского уровня. Большой размер эффективной ячейки, имеют только Румыния, Норвегия, Швеция и Финляндия. У белгородской части бассейна Ворсклы размер эффективной ячейки меньше среднеевропейского и меньше, чем у таких стран как Австрия, Болгария, Испания, Греция, Ирландия, Лихтенштейн, Словакия, Великобритания, Румыния, Норвегия, Швеция и Финляндия [5].

Тем не менее, проведенное сравнение с показателями для стран Евросоюза, пока еще не позволяет делать однозначные выводы. Для прояснения ситуации здесь нужны дополнительные исследования барьерной роли объектов фрагментирующей инфраструктуры, так как реальная интенсивность движения и специфика инженерного обустройства дорожного полотна не всегда в России и Украине соответствует их статусу, как в странах Евросоюза.

Из всех показателей фрагментированности более других обращает на себя внимание LDI. Это единственный показатель из рассмотренных, который указывает на большую фрагментированность бассейна Мерлы, по сравнению с Белгородской частью бассейна Ворсклы (на первом и третьем уровне). Это указывает на то, что в бассейне Мерлы получило распространение неполное рассечение, когда объекты фрагментирующей инфраструктуры врезаются в ландшафт, не разделяя его до конца на части.

Выводы

1. Проведенное исследование показало возможность сравнения по показателям фрагментированности территорий в сопредельных областях России и Украины. При этом возможность сравнение полученных результатов с показателями для европейских стран пока остается спорной и требует дополнительных исследований.

2. Бассейн Мерлы отличается меньшей фрагментацией, чем белгородская часть бассейна Ворсклы. При этом белгородская часть бассейна Ворсклы фрагментирована более равномерно. Наибольшие различия проявляются на втором уровне фрагментации, что связано с различиями в развитии инфраструктуры дорог районного значения.

3. На обеих исследуемых территориях повышенными показателями фрагментированности территории характеризуются наиболее значимые в природоохранном плане ландшафты пойм и лесов, приуроченных к долинам рек. А наиболее крупные фрагменты заполнены преимущественно пашней, сочетающейся с овражно-балочными комплексами и байрачными лесами. Это, несмотря на размер фрагментов, снижает их значение для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия.

4. Для бассейна Мерлы характерно сочетание меньшей фрагментированности с более сбалансированной структурой ландшафтов, что вероятно способствовало лучшей сохранности здесь реликтовых ландшафтов, по сравнению с российской частью бассейна Ворсклы.

5. Полученные в ходе исследования данные о конфигурации фрагментирующих сетей и степени фрагментированности территории могут стать основой ряда новых исследований, посвященных оценке барьерной роли антропогенной фрагментирующей инфраструктуры (дорожная сеть) и гидрогенной фрагментирующей инфраструктуры (реки).

6. Представленные данные о конфигурации фрагментирующих сетей могут лечь в основу работ по оптимизации экологической сети бассейнов рек и разработки искусственных инженерно-технических элементов экокоридоров.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 13-05-90915-мол-ин-нр.



Список литературы

1. Оценка состояния генофонда природных популяций позвоночных животных в условиях фрагментированного ландшафта Москвы и Подмосковья (на примере бурых лягушек) / В.М. Макеева, М.М. Белоконов, О.П. Малюченко, О.А. Леонтьева // Генетика. – 2006. – №4. – С. 15.
2. Andren H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat, new data // *Oikos*. – 1999. – №84. – Pp. 306–308.
3. Jaeger. J. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation // *Landscape Ecology*. – 2000. – №15. – Pp. 115–130.
4. Landschaftszerschneidung in Baden-Württemberg: Ergebnisse einer landesweiten räumlich differenzierten quantitativen / J. Jaeger, H. Esswein, H.-G.S. Raumer, M. Müller // *Naturschutz und Landschaftsplanung*. – 2001. – №33 (10). – Pp. 305–315.
5. Landscape fragmentation in Europe / J. Jaeger, T. Soukup, L.F. Madriñán et al. // Joint EEA-FOEN report. EEA Report. – 2011. – №2/2011. – Veröffentlicht von der Europäischen Umweltagentur (EEA) und dem Schweizerischen Bundesamt für Umwelt (FOEN). Luxembourg, Publications Office of the European Union. – 87 s. – Erhältlich in gedruckter Form und als PDF online: <http://www.eea.europa.eu/publications/landscape-fragmentation-in-europe/>
6. Esswein H., Schwarz von Raumer H.-G. Darstellung und Analyse der Landschaftszerschneidung in Bayern // Endbericht, im Auftrag des Landesamtes für Umweltschutz Bayern. Unveröffentlicht. – 2003 – 43 s. – http://www.lfu.bayern.de/natur/landschaftszerschneidung/unzerschnittene_raeume/doc/bericht_lz_bz_06.pdf
7. Esswein H., Schwarz von Raumer H.-G. Analyse der Landschaftszerschneidung in Hessen // Endbericht, im Auftrag des Hessischen Landesamtes für Umwelt und Geologie. Unveröffentlicht. – 2004. – 34 s. – <http://www.hlug.de/fileadmin/dokumente/nachhaltigkeit/landzerschneidung.pdf>
8. Jaeger J., Bertiller R., Schwick C. Degree of landscape fragmentation in Switzerland: Quantitative analysis 1885–2002 and implications for traffic planning and regional planning. // Condensed Version. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel. – 36 p. – Online English: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/en/index/themen/02/22/publ.html?publicationID=2992>
9. Landschaftszerschneidung in Südtirol (Italien): Ein neues Verfahren zum Umgang mit den Grenzen von Untersuchungseinheiten bei der Messung des Zerschneidungsgrades / B. Moser, J. Jaeger, E. Tasser et al. // *Raum-Zeit – Probleme in der Kulturlandschaft*. Tagungsband zur 6. Jahrestagung der IALE-Region Deutschland. – 2005. – Ss. 81–83.
10. Украинский П.А. Изучение фрагментации ландшафтов Белгородской части бассейна Ворсклы при помощи ГИС и ДДЗ // *Материалы конференции «Экология. Экономика. Информатика» (8–13 сентября 2013 г.)*. – Т. 2. Геоинформационные науки и экологическое развитие: новые подходы, методы, технологии. Геоинформационные технологии и космический мониторинг. – Ростов-на-Дону. Изд-во ЮФУ, 2013. – С. 196–201.
11. Физико-географическое районирование СССР (Характеристика региональных единиц) / Под. ред. проф. Н.А. Гвоздецкого. – М.: Моск. ун-та, 1968 – 576 с.
12. Смелянский И.Э. Биоразнообразие сельскохозяйственных земель России: современное состояние и тенденции. – М.: МСОП – Всемирный Союз Охраны Природы, 2003. – 56 с.
13. Оценка рекреационной нагрузки и биологической значимости овражно-балочных комплексов как опорных элементов экологического каркаса Белгородской области / Е.А. Стаценко, А.Г. Корнилов, А.В. Присный и др. // *Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки»*. – 2010. – №9 (80). – Вып. 11. – С. 86–90.
14. Ключові водно-болотні угіддя Харківської області: сучасний стан та відповідність критеріям Рамсарської Угоди / М.В. Банік, А.А. Атемасов, Г.Л. Гончаров та ін. // *Заповідна справа в Україні*. – 2013. – Т. 19. – №1. – С. 1–5.
15. Land accounts for Europe 1990–2000: Towards integrated land and ecosystem accounts, EEAReport. – 2006. – № 11/2006. – Online: http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2006_11/en.
16. Rolf Harbeck. Jahre ATKIS, und die Entwicklung geht weiter. In: *Vermessung Brandenburg*, Heft. – 2001. – 1/2001. – Online: http://www.geobasis-bb.de/GeoPortal1/produkte/verm_bb/pdf/101_s3-14.pdf
17. Селиверстов. О.Ю. OpenStreetMap для задач ООПТ // *Материалы научно-методического семинара «ГИС и заповедные территории» (13–14 апреля 2013 г., Харьковская область, Краснокутский р-он, с. Владимировка)*. – Харьков: Мадрид, 2013. – С. 21–26.
18. Дежин А. Данные OpenStreetMap в формате shape-файлов. – 2011. – Online: <http://gis-lab.info/qa/osmshp.html>
19. Использование данных многозональной космической съемки для анализа свойств почвы и растительности в условиях европейской лесостепи / О.А. Чепелев, П.А. Украинский, В.И. Соловьев и др. // *Вестник ВГУ. Серия «География. Геоэкология»*. – 2009. – №1. – С. 55–60.
20. Про затвердження акта державної приймальної комісії про прийняття в експлуатацію повністю закінчених будівництвом меліоративних систем у заплаві рік Мерла і Мерчик в Харківській області: Постанова Ради Міністрів Української РСР від 16 січня 1978 р. №38. – 1978. – Режим доступу: [http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP780038.html] (дата звернення: 20.04.13).



COMPARATIVE ANALYSIS OF LANDSCAPE FRAGMENTATION IN THE VORSKLA AND THE MERLA RIVER BASINS (KHARKOV REGION, UKRAINE)

A.P. Biatov¹,
P.A. Ukrainsky²,
A.G. Narozhnyaya²

¹*National Nature Park
«Slobozhanskiy», 15 Zarechnaya St.,
urban vil. Krasnokutsk, Kharkov
region, 62000, Ukraine*

E-mail: anton.biatov@gmail.com

²*Belgorod State National Research
University, 85 Pobedy St., Belgorod,
308015, Russia*

Transboundary research of landscape fragmentation in the upper part of the Vorskla River basin (for the Belgorod part of the Vorskla basin in Russia and the Merla basin in Ukraine) is carried out. Landscape fragmentation of the studied territory is evaluated for the first time using European technique of quantitative evaluation, adapted for conditions of CIS forest-steppe zone. The workability of free available spatial data (Landsat satellite images and OpenStreetMap data) in the landscape ecological research is demonstrated.

Key words: the river basins, fragmentation indices, landscape fragmentation, Landsat, OSM.



УДК 911.37

ДЕМОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУР ГОРОДСКОЙ И СЕЛЬСКОЙ МЕСТНОСТИ ЗАБАЙКАЛЬСКОГО КРАЯ

К.В. Горина

*Институт природных ресурсов,
экологии и криологии СО РАН,
Россия, 672014, г. Чита,
ул. Недорезова, 16а, а/я 521*

E-mail: gorinao8@yandex.ru

В статье рассматриваются демографические потенциалы населенных пунктов городской и сельской местности Забайкальского края, основанные на характеристике общей численности населения, показателях естественного и миграционного движения населения. Отражены результаты снижения демографических потенциалов пунктов территории, представленные структурными изменениями в системе регионального расселения. Рассмотрена типизация сельских населенных пунктов региона на основе их численности населения.

Ключевые слова: Забайкальский край, система расселения, людность населенных пунктов, городское и сельское население, естественное и миграционное движение населения.

Введение

Общественные процессы влияют на структуру и свойства территориальных социально-экономических систем, подвижным компонентом которых выступает население, первоначально реагирующее на все преобразования и кризисные явления. Его размещение и концентрация определяет пространственные характеристики систем расселения, отражает темпы урбанизации территории, комплексность и взаимосвязанность всех элементов системы.

Общие тенденции развития демографической ситуации в стране и регионах, связанные с сокращением численности жителей и изменением режимов воспроизводства населения, определяют сдвиги в территориальной организации расселенческих структур пространства, усиливая центрально-периферийные акценты в распределении населения по территории. Данные процессы выражаются в поляризации городской и сельской местности – стягивании и концентрации населения в крупные поселения на всех статусных уровнях, сокращении численности жителей небольших и опустение мелких пунктов, тем самым определяя постепенную трансформацию всей системы расселения территории. Так, на современном этапе в Забайкальском крае выделяется 7 населенных пунктов, сосредоточивших более 50% удельного веса населения своего района и 15 пунктов, концентрирующих от 35 до 50% населения – потенциальные крупные локусы притяжения населения, преимущественно представленные поселками городского типа и районными центрами [1]. Процессы такого плана приводят к постепенному изменению рисунка расселения освоенного демогеографического пространства территорий, сопровождающегося его «сжатием» за счет сокращения сети расселения, что совпадает с высказанным мнением А.И. Трейвиша о процессах сжатия пространства как «процесса физического сокращения обжитых и интенсивно освоенных территорий» [2]. Происходящие изменения наблюдаются на всей территории страны, поэтому актуальность их изучения нашла отражение в работах Т.Г. Нефедовой, Н.В. Зубаревич, Л.П. Фукса, О.Г. Завьяловой и др. [3, 4, 5, 6].

Данные процессы сопровождаются непрерывным движением населения – механическим и естественным, в некоторой степени определяющим жизнеспособность населенных пунктов всех типов – от городов до мелких сел и деревень. Планомерная убыль населения при низком уровне возобновления демографических потенциалов населенных пунктов снижает их социально-демографическую стабильность, так как «людность является одним из важных индикаторов уровня социально-экономического развития пункта, степени устойчивости его функционирования» [7]. Людность поселений, в особенности сельских, определяет их фактическое существование, является фактором укрепления социально-демографической «жизнеспособности» территориальных объектов, выполняющих в пограничных регионах геополитическую функцию репрезентативности границы государства.

Усиливает социально-демографическую нестабильность поселений отрицательный характер протекания процессов рождаемости в регионе. Исторически, рождаемость в сельской местности была в 1.3–1.4 раза выше, чем в городских поселениях. Отрыв селян от своей сельской основы при переезде в город еще больше обостряет проблему естественного движения

населения [8] и сказывается на изменении их демографического поведения. Если на конец прошлого века сельское население в регионе в этом процессе опережало городское, особенно по показателям типично сельской местности, то на начало XXI века это преобладание стало минимальным [9]. Городская местность с ее значительной численностью жителей в крае, характеризуется невысокими показателями рождаемости. Это в определенной степени подтверждает высказывание В.В. Пациорковского о восполнении генофонда населения городов «они в процессе исторического развития стали утрачивать способность к демографическому развитию и воспроизводству самого человека. Огромные возможности для самореализации и почти полностью искусственная среда крупных городов сами по себе оказывают не самое благоприятное влияние на мотивацию создания семьи, брака и детности» [10].

При этом происходящие изменения влияют на организацию всего социально-экономического (жизненного) пространства региона. Концентрация населения в городах и крупных населенных пунктах региона приводит к возрастанию демографической, социально-бытовой, экологической, транспортной и другой нагрузки, что сказывается на условиях и качестве жизни населения, а процессы сокращения численности населения в сельской местности и высокая территориальная удаленность многих населенных пунктов в регионе обуславливают проблемы эффективного размещения объектов инфраструктуры разного профиля. Самые близко расположенные населенные пункты относятся к ареалу Агинского Бурятского округа – один населенный пункт приходится на 201 кв. км. Для центральной лесостепи, юго-восточной и западной таежных зон Забайкальского края характерны незначительные отклонения от этого значения (328, 327 и 495 кв. км соответственно), что связано с процессом освоения и заселения территории.

В связи с этим возникает необходимость представления характеристики демографических потенциалов территориально-поселенческих структур Забайкальского края на современном этапе в условиях продолжающейся урбанизации территории и негативного характера протекания демографических процессов в населенных пунктах региона.

Объекты и методы исследования

Территория Забайкальского края относится к периферийной, пограничной территории, соседствующей с Китаем и Монголией. Она исторически характеризовалась слабой заселенностью и неравномерностью размещения населения вследствие суровых природно-климатических условий, но при этом государственная политика была направлена на закрепление жителей в пограничной полосе. Увеличение численности населения в регионе наблюдалось до 1989 года, после этого периода начинается ее спад, преодолеть который не получается на современном этапе. Кризисные явления социально-демографического характера конца прошлого столетия повлияли на количественные и качественные характеристики региональной системы расселения, итоговым результатом которых выступает сокращение числа населенных пунктов и снижение их демографических ресурсов.

В связи с этим актуальным представляется проведение анализа изменений демографических потенциалов структур городской и сельской местности Забайкальского края на основе показателей численности населения, естественного и миграционного движения жителей поселенческой сети. Объектом исследования выступают демографические потенциалы населенных пунктов городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов региона.

Анализ социально-демографической ситуации на исследуемой территории базируется на сведениях переписей населения соответствующих лет и текущих учетах государственной статистики, с применением историко-географического, статистического, картографического и геоинформационного методов.

Результаты и их обсуждение

На современном этапе региональная система расселения с момента проведения переписи населения 1989 года претерпела ряд количественных изменений, выражающихся в сокращении населенных пунктов и снижении демографических потенциалов существующих поселений. По сравнению с данными конца прошлого столетия каркас расселения потерял 38 территориальных единиц, а численность населения в Забайкальском крае сократилась на 19% (табл. 1). Процессы сокращения сети расселения связаны с опустением мелких сельских населенных пунктов и с переходом их в разряд без населения, что сопряжено с внутри региональными перемещениями жителей и изменением типов воспроизводства населения. Миграционная мобильность жителей региона приводит к усилению асимметричности в размещении городского и сельского населения – основную массу жителей Забайкальского края концентрирует городская местность – 65% населения, сосредоточенного в 6.4% населенных пунктов региона от их общего числа [11].



Таблица 1

Группировка населенных пунктов Забайкальского края по людности

Тип населенного пункта	Абсолютные данные				в % к общему числу			
	число пунктов		человек		число пунктов		человек	
	1989	2012	1989	2012	1989	2012	1989	2012
Всего по региону	828	790	1377438	1120728	100	100	100	100
Городская местность	56	51	899061	733179	6.7	6.4	65.1	65.4
– краевой центр	1	1	365754	327400	0.1	0.1	26.5	29.2
– города	9	9	232602	176643	1.1	1.1	16.9	15.8
поселки городского типа с людностью:	46	41	300705	229136	5.5	5.2	21.7	20.4
– до 3 тыс. чел.	12	16	25222	27077	1.4	2.0	1.8	2.4
– 3.1–5.0	10	9	42931	33231	1.2	1.1	3.1	3.0
– 5.1–10.0	15	7	110606	51987	1.8	1.0	8.0	4.6
– 10.0 и более	9	9	121946	116841	1.1	1.1	8.8	11.4
Сельская местность, в том числе с людностью:	772	739	478377	387549	93.3	93.4	34.7	34.5
– до 100 чел.	157	180	6617	8177	19.0	22.8	0.5	0.7
– 101–299	201	215	38853	40648	24.3	27.1	2.8	3.6
– 300–499	121	107	48341	40969	14.6	13.5	3.5	3.6
– 500–999	144	142	103955	101641	17.4	18.0	7.5	9.1
– 1000 и более	149	95	280611	196114	18.0	12.0	20.4	17.5

По величине своих демографических ресурсов в Забайкальском крае выделяется 1 крупный город – краевой центр Чита, 1 средний в категории от 50 до 100 тыс. чел. и 8 малых – до 50 тыс. чел., причем меньше всего жителей концентрирует город Сретенск (6817 чел.), который по своим демографическим потенциалам сравним с рядом районных центров в сельской местности.

При сохранении прежнего числа выделяемых городов в регионе, значительно уменьшился их демографический потенциал. Особенно заметны потери числа жителей для города Балея, сохранившего почти половину населения на 2012 год от показателя 1989 года, он лидер среди городов региона по убыли своих жителей (табл. 2) [12, 13, 14, 15]. Закрытие в Балейском районе предприятий горнодобывающего профиля повлияло на изменение демографической ситуации, начался сильный отток населения.

Таблица 2

Демографическая характеристика городов Забайкальского края

Город	Численность населения, тыс. чел.			Естественный прирост/убыль, чел.	Миграционный прирост/убыль, чел.
	1989 г.	2002 г.	2010 г.		
регион	1389724	1155346	1107107		
Чита	365754	317183	324942	994	2924
Краснокаменск	66872	55920	55666	94	-595
Борзя	36373	31460	31379		-535
Петровск-Забайкальский	28291	21164	18549	-40	-210
Нерчинск	16961	15748	14959	37	-10
Балей	23898	14797	12533	-28	-129
Сретенск	10445	8192	6850	2	-64
Могоча	17847	13282	13258	177	20
Шилка	18057	14748	13947	7	-192
Хилок	13858	11152	11539	-44	-74

Высокий показатель потери населения характерен для городов Петровск-Забайкальский и Сретенск, значительно снизивших свои производственные мощности. Особенно сильное влияние социально-экономической нестабильности отразилось на обстановке в Петровск-Забайкальском – с закрытием металлургического завода обозначились тенденции сокращения демографических потенциалов населения.

Минимальные значения потери численности населения прослеживаются для Читы. Свои демографические потенциалы краевой центр на современном этапе компенсирует механическим и естественным приростом населения, являясь ядром системы расселения, Чита продолжает ориентировать миграционные потоки на себя (рис. 1) [16].

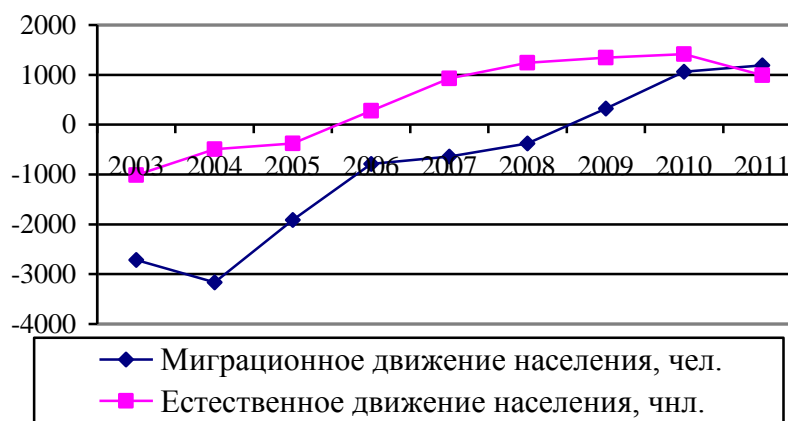


Рис. 1. Динамика естественного и миграционного движения населения г. Читы

По показателям естественного движения населения среди городов прирост жителей в 2011 году наблюдался только у 7, а миграционный приток только у 2 [15]. Не способствуют удержанию жителей социально-экономические потенциалы и непосредственная близость к границе городов Краснокаменска и Борзи, демонстрирующие в показателях преобладание числа покинувших города над приехавшими на новое место жительства.

Относительность благополучия ситуации выражается в абсолютных значениях естественного прироста населения – положительная динамика представлена небольшими для городов величинами, концентрирующими значительную часть жителей своих административных районов. Так, для города Краснокаменска, сосредотачивающего 87% населения района, естественный прирост составил всего 94 человека, что не соотносится с демографическими возможностями его населения при накопленной численности. Для остальных городов показатели еще меньше, естественный прирост не достигает 50 человек.

Произошли структурные изменения в числе поселков городского типа (пгт.), сопровождаемые снижением демографических потенциалов. Уменьшилось число пунктов с плотностью 3.1–5.0 и 5.1–10.0 тыс. человек за счет притяжения населения более крупных пунктов с численностью свыше 10000 человек (см. табл. 1). Сменили статус ряд пгт., чаще всего специализирующихся на развитии горнодобывающей отрасли экономики. Так, расцвет Вершино-Шахтаминского пгт. был связан с производством молибденового концентрата Шахтаминского месторождения, что определило функционирование обогатительной фабрики [17]. Хапчерангинский горно-обогатительный комбинат и обогатительная фабрика являлись главными производственными мощностями пгт. Хапчеранга, но после отработки месторождения в 70-х годах XX века комбинат прекратил свою деятельность [18]. Подобные социально-экономические импульсы определили возникновение и развитие многих населенных пунктов региона, но с затуханием производственной деятельности, «замирают» и снижаются жизненные силы поселений, сокращаются их демографические ресурсы. Так, численность населения Хапчеранги к 2012 году сократилась на 45.5% по отношению к концу прошлого столетия, а Вершино-Шахтаминского соответственно на 48.4%. Кроме того, практически для всех пгт. характерна общая тенденция снижения численности населения. За рассматриваемый период увеличение людности пунктов наблюдается только в поселениях Агинского Бурятского округа (АБО), занимающих лидирующие позиции в регионе по данному показателю: п. Агинское увеличил численность жителей на 43%, п. Могойтуй на 35%, выделяется также ряд поселков имеющих небольшой прирост – Забайкальск (29.4%), Ясногорск (10%), Атамановка (3%). Наблюдаемую положительную динамику можно связать с более благополучной социально-экономической ситуацией в указанных населенных пунктах, что стимулирует не только закрепление собственного населения, но и притяжение жителей других пунктов.

Относительно благополучная ситуация для пгт. прослеживается в показателях естественного движения населения. Среди выделяемых поселков более чем в половине наблюдается превышение числа рожденных над числом умерших, а механический прирост характерен только для 16% единиц [15]. Данная ситуация может означать проявление для населения поселков городского типа характерных свойств воспроизводства сельского населения, исторически отличающегося высокими показателями рождаемости, и невысокий уровень миграционной привлекательности по сравнению с городами.

При этом в большей степени естественная убыль населения наблюдается в пгт. наибольших по людности (от 49 до 3000), а более позитивные показатели демонстрируют до-



статочны крупные поселки с людностью от 5000 чел. и выше. Сохранению населения в городах, как и в поселках городского типа, способствует функционирование Забайкальской железной дороги, являющейся объектом притяжения населения в разные исторические периоды. Разработка месторождений полезных ископаемых на юге Забайкальского края дала толчок заселению этих территорий и появлению новых поселений. Рост числа жителей и новых населенных пунктов был результатом строительства Транссибирской железнодорожной магистрали и последовавшими за ними процессами освоения Забайкалья. Эксплуатация дороги и поддержание ее технического состояния обусловили возникновение новых сел и городских поселений, развитие новых производств, особенно лесозаготовки и частичной переработки леса для нужд железной дороги [19].

Значительные изменения демографических потенциалов населенных пунктов произошли в сельской местности. Структурные изменения касаются сокращения числа сельских населенных пунктов в регионе. Заметное уменьшение количества пунктов наблюдается в пунктах с людностью свыше 300 человек за счет высокой миграционной активности населения в принимающие поселения, стоящие выше по иерархической лестнице (см. табл. 1, 3). Та же тенденция влияет на увеличение пунктов с людностью до 300 человек – это пункты, теряющие население и переходящие в разряд неустойчивых, имеющих тенденции к обезлюдению. Данные процессы отражают усиление мелкоселенности сети сельского расселения в регионе, с дальнейшим снижением ее демографических и трудовых потенциалов.

Снижение демографических потенциалов происходит за счет высокой естественной убыли населения и миграционных перемещений. За отсутствием подробной статистической информации по населенным пунктам региона, в анализе рассматриваются сельские поселения, демографические характеристики которых формируются на основе простых показателей движения населения. Но даже такие обобщенные величины отражают негативные изменения в протекании демографических процессов. Прежде всего, во всех выделяемых типах поселений наблюдается высокая миграционная убыль населения, показатели которой возрастают одновременно с увеличением людности в поселениях (см. табл. 3) [15].

Таблица 3

**Демографическая характеристика сельских поселений
Забайкальского края**

Типы населенных пунктов по численности населения, чел.	Естественный прирост/убыль		Миграционный прирост/убыль	
	«-», в % от числа пунктов в группе	«+», в % от числа пунктов в группе	«-», в % от числа пунктов в группе	«+», в % от числа пунктов в группе
1–100	–	100	50	50
101–299	26.7	73.3	80	20
300–499	47.0	53.0	83.8	16.2
500–999	27.0	73.0	86.5	13.5
1000 и более	81.9	14.1	66.3	33.7

Естественный прирост, наблюдаемый в большей части всех типов поселений, не характеризует благополучие протекающих процессов. При рассмотрении в абсолютных величинах, данные значения представлены невысоким преобладанием числа рождений над числом смертей. Более подробные территориальные особенности отражает рисунок 2. Естественный прирост наблюдается в центральной части региона и ряде поселений юго-востока территории. В основном, это объясняется компактным проживанием в этой части Забайкальского края бурятского населения, высокий уровень рождаемости для которых свойственен исторически. Более чем в половине поселений наблюдается кризис процессов рождаемости населения, усугубляемый относительно невысокими показателями миграционного оттока, но значимыми для небольших пунктов. При невысоком уровне возобновления генофонда жителей поселений, механическая убыль является решающим фактором в усилении процессов депопуляции, так как, прежде всего, покидают свою малую родину жители молодых и трудоспособных возрастов – население в состоянии реализации своих репродуктивных функций.

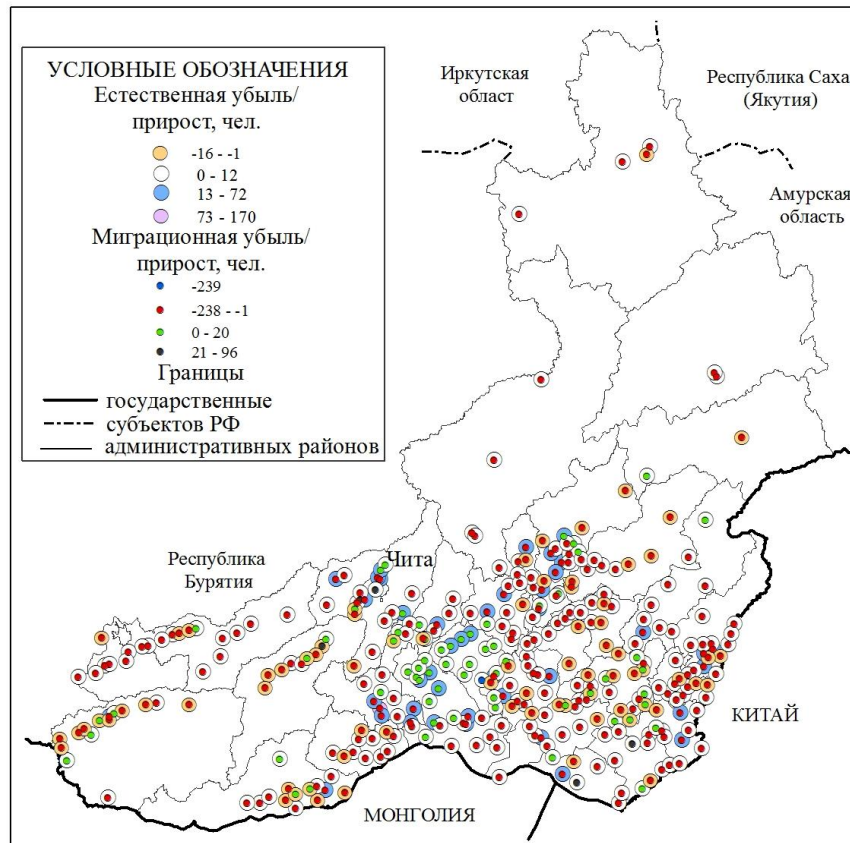


Рис. 2. Демографическая характеристика сельских поселений Забайкальского края на 2011 г.: * – отсутствуют миграционные показатели по поселениям Агинского и Могойтуйского районов

Самыми демографически депрессивными среди сельских населенных пунктов, с которых начинается сокращение каркаса локальных районных систем расселения и постепенное «сжатие» освоенного географического пространства территории, являются пустующие деревни. На 2012 год было выделено 11 населенных пунктов без зарегистрированного постоянного населения [20]. Данные пункты становятся напоминанием о былом присутствии человека на территории, с утратой социально-экономических, транспортных, демографических и других функций происходит потеря заселенной части территории.

Выделяется категория сельских пунктов – переходных к пустующим (здесь и далее используется типология М.Н. Куницы [7]). С учетом больших площадей административных районов Забайкальского края и показателей межселенного сообщения, к данной категории отнесены пункты с численностью до 300 человек (до 100 человек и от 101–299 жителей). Удельный вес пунктов этой группы в регионе увеличился по сравнению с концом прошлого века на 9.4%, на современном этапе они сосредотачивают 12.6% от совокупности жителей сельской местности. Приведенные данные говорят о нарастающей мелкоселенности сети расселения региона, основы формирования которой, связаны с историческим этапом освоения территории. Эта категория поселений теряет жителей за счет притяжения более крупных по людности и относительно стабильных по уровню социально-экономического, культурного и административного развития пунктов. Чаще всего данные поселения представляют «островки жизни» в районах, так как располагаются на его периферии.

Выделяется тип поселений, характеризующийся как слабо устойчивые с убывающим населением. Указанная группа включает численность жителей от 300 до 499 человек и составляет 14% от общего числа населенных пунктов, с проживанием 10.6% сельского населения. Кроме того, можно выделить населенные пункты, обладающие определенным демографическим потенциалом и формирующие значительную долю территориально-расселенческих структур, но также подверженные потери собственного населения за счет миграционной и естественной составляющей. К ним относятся населенные пункты с людностью от 500 до 999 человек, характеризующиеся как относительно устойчивые, они составляют 19% от сельских пунктов и концентрируют 26.2% жителей. Данная категория СНП характеризуется слабой инфраструктурной обеспеченностью (транспортная, социально-бытовая, культурная и др.), либо ее частичным присутствием, что определяет зависимость населения от крупных населенных пунктов, располагающих данными видами услуг. Что подтверждается мнением С.А. Ковалева,

о том, что «при 1000 жителей в населенном пункте большинство обслуживающих учреждений будут иметь минимальные размеры, а селения, имеющие менее 500–600 жителей, вынуждены пользоваться учреждениями ближайшего крупного села или районного центра, нередко расположенного на значительном расстоянии» [21].

Большой относительной демографической стабильностью обладают центры устойчивого каркаса сельского расселения. К этому типу относятся сельские населенные пункты с численностью от 1000 человек и более (максимум 7000 чел.). Они составляют 11,5% от общего числа пунктов по краю (13% от СНП), концентрируют 51% сельских жителей. Данная группа пунктов представлена в своем большинстве районными центрами – ядрами концентрации административных, культурных, торговых и производственных функций. Данные объекты территории чаще всего располагают разными видами социально-бытовой и транспортной инфраструктуры, но, несмотря на свои функциональные возможности, демографические потенциалы этой группы также снижаются.

Качественная дифференциация по рассматриваемым типам СНП позволяет определить преобладающий тип населенных пунктов в административных районах края. Такой подход определяет структурно-демографические особенности районных систем расселения и тенденции их дальнейшего развития. В некоторой степени он позволяет охарактеризовать социально-экономической уровень развития районов и степень хозяйственного освоения территории, что связано с возможностями притяжения и закрепления населения. Учитывая, что основная часть населенных пунктов региона представлена сельской местностью, рисунок расселения и границы освоенного географического пространства территории представлены этим видом поселений. Исторически они определяли степень присутствия в новых освоенных краях и границы расширения территориальной системы расселения в регионе, так как «первоначально освоение национальной территории системой расселения происходит на аграрном этапе развития социума, способствует максимально широкому расселению и экстенсивному освоению территорий» [22]. В связи с этим, приводимая типология включает анализ только сети СНП, объекты городской местности характеризуются относительно высокой устойчивостью развития, благодаря своей накопленной численности населения и функциональной значимости.

В структуре сельского расселения выделяется северная зона региона с преобладанием населенных пунктов с людностью до 100 человек (рис. 3). Слабая освоенность и заселенность территории, обусловленная суровыми природно-климатическими условиями жизни населения, определяет высокую степень дискомфорта проживания. В связи с этим формируется дискретный, очаговый тип заселения территории, в данном случае характеризующийся невысокой людностью населенных пунктов.

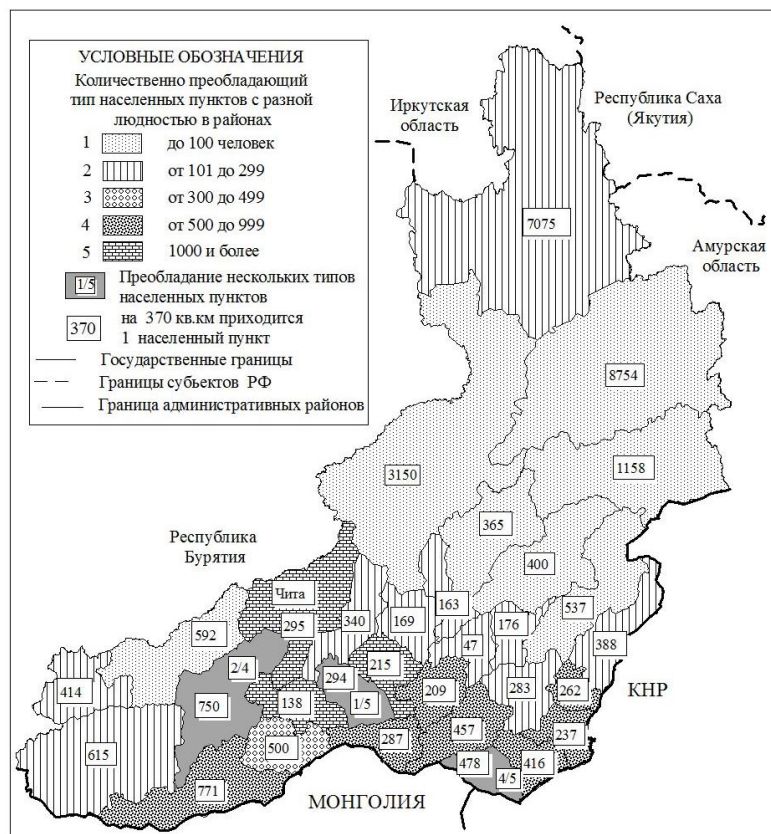


Рис. 3. Территориальная дифференциация сельских населенных пунктов региона по численности населения на 2012 г.



Почти у трети территориальных единиц региона основу существующей структуры расселения составляют населенные пункты с людностью до 300 человек. Такие региональные особенности объясняются историческими событиями освоения и заселения территории, что определило существование небольших населенных пунктов, основная часть которых была образована в конце XVIII – второй половине XIX веков.

Самый малочисленный тип, выявленный в регионе, представлен населенными пунктами с людностью до 500 человек. К нему относится Акшинский приграничный район. Почти треть приходится на четвертую категорию населенных пунктов (от 500 до 999) и небольшая доля (10%) на более крупные села (более 1000 человек). К последней группе относятся районы Агинского Бурятского округа и Читинский район.

Заключение

Демографические потенциалы населенных пунктов городской и сельской местности территории Забайкальского края на современном этапе значительно снизились по отношению к концу прошлого столетия и характеризуются дальнейшими тенденциями к уменьшению. Данные процессы связаны с миграционной активностью населения и естественной убылью жителей.

Процессы движения населения повлияли на структурные преобразования поселенческой сети региона, но, несмотря на это, географический рисунок каркаса расселения, складывающийся в течение длительного времени сохранил основную конфигурацию. Незначительные изменения произошли в территориальных структурах городской местности – при сохранении прежнего количества городов в регионе, сократилось число поселков городского типа за счет перехода их в разряд сельских населенных пунктов. При общем снижении численности населения в городской местности, показатели естественного прироста жителей в пгт. характеризуются большей благополучностью ситуации, чем в городах, но меньшей миграционной привлекательностью. В определенной мере, это позволяет говорить о том, что демографическая ситуация в поселках сочетает в себе черты репродуктивного поведения городских и сельских жителей.

Демографические потенциалы сельских поселений также демонстрируют снижение величин по отношению к концу XX столетия. При невысоких показателях естественного прироста населения в сельских поселениях наблюдается механический отток жителей, что влияет на увеличение количества небольших пунктов, переходом в более низкий ранг средних и крупных поселений и влечет «размывание» этой относительно устойчивой прослойки. Очевидно, что в районах с преобладанием пунктов, относящихся к «переходным и неустойчивым» быстрее будет наблюдаться сокращение сети каркаса расселения за счет исчезновения мельчайших сел и деревень.

В целом, общая тенденция снижения людности всех населенных мест определяет неблагоприятную демографическую ситуацию в поселениях – в настоящее время существующий уровень рождаемости в большей части пунктов не компенсирует естественную убыль населения, и усугубляется высокими миграционными перемещениями. Данные процессы способствуют поляризации расселенческого пространства региона, усиливают тенденции нарастания мелкоселенности пунктов. Практически повсеместная миграционная убыль в крае подтверждает усиление центростремительных перемещений населения.

Общий тренд развития системы расселения региона связан с дальнейшим сокращением численности жителей в населенных пунктах, при этом важное значение имеет вопрос динамики или «скорости» протекания этих процессов, что является темой будущего исследования.

Список литературы

1. Половозрастной состав населения Читинской области (на 1.01.1991-1992 гг.): Стат. сб. / Управление статистики Читинской области. – Чита, 1992. – 102 с.
2. Трейвиш А.И. «Сжатие» пространства: трактовка модели // Сжатие социально-экономического пространства: новое в теории регионального развития и практике его государственного регулирования. М.: Эслан, 2010. – С. 20–25.
3. Нефедова Т.Г. Сжатие внегородского освоенного пространства России – реальность, а не иллюзия // Сжатие социально-экономического пространства: новое в теории регионального развития и практике его государственного регулирования. М.: Эслан, 2010. – С. 128–144.
4. Зубаревич Н.В. Трансформация сельского расселения и сети услуг в сельской местности // Известия РАН. Сер. «География». – 2013. – №3. – С. 26–38.
5. Л.П. Фукс Ресурсы организации территории России [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://experts.megansk.ru/full_news.html?id_news=39 (дата обращения 10.02.2014 г.).



6. Завьялова О.Г., Менщикова Л.В. Руральная система жизнедеятельности населения региона (на примере Курганской области) // Научные ведомости БелГУ. Сер. «Естественные науки». – 2013. – №10 (153). Вып. 23. – С. 157.
7. Куница М.Н. Типология сельских населенных пунктов Центральной России: демо-экологический аспект // Региональные исследования. – 2011. – №3 (33). – С. 111–117.
8. Булаев В.М. Методы исследования в региональной демографии (Предмет. Региональный анализ. Практика): Монография. – Улан-Удэ: изд-во БНЦ СО РАН, 2008. – 116 с.
9. Булаев В.М., Горина К.В. Воспроизводственный потенциал городского и сельского населения Забайкальского края // Социологические исследования. – 2013. – №12. – С. 95–99.
10. Пациорковский В.В. Сельско-городская Россия. – М.: ИСЭПН РАН, 2010. – С. 43.
11. Статистический ежегодник Забайкальского края 2011 года: Стат. сб. / Забайкалкрайстат. – Чита, 2011. – 299 с.
12. Всесоюзная перепись населения 1989 г. Численность городского населения РСФСР, ее территориальных единиц, городских поселений и городских районов по полу [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.demoscope.ru/weekly/ssp/rus89_reg2.php (дата обращения 10.02.2014 г.).
13. Численность и размещение постоянного населения в Читинской области 2002 г. Стат. сб. / Управление статистики Читинской области. – Чита, 2003. – 105 с.
14. Численность и размещение населения Забайкальского края по итогам Всероссийской переписи населения 2010 года: Стат.сб. / Забайкалкрайстат. – Чита, 2012 – 81 с.
15. Паспорта муниципальных образований [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru/scripts/db_inet2/passport/munr.aspx?base=munst76 (дата обращения 10.02.2014 г.).
16. Миграция населения Забайкальского края. Стат.сб. / Забайкалкрайстат. – Чита, 2012. – 33 с.
17. Вершино-Шахтаминский [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://encycl.chita.ru/encycl/-concepts/?id=184>(дата обращения 10.02.2014 г.).
18. Хапчеранга [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://encycl.chita.ru/encycl/concepts/?id=6638> (дата обращения 10.02.2014 г.).
19. Булаев В.М. Этнонациональные особенности формирования населения Восточного Забайкалья (социально-географическая интерпретация): Монография. – Улан-Удэ: изд-во БНЦ СО РАН, 1998. – 171 с.
20. С карты Забайкальского края исчезли 11 населенных пунктов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zabinfo.ru/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=90031> (дата обращения 10.02.2014 г.).
21. Ковалев С.А. Географическое изучение сельского расселения (Задачи, методика, материалы, специальные карты расселения). – М.: Изд-во МГУ им. М.В. Ломоносова, 1960. – 338 с.
22. Мазаев А.Г. Закономерности динамики развития территориальных систем расселения: геополитический аспект // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – Вып. 2-2009 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.uniir.ru/images/stories/journal/2-2009/mazaev-ml.pdf> (дата обращения 10.02.2014 г.).

DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF THE URBAN AND RURAL AREAS STRUCTURES OF TRANSBAIKALIA REGION

K.V. Gorina

*Institute of Natural Resources,
Environment and Cryology SB RAS,
post office box 521, 16a Nedorezov St.,
Chita, 672014, Russia*

E-mail: gorinao8@yandex.ru

The article examines the demographic potentials of the urban and rural areas settlements in Transbaikalia region, based on the general population characteristics, the rates of natural population movement and migration. The results of the demographic potentials depression are reflected showing reduce points on the territory represented by structural changes in the system of regional settlement. Typification of rural settlements of the region based on their population has been considered.

Key words: Transbaikalia territory, the system of settlements, population density of settlements, urban and rural population, natural and migratory movement of population.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абрамова Л.М. – доктор биологических наук, профессор, Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, Уфа, Россия
- Авраменко Г.В. – профессор, доктор химических наук, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
- Агурова И.В. – кандидат биологических наук; Донецкий ботанический сада НАН Украины, Донецк, Украина
- Алтухов А.А. – аспирант; Белгородская государственная сельскохозяйственная академии им. В.Я.Горина, п. Майский, Белгородский р-н, Белгородская обл., Россия
- Алябьева Т.М. – кандидат химических наук, доцент; Белгородский университет кооперации, экономики и права, Белгород, Россия
- Афанасьев П.И. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; Белгородская государственная сельскохозяйственная академии им. В.Я.Горина, п. Майский, Белгородский р-н, Белгородская обл., Россия
- Бабушкина И.В. – кандидат мед.наук; Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Минздрава РФ, Саратов, Россия
- Белова С.В. – кандидат биологических наук; Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Минздрава РФ, Саратов, Россия
- Биатов А.П. – начальник отдела; Национальный природный парк «Слобожанский», пгт. Краснокутск, Харьковская область, Украина
- Буряк И.А. – кандидат биологических наук; Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Харьков, Украина
- Буханов В.Д. – кандидат ветеринарных наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
- Везенцев А.И. – доктор технических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
- Власова К.Ю. – студент; РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
- Габрук Н.Г. – кандидат биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
- Габышева Л.П. – кандидат биологических наук; Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Институт естественных наук Северо-Восточного Федерального университета им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия
- Галич Д.Е. – кандидат биологических наук; Тобольская комплексная научная станция УрО РАН Тобольск, Тюменская область, Россия
- Гальченко С.Е. – доктор биологических наук; Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Харьков, Украина
- Гладкова Е.В. – кандидат биологических наук; Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Минздрава РФ, Саратов, Россия
- Говорова Ю.С. – аспирант; Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Харьков, Украина
- Голованов Я.М. – кандидат биологических наук; Ботанический сад-институт Уфимского научного центра РАН, Уфа, Россия
- Горбачева А.А. – кандидат биологических наук; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
- Горина К.В. – кандидат географических наук; Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения РАН, Чита, Забайкальский край, Россия
- Горячая И.П., – аспирант; Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Харьков, Украина
- Гусев А.В. – кандидат географических наук; Станция юных натуралистов, Новый Оскол, Белгородская область, Россия
- Девятова Е.А. – аспирант; Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга, Петропавловск-Камчатский, Россия
- Долгополова Н.В. – кандидат сельскохозяйственных наук, Курская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора И.И. Иванова, Курск, Россия
- Зинченко А.В., – доктор биологических наук, профессор; Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Харьков, Украина
- Зинченко В.Д., – доктор биологических наук, профессор; Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Харьков, Украина
- Карякина Е.В. – доктор медицинских наук, профессор; Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Минздрава РФ, Саратов, Россия
- Киенская К.И. – кандидат химических наук, доцент; РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
- Клыкков А.Г. – кандидат сельскохозяйственных наук; Приморский НИИСХ, Уссурийск, Приморский край, Россия
- Ковальчук В.П. – биолог 1-й категории; Ботанический сад имени академика А.В. Фомина Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина
- Конюченко Е.А. – кандидат медицинских наук, профессор; Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Минздрава РФ, Саратов, Россия
- Коршунов Г.В. – доктор медицинских наук, профессор; Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Минздрава РФ, Саратов, Россия
- Кривощепов А.Ф. – кандидат химических наук, доцент; РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия



- Кузнецова А.В. – аспирант; Дальневосточный НИИ защиты растений Россельхозакадемии, Уссурийск, Приморский край, Россия
- Кузовкова А.А. – кандидат химических наук; Научно-исследовательский институт органических полупродуктов и красителей, Москва, Россия
- Мамонова И.А. – младший научный сотрудник; Саратовский научно-исследовательский институт травматологии и ортопедии Минздрава РФ, Саратов, Россия
- Мартынова И.А. – аспирант; Белгородская государственная сельскохозяйственная академии им. В.Я.Горина, п. Майский, Белгородский р-н, Белгородская обл., Россия
- Марченко И.Н. – аспирант; РХТУ им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия
- Мацибора А.В. – кандидат географических наук; Институт географии НАН Украины, Киев, Украина
- Нарожняя А.Г. – кандидат географических наук; Федерально-региональный центр аэрокосмического мониторинга объектов и природных ресурсов Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия
- Нгуен Хоай Тьяу – директор; Институт экологических технологий Академии наук и технологий Вьетнама, Ханой, Вьетнам
- Овчаренко Н.С. – аспирант; ННЦ Никитский ботанический сад, пгт. Никита, Ялта, АР Крым, Украина
- Олейникова И.И. – кандидат биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
- Папиш И.Я. – кандидат географических наук, доцент; Львовский национальный университет имени Ивана Франко, Львов, Украина
- Прохорова С.И. – кандидат биологических наук; Донецкий ботанический сада НАН Украины, Донецк, Украина
- Рогоза Л.А. – аспирант; Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Харьков, Украина
- Савицкая Т.А. – кандидат химических наук, доцент; Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
- Савицкая Т.А. – кандидат химических наук, доцент; Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь
- Сандомирский Б.П. – доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины; Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Харьков, Украина
- Смагина В.В. – ассистент; Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия
- Соколова И.А. – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; Курский государственный университет, Курск, Россия
- Соколовский П.В. – аспирант; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
- Терехин Э.А. – кандидат географических наук; Федерально-региональный центр аэрокосмического мониторинга объектов и природных ресурсов Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия
- Тырсин Ю.А. – доктор технических наук, профессор; Московский государственный университет пищевых производств, Москва, Россия
- Украинский П.А. – кандидат географических наук; Федерально-региональный центр аэрокосмического мониторинга объектов и природных ресурсов Белгородского государственного национального исследовательского университета, Белгород, Россия
- Усманова Л.С. – Преподаватель; Кушнаренковский педагогический колледж РБ, с. Кушнаренково, Кушнаренковский р-н, Башкортостан, Россия
- Хархота А.И. – кандидат биологических наук; Донецкий ботанический сада НАН Украины, Донецк, Украина
- Червонный В.В. – кандидат биологических наук, доцент; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
- Чернягина О.А. – старший научный сотрудник; Камчатский филиал Тихоокеанского института географии ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, Россия
- Чиж Н.А. – кандидат медицинских наук; Институт проблем криобиологии и криомедицины НАН Украины, Харьков, Украина
- Чумак П.Я. – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник; Ботанический сад имени академика А.В. Фомина Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина
- Шапошников А.А. – доктор биологических наук, профессор; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия
- Шеламова С.А. – доктор технических наук, доцент; Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова, Воронеж, Россия
- Штрекер Л. – доктор философии; Университет Аляски, Фэйрбрэнкс, США



**Правила оформления статей в журнал
«Научные ведомости Белгородского государственного университета»:
серия «Естественные науки»**

В журнале «Научные ведомости Белгородского государственного университета» публикуются статьи теоретического, методического и прикладного характера, содержащие завершённые результаты оригинальных исследований автора (соавторов) по разделам «Науки о Земле», «Химия» и «Биология» ранее нигде не опубликованные. Обзорные статьи публикуются по заявкам редколлегии или в особых случаях.

Статьи представляются в редколлегию в печатном (1 экз.) и электронном виде с использованием Microsoft Word для Windows. Поля страницы (формата А-4): левое – 3 см, другие по 2 см. Текст (весь) – шрифтом Times New Roman, 12 pt, межстрочный интервал – одинарный, красная строка (абзац) – 1,25 см., выравнивание по ширине. Страницы не нумеруются. Объём статей не должен превышать 12 страниц, включая иллюстративный и графический материал, таблицы, список литературы.

Перед названием статьи необходимо указать УДК (слева сверху). Название статьи оформляется строчными буквами, (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указываются инициалы и фамилии авторов (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указываются название и адрес места работы (с указанием почтового индекса, e-mail автора (соавторов)) обычным шрифтом (12 pt) с выравниванием по центру.

Аннотация статьи (резюме) должна располагаться ниже на два пробела от последнего адреса места работы авторов – обычным шрифтом (12 pt) с выравниванием по ширине. В конце аннотации необходимо указать ключевые слова (5–7).

В конце статьи на английском языке приводятся название, инициалы и фамилии авторов, места работы авторов с почтовыми и электронными адресами, аннотация и ключевые слова с теми же правилами оформления, что и на русском языке.

В статье должны четко и сжато излагаться современное состояние вопроса, описание методики исследований и обсуждение полученных результатов. Заглавие статьи должно полностью отражать ее содержание. Рекомендуется стандартизировать структуру статьи, используя подзаголовки: Введение (теоретический анализ); Экспериментальная часть: объекты и методы исследования, результаты и их обсуждение, заключение (выводы); Список литературы.

Если статья выполнена при поддержке гранта или на основе доклада, прочитанного на конференции, то необходимо сделать соответствующую сноску в заголовке статьи (см. пример).

К статьям, направляемым в редколлегию, должна быть приложена авторская справка: Фамилия, Имя, Отчество, ученая степень, ученое звание, место работы, должность, точный почтовый адрес (с почтовым индексом), контактный телефон, факс, e-mail.

К статьям, выполненным аспирантами или соискателями научной степени кандидата наук, необходимо приложить рекомендацию, подписанную научным руководителем (если руководитель не является соавтором).

Редколлегия направляет полученные статьи на рецензирование.

Редколлегия оставляет за собой право вернуть статью на доработку.

Условия публикации. В течение календарного года автором (авторским коллективом) в журнале может быть опубликовано не более 4-х статей. К публикации принимаются материалы подписчиков журнала (не менее чем полугодичная подписка). Копия квитанции прилагается к материалам, направляемым для публикации.

Более подробную информацию о правилах оформления статей для серии «Естественные науки» и условиях публикации можно получить по адресу http://www.bsu.edu.ru:8806/dok_fakt.htm

**Пример оформления статьи**

УДК 51-72:530.145

Полуклассическое приближение к исследованию двумерных гамильтоновых систем на основе метода нормальных форм¹Н.А. Иванов¹, В.Н. Петров², Н.Н. Сидоров³¹ Белгородский государственный университет, Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85

E-mail: Ivanov@bsu.edu.ru

² Академия гражданской защиты Украины, Украина, 61023, г. Харьков,
ул. Чернышевского, 94³ ННЦ Харьковский физико-технический институт, Украина, 61108, г. Харьков,
ул. Академическая, 1

Изложена процедура приведения. Установлено, что ...

Ключевые слова: классический гамильтониан, нормальная форма Биркгофа-Густавсона, ...

Введение

К настоящему времени установлено существование детерминированного хаоса в различных классических динамических системах [1, 2]. Известно, что детерминированный или классический хаос возможен в консервативных гамильтоновых системах даже с двумя степенями свободы [3], а также и в одномерных гамильтоновых системах, но зависящих от времени [4].

Материал и методы**Результаты исследований****Заключение****Список литературы (ГОСТ-1986)**

1. Лихтенберг А., Либерман М. Регулярная и стохастическая динамика. – М.: Мир, 1984. – 528 с.
2. Степановский Ю.П. Атом водорода во внешнем поле как ангармонический осциллятор // УФЖ. – 1987. – Т. 32. – С. 1316–1321.
3. Соловьев Е.А. Адиабатические инварианты и проблема квазиклассического квантования многомерных систем // ЖЭТФ. – 1978. – Т. 75, вып. 4. – С. 1261–1268.
4. Gutzwiller M.C. Chaos in Classical and Quantum Mechanics. – New York: Springer, 1990. – 432 p.
5. Henon M. Integrals of the Toda lattice // Phys. Rev. – 1974. – Vol. 9, № 4. – P. 1921–1923.

¹ Работа выполнена при частичной грантовой поддержке РФФИ: №03-02-17695, №03-02-16263.



A Semiclassical Approach to the Investigation of the Two-Dimensional Hamiltonian Systems by the Normal Form Method

N.A. Ivanov¹, V.N. Petrov², N.N. Sidorov³

¹ Belgorod State National Research University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia
E-mail: Ivanov@bsu.edu.ru

² Civil defence Academy of Ukraine, Chernyshevsky St. 94, Kharkov, 61023, Ukraine

³ National Scientific Center, Kharkov Institute for Physics and Technology,
Akademicheskaja St. 1, Kharkov, 61108, Ukraine

The receiving procedure of classical Hamiltonian to the Birkhoff-Gustavson normal

Подписка на журнал осуществляется через отделения связи

Ф. СП 1											
Министерство связи Российской Федерации											
АБОНЕМЕНТ на			газету журнал	81466							
НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО			(индекс издания)								
ГОС. УН-ТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ			Кол-во								
(наименование издания)			компл.								
На 2014 год по месяцам											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Куда											
(почтовый индекс) (адрес)											
Кому											
линия						отреза					
						ДОСТАВОЧНАЯ			81466		
пв	место	литер		КАРТОЧКА			(индекс издания)				
На		газету НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ БЕЛГОРОДСКОГО									
		журнал (наименование издания)									
		ГОС. УНИВЕРСИТЕТА. ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ									
Стои-		подписки		руб.			Кол-во		компл.		
мость		переадресовки		руб.							
На 2014 год по месяцам											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
(почтовый индекс)			Город								
			Село								
			Область								
			Район								
код улицы			Улица								
дом	корпус	квартира	(фамилия, и. о.)								