

№9 (104) 2011
Выпуск 15

НАУЧНЫЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1995 г.

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

Учредитель:

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

Издатель:

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

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ
ЖУРНАЛА**

Главный редактор

Л.Я. Дятченко,
ректор НИУ «БелГУ», доктор социологических наук, профессор

Зам. главного редактора

А.П. Пересыткин,
проректор по научной работе НИУ «БелГУ», кандидат педагогических наук

Ответственные секретари:

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

Е.Н. Кролевецкая,
кандидат педагогических наук, доцент кафедры педагогики НИУ «БелГУ»

**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.Н. Куркина,
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (НИУ «БелГУ»)

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ
Белгородского государственного университета
Естественные науки

Belgorod State University
Scientific Bulletin
Natural sciences

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ

Формирование скально-осыпной флоры верхнеальпийского пояса Восточного Кавказа. **М.А.-М. Астамирова, А.С. Абдурзакова, Р.С. Магомадова, А.М. Умаева, З.Ш. Дудагова, Б.А. Хасуева 5**

Изменение сукцессионных систем растительности в плейстоцене: ландшафтно-палеоэкологический анализ (на примере территории Беларуси). **А.П. Гусев 14**

Особенности формирования урбанофлор в различных природно-климатических и антропогенных условиях: факторный анализ и визуализация данных. **В.К. Тохтарь, О.В. Фомина 23**

Некоторые особенности морфологии и анатомического строения корней *Geum urbanum* L. **Т.В. Бурченко, А.В. Лазарев 30**

Ложный дубовый трутовик *Phellinus robustus* Bourd et Galz. в Белгородских дубравах (биоэкология, распространение, вредоносность). **А.В. Дунаев, Е.Н. Дунаева, С.В. Калугина 35**

Исследование засухоустойчивости перспективных для интродукции видов *Momordica charantia* L. и *M. balsamina* L. (Cucurbitaceae). **Доанг Хоанг Жанг, В.К. Тохтарь 43**

Влияние некорневых подкормок на семенную продуктивность капусты брокколи в условиях Белгородской области. **Н.В. Коцарева, Т.П. Шульпекова 48**

Цистолиты шелковицы белой (*Morus alba* L.), произрастающей в Белгородской области. **С.С. Богданов, А.В. Лазарев 53**

Влияние антропогенных факторов химической природы на морфо-биологическую изменчивость *Plantago major* L. и *P. media* L. **Е.И. Попова 57**

Скрытоживущие членистоногие филофаги древесной растительности города Белгорода **В.В. Стручаев 62**

Анализ изменчивости модельных видов наземных моллюсков в популяциях Урала и юга Среднерусской возвышенности. **Э.А. Снегин, М.Е. Гребенников 67**

Гнездовые адаптации некоторых видов птиц в условиях Бобровского Прибитюжья (Воронежская область). **А.Ю. Соколов 76**

Динамика фауны и населения птиц на залежах в лесостепной и степной зонах. **С.И. Больных, П.Д. Венгеров 81**

Концентрация протопорфирина у экологических групп птиц по месту расположения и скрытности гнезд. **П.Д. Венгеров, С.А. Родионова 88**

ХИМИЯ

Синтез и свойства адсорбционно-активных материалов, полученных на основе коксовой пыли. **С.А. Андриянцева, А.В. Бондаренко 96**

Члены редколлегии:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

М.З. Федорова, доктор биологических наук, профессор (НИУ «БелГУ»)

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

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

Подготовила к выпуску
Т.Г. Лагутина

Оригинал-макет *А.В. Присный*,
Н.Ю. Пыленко

E-mail: prisniy@bsu.edu.ru

Подписано в печать 30.06.2011

Формат 60×84/8

Гарнитура Georgia, Impact

Усл. п. л. 23,68

Тираж 1000 экз.

Заказ 135

Подписные индексы в каталоге агентства :

«Роспечать» – 81466,

в объединенном каталоге

«Пресса России» – 39723

Оригинал-макет тиражирован
в Издательско-полиграфическом комплексе
НИУ «БелГУ»

Адрес: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Адсорбционные свойства продуктов обогащения природных монтмориллонитсодержащих глин. **А.И. Везенцев, Е.В. Кормош, Н.М. Здоренко, Л.Ф. Голдовская-Перистая 103**

Исследование механизма активации глин электромагнитным воздействием. **С.Н. Дудина 110**

Регулирование коллоидно-химических свойств каолиновых и глинистых суспензий комплексными добавками. **А.А. Слюсарь, О.А. Слюсарь, Н.М. Здоренко 114**

Определение природных тиофенов хромаграфическими методами. **В.И. Дейнека, А.М. Григорьев, М.Ю. Третьяков 122**

Исследование каротиноидного состава мякоти тыкв. **Л.А. Дейнека, И.А. Гостищев, В.И. Дейнека, М.Ю. Третьяков, А.А. Сиротин 131**

Модификация теста для выявления пародонтита. **Л.А. Дейнека, А.А. Копытов, М.Ю. Игишева, В.А. Борозенцева 137**

Окислительная деструкция индигокармина. **К.С. Ерохин, В.С. Жибурт, Н.А. Глухарева, О.Е. Лебедева 142**

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Геолого-гидрогеологическая характеристика Яковлевского месторождения. **С.В. Сергеев, А.И. Лябах, В.Н. Квачев, В.В. Севрюков 147**

Особенности складчато-разрывной структуры и блочности массивов докембрийских пород месторождений железистых кварцитов КМА. **В.А. Дунаев, И.М. Изматенко 155**

Анализ состояния подземных вод горнопромышленного района КМА на территории Белгородской области. **Н.Н. Крамчинов, А.Н. Петин, И.А. Погорельцев 166**

Исследование прочностных и деформационных характеристик образцов закладочных композитов на основе горно-металлургических отходов. **Е.А. Ермолович, К.А. Измestьев, А.В. Овчинников 173**

Геозоологические аспекты землепользования и устойчивого развития сельских поселений (на примере села Завидовка Яковлевского района Белгородской области). **А.Г. Корнилов, И.А. Гененко, Ю.С. Жеребненко, А.А. Милостной 176**

Мониторинг плодородия черноземов лесостепной зоны. **Н.С. Четверикова, С.В. Лукин, Л.В. Марциневская 184**

Актуальные проблемы формирования кадастровой стоимости земель. **Н.М. Затолокина, В.А. Юшин 191**

Структурно-функциональная организация специализированной геоинформационной системы рекреационного назначения. **И.С. Королева, О.А. Чепелев 195**

Сведения об авторах 199

Информация для авторов 201

№9 (104) 2011
Issue 15

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

L.J. Djatchenko,

Rector of Belgorod National Research University, doctor of sociological sciences, Professor

Deputy editor-in-chief

A.P. Peresyupkin,

Vice-rector for scientific research of Belgorod National Research University, candidate of pedagogical sciences

Assistant Editors

V.M. Moskovkin,

Doctor of geographical sciences, Professor of world economy department Belgorod National Research University

E.N. Krolevetskaya,

Candidate of pedagogical sciences, associate professor of Pedagogics department of Belgorod National Research University

EDITORIAL BOARD OF JOURNAL SERIES

Chairman of editorial series

L.J. Djatchenko,

Rector of Belgorod State University, doctor of sociological sciences, professor

Chief editor:

A.V. Prisyj,

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)

Belgorod State University Scientific Bulletin

Natural sciences

НАУЧНЫЕ ВЕДОМОСТИ

Белгородского государственного университета

Естественные науки

CONTENTS

BIOLOGY

Formation of Rocky-Talus Flora of the Eastern Caucasus Upper-Alpine Zone. **M.A.-M. Astamirova, A.S. Abdurzakova, R.S. Magomadova, A.M. Umaeva, Z.Sch. Dudagova, B.A. Hasueva 5**

Changes of Succession Systems of Vegetation in Pleistocene: Landscape-Paleoecological Analysis (from the Example of Belarus). **A.P. Gusev 14**

Peculiarities of Urbanoflora Formation under Different Natural and Anthropogenous Conditions: Factor Analysis and Visualization of Data. **V.K. Tohtar, O.V. Fomina 23**

Some Features of Morphology and Anatomic Structure of Roots *Geum urbanum* L. **T.V. Burchenko, A.V. Lazarev 30**

The False Oak Tinder Fungus *Phellinus robustus* Bourd et Galz in Belgorod Oak Forests (Bioecology, Prevalence, Injuriousness). **A.V. Dunaev E.N. Dunaeva S.V. Kalugina 35**

Drought Resistance Study of Perspective for Introduction of *Momordica charantia* L. and *M. balsamina* L. Species (Cucurbitaceae). **Giang Doan, V.K. Tokhtar' 43**

Effect of Foliar Fertilizing on Seed Production of Broccoli in the Belgorod Region. **N.V. Kotsareva, T.P. Shulpekova 48**

Cystoliths of White Mulberries (*Morus alba* L.) Growing in the Belgorod Region. **S.S. Bogdanov A.V. Lazarev 53**

Influence of Antropogenous Factors of Chemical Nature on Morphobiological Variability of *Plantago major* L. and *P. media* L. **E.I. Popova 57**

Belgorod Latent Inhabited Wood Vegetation Arthropoda Phyllophages. **V.V. Struchaev 62**

Analysis of the Variability of Model Species of Terrestrial Molluscs in the Populations of Ural and South of Mid-Russia Upland. **E.A. Snegin, M.E. Grebennikov 67**

Nesting Adaptations of Some Bird Species in Bityug River Conditions (Voronezh Region). **A.Yu. Sokolov 76**

Dynamics of Fauna and the Population of Birds on the Fallow Lands in Forest-Steppe and Steppe Zones. **S.I. Bolnykh, P.D. Vengerov 81**

Concentration of Protoporphyrin in Ecological Groups of Birds According to the Location and Concealment of Nests. **P.D. Vengerov S.A. Rodionova 88**

CHEMISTRY

Synthesis and Quality of Sorbents Derived from Coke Dust. **S.A. Andrijantseva A.V. Bondarenko 96**

Adsorption Properties of Enrichment Products of Natural Montmorillonite Clays. **A.I. Vezentzev, E.V. Kormosh, N.M. Zdorenko, L.F. Goldovskaja-Peristaja 103**

Investigation of the Mechanism of Activation of Clay by Electromagnetic Effects. **S.N. Dudina 110**

Responsible secretary:

Yu.N. Kurkina,

Candidate of agricultural sciences, associate professor (Belgorod National Research University)

Members of editorial board:

L.N. Balyatinskaya, Doctor

of chemical sciences, professor (Belgorod National Research University)

I.V. Batlutskaya, Doctor

of biological sciences, professor (Belgorod National Research University)

A.I. Vezentsev, Doctor

of technical sciences, professor (Belgorod National Research University)

Rudiger Wittig, Doctor, professor

(I.V. Gete University, Frankfurt-on-Mine)

A.F. Kolchanov, Candidate

of biological sciences, professor (Belgorod National Research University)

F.N. Lisetskiy, Doctor

of geographical sciences, professor (Belgorod National Research University)

S.V. Lukin, Doctor of geographical

sciences, professor (Belgorod National Research University)

A.N. Petin, Doctor of geographical

sciences, professor (Belgorod State University)

S.V. Sergeev, Doctor of technical sciences,

professor (Belgorod National Research University)

V.N. Sorokopudov, Doctor

of agricultural sciences, professor (Belgorod National Research University)

V.K. Tokhtar, Doctor of biological

sciences, senior scientific employee (Belgorod National Research University)

M.Z. Fiodorova, Doctor

of biological sciences, professor (Belgorod National Research University)

Yu.G. Chendev, Doctor

of geographical sciences, professor (Belgorod National Research University)

V.S. Shilova, Doctor of pedagogical

sciences, professor (Belgorod National Research University)

Prepared for publication copy-editor

T.G. Lagutina

Page layout by *A.V. Prisniy*

N.Y. Pylenko

E-mail: prisniy@bsu.edu.ru

Passed for printing 30.06.2011

Format 60×84/8

Typeface Georgia, Impact

Printer's sheets 23.68

Circulation 1000 copies

Order 135

Subscription reference in Rospechat'

agency catalogue – 81466,

In joint catalogue Pressa Rossii – 39723

Dummy layout is replicated

at Belgorod State University Publishing House

Address: 85, Pobedy str., Belgorod, Russia, 308015

Regulation of Colloid-Chemical Properties of Caolin and Clay Suspensions by Complex Additives. **A.A. Slyusar, O.A. Slyusar, N.M. Zdorenko 114**

Chromatographic Methods for Natural Thiophenes Determination.

V.I. Deineka, A.M. Grigoriev, M.Yu. Tret'yakov 122

Investigation of Pumpkin Pulp Carotenoid Composition. **L.A. Deineka,**

I.A. Gostyshchev, V.I. Deineka, M.Yu. Tret'yakov,

A.A. Sirotin 131

Modification of Parodontitis Revealing Test. **L.A. Deineka,**

A.A. Kopytov, M.Yu. Ighisheva, V.A. Borzenkova 137

Oxidative Destruction of Indigocarmine. **K.S. Yerokhin**

V.S. Zhiburt N.A. Glukhareva O.E. Lebedeva 142

EARTH SCIENCES

The Geologo-Hydrogeological Characteristic of the Yakovlevsky Deposit.

S.V. Sergeev, A.I. Ljabah, V.N. Kvachev, V.V. Sevrjukov 147

Features of Fold-Rupture Structure and Jointing of Massifs of Pre-Cambrian

Rocks of Deposits of Ferruginous Quartzites of the KMA. **V.A. Dunaev**

I.M. Ignatenko 155

Analysis of the State of Ground Water for KMA Mining Area in the Belgorod

Region. **N.N. Kramchaninov, A.N. Petin, I.A. Pogoreltsev 166**

The Study of Strength and Deformation Characteristics of the Backfill

Mixture Samples Based on Mining and Metallurgical Wastes.

E.A. Ermolovich, K.A. Izmostyev, A.V. Ovchinnikov 173

Geoecological Aspects of Land Tenure and Development of Rural Settlements

(From the eExample of the Village Zavidovka of Yakovlevsky District

the Belgorod Region). **A.G. Kornilov I.A. Genenko Y.S. Zhrebnenko**

A.A. Milostnoi 176

Monitoring of the Fertility of Chernozems in Forest-Seppe Zone.

N.S. Chetverikova, S.V. Lukin, L.B. Martsinevskaya 184

Actual Problems of Formation of Cadastral Values. **N.M. Zatolokina,**

V.A. Yushin 191

Structural and Functional Organization of the Ggeographic Information

System of Recreational Use. **I.S. Koroleva, O.A. Chepelev 195**

Information about Authors **199**

Information for Authors **201**

ФОРМИРОВАНИЕ СКАЛЬНО-ОСЫПНОЙ ФЛОРЫ ВЕРХНЕАЛЬПИЙСКОГО ПОЯСА ВОСТОЧНОГО КАВКАЗА

М.А.-М. Астамирова

А.С. Абдурзакова

Р.С. Магомадова

А.М. Умаева

З.Ш. Дудагова

Б.А. Хасуева

*Чеченский Государственный
педагогический институт*

*Россия, 364037, г. Грозный,
Олимпийский проезд, ул.
Киевская, 33*

В статье приводятся сведения о формировании скально-осыпной растительности верхнеальпийского пояса Восточного Кавказа, а также даются сведения о том, что большего развития растительный покров скал и осыпей достигает на карнизах, эти виды находят приют на этом типе местообитания. Но к ним примешиваются уже дерновинные злаки и осоки, характерные для альпийских лугов. Формирование растительности находится в прямой зависимости от процесса накопления мелкозема на местообитании.

Ключевые слова: верхнеальпийская флора, Восточный Кавказ.

Введение

Высокогорные биомы, и особенно их верхние пределы, являются интереснейшими объектами для познания закономерностей адаптации растений к экстремальным условиям жизни. Нигде так четко не выявляются адаптивные возможности растений, структура ценозов и взаимоотношения между организмами, как в крайних условиях жизни, и в частности в субнивальном и нивальном поясах. Известный исследователь высокогорий Лархер (1981, с. 1115) пишет: «Ни одна форма ландшафта не предоставляет экологу больше заманчивых возможностей, чем горы с их разнообразием жизненных сред, находящихся на небольшом расстоянии друг от друга». Известно, что с увеличением высоты над уровнем моря радиация становится интенсивнее, перепады температур более резкие, содержание в воздухе водяных паров — ниже, сила ветра скачкообразно возрастает, и неравномерное распределение осадков. Эдафические условия также оказываются более экстремальными, уменьшается сумма органического вещества в почве. Термическая и обусловленная силой тяжести подвижность субстрата представляет собой дополнительную нагрузку для растений [1].

Высокогорные экосистемы, характеризующиеся неблагоприятной для жизни средой, могут нормально функционировать лишь в том случае, когда отдельные виды и сообщества различных организмов приспособлены к суровым условиям жизни.

Обитатели высокогорий на всех стадиях развития должны быть устойчивы к климатическим воздействиям. В связи с этим у них выработались многообразные приспособления, которые охватывают морфологические адаптации, ход роста и развития (фенологические адаптации), обмен веществ и питание растений (метаболические адаптации) и способность к выживанию при экстремальных нагрузках (адаптации, обеспечивающие устойчивость). В основе всех экологических приспособлений лежат биохимические и физиологические механизмы [1].

При выделении скально-осыпного типа растительности в ботанической литературе встречаются две противоположные точки зрения. Одни авторы, признают эту растительность в качестве самостоятельного типа с характерными группами, присутствующими только для скал и осыпей верхнего пояса [2-8]. Общей, объединяющей чертой этих группировок является их приуроченность к голым материнским субстратам, пионерный характер растительного покрова [8].

Другие авторы возражают против самостоятельности этой растительности как типа и включают её в другие типы [9-13]. Аргументами для таких выводов являются: пестрота флористического состава, многообразие жизненных форм, наличие фрагментов других типов растительности и т.д. В качестве основного аргумента приводится отсутствие четко выраженных фитоценологических признаков в группировках скал и осыпей (эдикаторов, доминантов, ярусности и т.д.), особенно на начальных стадиях ценогенеза.

В.Н. Сукачев, [14-18] давая неоднократно определение фитоценоза, писал, что «под фитоценозом подлежит понимать всякую совокупность растений на данном участке, находящуюся в состоянии взаимозависимости и характеризующуюся определенным составом и строением, так и определенным взаимоотношением со средой». Одновременно он отмечал существование в природе целого ряда сочетаний растительных сообществ, к которым не пригодно данное определение фитоценоза, так как растения растут столь разобщено друг от друга, что между ними совершенно нет борьбы за существование». Такие сочетания растений В.Н.Сукачев называл «агрегациями».

Для обозначения таких несформированных растительных сочетаний были предложены различные типы и понятия. А.А. Гроссгеймом [19] по степени связанности в группировках в процессе фитоценогенеза выделяются четыре ступени усложнения:

- 1) «агрегация» – группировки, образованные чистыми зарослями отдельных высших растений;
- 2) «агломерации» – группировки из нескольких однородных в экологическом отношении видов;
- 3) «семиагрегации» – сочетание из нескольких агломераций, где проявляются некоторые черты ассоциации (ярусность и постоянство видового состава);
- 4) «ассоциация» – сформированное растительное сообщество.

Термин «агрегация» применял также А.П. Шенников [20], подразумевая под ним набор видов, обусловленных не фитоценологическими отношениями, а экотипическими условиями отбора.

В.В. Алехин [21-23], кроме настоящих фитоценозов, предлагал необходимым выделение еще и «группировок», относя к ним те стадии формирования растительного покрова, где господствует случайность в подборе видов растений и неопределенность в их взаимоотношениях. Он различает:

- 1) «односоставную группировку» – где преобладают виды одного какого-то вида растения;
- 2) «разносоставную группировку» – состоящую из нескольких видов, распределенные пятнами и группами.

Здесь выражены некоторые признаки фитоценоза.

А.А. Шахов [24], выделяет также несколько усложняющихся стадий в процессе фитоценогенеза: 1) «колония»; 2) «колония-группировки»; 3) «группировки». Для всех трех стадий характерны отсутствие фитоценологической среды. Н.Я. Кац [25] различает «группировки» и «фитоценозы», Л.А. Корчагин [26] – «неопределенные груп-

пировки» и «растительные сообщества», М.В. Марков [27] – «открытые группировки» и «закрытые группировки-фитоценозы», Б.А. Быков [28] – «проценозы-колонии», «проценозы-группировки», «гиперпроценозы» и стабильные «фитоценозы», А.Г. Воронов [29] – «пионерные группировки», «простые группировки», «сложные группировки», «стадии замкнутого фитоценоза» и т.д.

Таким образом, при терминологическом разнообразии объединяющим моментом является утверждение, что на начальных этапах между растениями нет фитоценологических взаимоотношений, т.е. нет еще «фитогенных полей» [30].

Изучением структуры неассоциированных группировок занимались многие ученые [31-33]. Структурному строению растительных группировок тундры и лесотундры посвящены работы Б.Н. Норина с сотрудниками [34]. Б.В. Петровский считает, что группировки тундровой зоны – это комплексы разных растительных сообществ. В процессе их усложнения он выделяет несколько стадий: конгрегации, агрегации, миксагрегации, конгрегации и комплексы ценозов.

Б.Н. Норин [34], в процессе формирования растительных сообществ на осыпях в горных тундрах выделяет 4 стадии формирования растительного покрова: агрегации, семиагрегации, комплексы и фрагменты фитоценозов. Однообразное чередование фрагментов разных растительных группировок определенного, однообразного размера Б.Н. Норин [34], называет фитохорой.

При описании сочетаний видов растений, не объединенных фитогенными полями В.Д. Александрова [35] применила термин «открытые группировки», который, впоследствии употребили и другие исследователи [36, 37]. Для объединения сходных открытых группировок она же [35] использовала термин «тип открытых группировок» или «комитация» (от латинского *comitur* – сопровождать, сопутствовать). Классификационными рангами комитации являются: 1) агрегации (в объеме, в каком понимают большинство исследователей, а именно - изолированные особи растений, где полностью отсутствуют еще фитоценологические связи); 2) семиагрегации - изолированные друг от друга фрагменты фитоценозов.

В наших исследованиях были описаны территориальные единицы, размерами от десяти до нескольких сотен м, что соответствует фитохорам Б.Н. Норина [34]. Была принята классификационная схема типа открытых группировок [35]. Однако, в отличие от нее, объем понятия «комитация» мы понимаем шире. Это понятие, пишет В.Д. Александрова [35] «... подчеркивало бы, что элементы открытых группировок (отдельные особи и маленькие фрагменты фитоценозов) в семиагрегациях не соприкасаются и не взаимодействуют друг с другом, но лишь сопутствуют друг другу, будучи отделены друг от друга теми или иными промежутками». Но следует отметить, что вопрос о взаимодействиях растений в ботанике остается до сих пор далеко еще не решенным. Визуальным признаком, по которому можно говорить о взаимодействиях растений друг с другом при отсутствии контактов в надземном ярусе, является переплетение корневых систем [38, 39]. Наши данные по раскопкам корневых систем в семиагрегациях показали сомкнутость в некоторых из них. Поэтому, в объем понятия «комитация» мы вкладываем ценологическое взаимоотношение при соприкосновении корневых систем. При благоприятных эдафо-климатических условиях комитации превращаются в соответствующий фоновый тип растительности.

Известно, что скалы представляют собой малоподходящий субстрат для произрастания высших цветковых растений. Объясняется это рядом причин. Во-первых, для скальных обнажений характерны крайне резкие суточные перепады, как на разных участках самой скальной глыбы, так и по сравнению с участками, покрытыми сомкнутой растительностью [12, 40]. Во-вторых, на поверхности скал крайне неустойчива влажность. Основным источником увлажнения – это атмосферные осадки, брызги горных водопадов и родниковых вод, которые быстро стекают с крутых голых скальных стен, вследствие чего растения развиваются в условиях недостаточной влажности. Влажность сохраняется только в скальных трещинах. В третьих – это отсутствие почвы. Почвообразовательный процесс находится только на начальных этапах развития. В четвертых – крутизна поверхности скал, от которой во многом зависят вышеперечисленные факторы.

Работами многих авторов [41-46, 12] показано, что первыми живыми организмами, поселяющимися на бесплодных скальных субстратах, являются бактерии (особенно нитрифицирующие) и водоросли. Скально-осыпные микроорганизмы концентрируются на поверхности каменистых глыб ряд химических элементов, которые находятся в рассеянном состоянии внутри минерала [40]. Они же отмечают, что из водорослей наибольшее распространение имеют сине-зеленые и диатомовые. Продуктами своей жизнедеятельности эти организмы подготавливают субстрат для поселения более высокоорганизованных растений – лишайников, мхов, а затем и цветковых.

А.К. Магакьян [47], значение мхов сводит к тому, что «они обладают способностью накапливать атмосферную влагу, предохраняют от засыхания легко нагреваемую кору выветривания на скалах и создают тем самым более благоприятные условия для развития представителей высшей растительности». В то же время мхи, а также листовые и кустистые лишайники являются накопителями мелкозема и пыли на поверхности субстрата [9].

Таким образом, микроорганизмы, лишайники и мхи, разрушая и накапливая мелкозернистый минеральный материал на поверхности субстрата, способствуют поселению цветковых растений. От их «активности» зависит и эффективность освоения скал. С другой стороны, характер освоения субстрата цветковыми растениями зависит от наличия подходящих экологических ниш. Знание их способствует более объективному познанию закономерности заселения субстрата.

Материал и методы

Объектами данного комплексного исследования являются высокогорные растения и их сообщества, а также высокогорные ландшафты Восточного Кавказа. Для данного исследования нами применялись как стандартные методики, используемые во флористике (маршрутные исследования, гербаризация), геоботанике (геоботанические описания, включая зарисовку структуры растительных сообществ на пробных площадках), биоморфологии растений (описание биоморф растений), почвоведении (методы почвенных разрезов, траншей и лабораторного анализа, собранных образцов почв), так и оригинальный метод исследования температурного режима растений и их местообитаний с помощью специально разработанного для этих целей четырехканального электронного термометра, анализ биоморфологического разнообразия высокогорных растительных сообществ с помощью разработанной для этой цели классификации биоморф высокогорных растений.

В основу работы легли материалы экспедиционных исследований, проведенных в течение 7 полевых сезонов (2003–2010) в различных районах Восточного Кавказа от Казбеги до Самурского хребта, а также в высокогорных районах Северного Кавказа

В результате исследований было собрано около 2500 листов гербария, сделано более 50 геоботанических описаний, 3-4 почвенных профилей для описания структуры корневых систем растений в сообществах и 8-10 почвенных разрезов. Проведены множественные замеры (более 150) температуры субстратов, приземного слоя воздуха и растений. В работе были использованы материалы Гербария Дагестанского государственного университета (ДГУ) и БИН РАН.

Результаты исследования

Скалы и осыпи представляют наименее подходящий примитивный субстрат для произрастания растений. Но уже даже беглого взгляда достаточно, чтобы заметить богатство видового состава, пестрый набор жизненных форм и наличие стадий зарастания субстрата растениями. Это все достигается благодаря наличию разнообразных экологических ниш, которые создаются вследствие особенностей скал и осыпей как субстратов для растений.

Учитывая специфику произрастания растений на скально-каменистых участках, представляется необходимым классифицировать их по отношению к характеру субстрата.

В зависимости от местообитания все зарегистрированные виды скально-осыпной флоры мы подразделяем на следующие группы: 1 группа – непетрофильные, т.е. виды, чуждые скалам и осыпям но встречающиеся здесь случайно и обычно на хорошо задернованных участках; 2 группа – факультативные петрофиты, т.е. виды широко распространенные на скалах и осыпях, но встречающиеся и в других типах местообитаний. А.Г. Долуханов называет их петроадаптантными. Эту группу мы подразделяем на 3 подгруппы, предпочитающие те или иные субстраты:

а) факультативные хасмофиты - виды, предпочитающие скалы, но встречающиеся и на других субстратах [5]. Сюда относятся; *Cerastium biebersteiniana* Schult., *Gystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Draba bryoides* DC., *Gypsophila tenuifolia* Bieb., *Minuartia biebersteinii* (Rupr.) Schischk., *Saxifraga kolenatiana* Regel., *Trifolium trichocephalum* Bieb. и ряд др. видов, всего 56 видов; б) факультативные гляреофиты – виды, предпочитающие осыпи: *Alopecurus glacialis* C. Koch, Linnae, *A. dasianthus* Trautv., *Astragalus alpinus* L., *Chaerophyllum humile* Stev., *Gypsolubka glacialis* C. Koch., *Pedicularis caucasica* Bieb., *Papaver lisae* N. Busch, *Scrophularia minima* Bieb., *Senecio taraxacifolius* (Bieb.) DC., *Vicia aipestris* Stev. и др., всего 30 видов; в) растения каменистых и щебенистых мест. Их можно назвать лапишистофитами. Сюда включили 167 видов: *Alopecurus dasianthus* Trautv., *A. tussceticus* Trautv., *Aster alpinus* L., *Erigeron venustus* Botsch., виды рода *Thymus caucasicus* Willd ex Ronn., *Pulsatilla violaceae* Rupr., *Minuartia verna* (L.) Hiern, *Saxifraga juniperifolia* Adams = *S. oettingenii* Galushko и др.

В третью группу составляют облигатные петрофиты, т.е. виды, встречающиеся только на скалах и осыпях. Эту группу можно разделить на 3 подгруппы: а) облигатные хасмофиты - виды, встречающиеся только на скалах. В скально-осыпной флоре облигатных хасмофитов 19 видов: *Asplenium ruta-muraria* L., *A. viride* Huds., *Campanula petrophila* Rupr., *C. ciliata* Stev., *Silene lychnideae* C.A. Mey., *Saxifraga exarata* Vill., *Scrophularia rupestris* Bieb.ex Willd., *Valeriana saxicola* C.A. Mey., *Woodsia alpina* (Bolton) C.F. Gray и др.; б) облигатные гляреофиты. Это: *Dentaria bipinnata* C.A. Mey., *Silene lychnideae* C.A. Mey, *S. humilis* C.A. Mey., *Lamium tomentosum* Willd, *Viola meyerana* (Rupr.) Klok., *Symphyoloma graveolens* C.A. Mey., *Senecio sosnovskyi* (Sof.) V. Avet, *Viola meyerana* (Rupr.) Klok. в) собственно облигатные петрофиты или их можно назвать «хасмогляреофитами», т.е. общие виды, характерные для скал и осыпей. Из них отметим: *Campanula galushkoi*, *C. argunensis* Rupr., *C. meyeriana* Rupr., *Prima nivalis* Pall., *Minuartia aizoides* (Boiss.) Born., *Saxifraga exarata* Vill., *S. pontica* Albov, *Veronica bogonensis* Tumadzhanov, *V. minuta* C.A. Mey и др.

Для субнивальной флоры Восточного Кавказа отмечает, что при увеличении высоты над уровнем моря «т.е. чем моложе территория, тем характер субстрата становится более однородным и в связи, с чем стираются грани между экологическими нишами». Например, когда типичные хасмофиты *Draba bryoides* DC., *D. mollissima* Stev., *Saxifraga juniperifolia* Adams = *S. oettingenii* Galushko, *S. ruprechtiana* Mandenov, *Silene caucasica* (Bunge) Boiss., *S. humilis* C.A. Mey.и др.) у верхних пределов встречаются на скалах, на щебенисто-каменистых местах, моренах и т.д. Нами также эти же виды были отмечены на щебенистых местах. Но ни один из видов представителей облигатных гляреофитов мы не встречали на скалах. Это возможно говорит о том, что хасмофиты более гибкие при адаптации к экстремальным условиям среды, чем гляреофиты.

Из общего числа видов 253 вида приходится на долю факультативных петрофитов, а непетрофильная группа представлена 75 видами.

Судя по соотношениям экологических групп и особенностью флоры скально-осыпной растительности исследуемой территории, является участие в ее составе сравнительно небольшого количества узкоспециализированных видов (12.7% от общего числа). Такая особенность объясняется историческими этапами формирования скально-осыпной растительности, где происходило обогащение флористического состава выходцами из других сообществ, окружающих скалы и осыпи, и спецификой экологических и эдафических условий местообитаний.

Наши исследования позволяют нам рассматривать скально-осыпную растительность в качестве отдельного самостоятельного типа растительности, Под скально-



осыпным типом растительности мы понимаем ксерокриопетрофильную растительность на выходах материнских пород всех высотных ступеней, на которых высшие растения не образуют сплошного растительного покрова. Этот тип растительности объединяет растительные группировки двух резко различных экотопов: скальных и осыпных. Поэтому растительность и процессы зарастания обоих типов местообитания рассматриваются нами в отдельности.

Все скально-осыпные рефугиумы высокогорий Восточного Кавказа мы поделили на 2 типа: 1. скальные трещины; 2. скальные карнизы, или уступы. Скальные трещины мы подразделяем в зависимости от пространственного направления на два подтипа: а) вертикальные и б) горизонтальные. В трещинах горизонтального направления на отвесных скалистых стенах накапливается больше мелкозема при стоках ливневых и родниковых вод по сравнению с вертикальными трещинами, где наоборот преобладают процессы вымывания. Следовательно, накапливающая и удерживающая способность первого местообитания значительно выше второго.

В результате классификация скальных типов местообитания принимает следующий вид: 1 тип – скальные трещины – а) вертикальные б) горизонтальные; 2 тип – скальные карнизы или уступы.

Оба типа местообитания распространены во всех растительных поясах, особенно трещины вертикального направления, чаще встречаются в субнивальном поясе.

Группировки скал мы также рассматриваем в связи с высотной дифференциацией растительности Восточного Кавказа и названия им даны по доминирующим видам.

Кристаллические сланцы и граниты, из которых состоят в основном вершины, кажутся на первый взгляд безжизненными, однако при тщательном обследовании в трещинах скал встречаются единичные экземпляры растений с облием *solun*, в первую очередь это виды рестаивного типа жизненных форм, обладающие мощным стержневым корнем, далеко уходящим в скальную трещину: *Campanula ciliata* Stev., *Gypsophila tenuifolia* Bieb., *Gymnocarpium dryopteris* L. (Newm.), на увлажненных северных склонах - *Lloydia serotina*, а также плотноподушковидные формы – *Nepeta supina* Stev., *Alopecurus glacialis* C. Koch, Linnae, *C. kazbek* Parrot, *Draba bryoides* DC., *Scrophularia minima* Bieb., *S. exarata* Vill., *Saxifraga columnaris* Schmalh, *S. desulavyi* Oetting и др. Эти виды являются обитателями вертикальных трещин. Распределение их хаотичное, характерно полное отсутствие фитоценологических связей между ними. Набор их обусловлен не ценологическими особенностями, а экологическими условиями данного типа местообитания.

Горизонтальные трещины отличаются большим видовым богатством, так как условия здесь более благоприятные. Кроме вышеназванных видов, обладающих стержневым корнем, отмечаются и виды с другими типами корневых систем, менее приспособленные к условиям скал. Это: *Astragalus humilis* Bieb., *A. theodorii* Grossh., *Campanula caucasica* Bieb., *Potentilla divina* Albov, *Saxifraga moschata* Wilf., *S. sceleropoda* Somm. end Levier, *Sedum teneiium* Bieb. и др. Количество их, как и в первом типе местообитания, небольшое. Фитоценологических связей между растениями здесь также нет и растения находятся в агрегатном состоянии.

Второй тип местообитания – карнизы – в этом поясе встречаются очень малое количество видов растения.

Для этого пояса характерно наличие обоих типов местообитания. В трещинах скал вертикального направления первыми поселенцами являются виды рестаивного типа жизненных форм с простой глубоко-стержнекорневой системой: *Campanula biebersteiniana* Schult., *Draba bryoides* DC., *Potentilla divina* Albov, *Minuartia oreina* (Mattf.) Schischk., *Saxifraga dinniki* Schmalh и др. Эти виды также находятся в агрегатном состоянии. В трещинах горизонтального направления к этим видам прибавляются виды с другими формами корневых систем – это коротко-корневищные ветвистые: *Alchemilla caucasica* Buchs., *A. chlorosericeae* (Buchs.) Juz, *S. karjagini* Sof. = *Tephrosia karjagini* (Sof.) Holub., *Myosotis alpestris* F.W. Schmidt, *Campanula argunensis* Rupr., *C. cillata* Stev., *Minuartia circassica* (Albov) Woronow = *M. caucasica* (Adams) Rupr., *Ranunculus brachylobus* Boiss., *R. baikharica* N. Busch, а также растения каменистых и щебе-

нистых мест обитания: *Anthemis sosnovskyana Fed.*, *Plantago saxatilis Bieb.*, *Valeriana saxicola C.A. Mey.*, на северных склонах – *Lloydia serotina(L.) Reichenb.*, *Viola caucasica Kolenati*, а также некоторые компоненты альпийских ковров – *Alopecurus dasyanthus Trautv.*, *Colpodium colchicum(Stev.) Schmalh.* и др.

Скально-осыпная растительность в целом характеризуется изреженностью и несомкнутостью растений, нечеткостью ярусной дифференциации. Первичные группировки представляют собою агрегации, переходящие при усложнении видового состава в семиагрегации и далее в кометадии, где уже отмечаются фитоценотические связи между растениями, по крайней мере в подземном ярусе. Следующие этапы сукцессионного ряда связаны с усилением роли включенцев из фоновых фитоценозов, внедрением задернителей и, в конечном счете, образованием фитоценозов фонового типа для определенных высотных поясов.

Скально-осыпная флора верхнеальпийского пояса Восточного Кавказа является не только эталоном для высокогорий Восточного Кавказа, но может служить резерватом генофонда многих ценных и полезных с разных точек зрения растений. Здесь сосредоточено значительное количество хороших кормовых, декоративных, лекарственных и др. полезных групп растений. Ряд видов перспективны для использования как закрепители склонов, как подсевные при улучшении малоценных кормовых угодий в горах, как ценные формы для ряда народно-хозяйственных целей. Детальное изучение (особенно в стационарных условиях) скально-осыпной растительности позволит получить новые ценные научные и практические результаты.

Учитывая оригинальность и самобытность флоры и растительности скал и осыпей Восточного Кавказа как эталонного для высокогорий Российского Кавказа, желательно было бы включить его в число биосферных заповедников РФ.

Список литературы

1. Лархер В, Нахуцришвили Г.Ш. О фено- и трофоритмотипах высокогорных растений // Экология. – 1982. – № 4. – С 13-20.
2. Попов М.Г. Растительный покров Казахстана // Тр. Каз.ФАН СССР. – М.-Л., 1940. – Т. 18. – 215 с.
3. Колаковский А.А. Растительность альпийского пояса хребтов Теймас и Эрцог в Абхазии (бассейн р. Чхалты) // Тр. Тбилисс. бот. ин-та. – Тбилиси, 1940. – Т. 7. – С.1-49.
4. Гроссгейм А.А. Растительный покров Кавказа. – М: МОИП, 1948. – 264 с.
5. Выходцев В.И. Опыт классификации растительности Тянь-Шани Алайского горного сооружения. В кн.: Проблемы ботаники. Растительный мир высокогорий СССР и вопросы его использования. – Фрунзе: Илим, 1967. – Т. 9. – С. 14-25.
6. Долуханов А.Г. О некоторых особенностях скально-осыпной высокогорной растительности в верховьях Большой Лиахвы (южные склоны Центральной части Б.Кавказа). – М: МОИП. Отд. биол., 1969. – Т. 84, вып. 6. – С. 86-92.
7. Шихэмиров М.Г. Флора и растительность субнивального пояса бассейна Самура (Дагестан). – Бот. журн., 1971. – Т. 56, № 5. – С. 1211-1216.
8. Vrabert T. Alpine Vegetation der Julisohen Alpen // Poroc. Vzhodnoalp. – dinar. dr. preuc. veget. – 1978. – Vd. 14. – S. 85-89.
9. Павлов В.Н. Растительный покров Западного Тянь-Шаня. – М.: МГУ, 1980. – 245 с.
10. Магакьян А.К. Растительность Армянской ССР. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1941. – 275с.
11. Станюкович К.В., Кривоногова-Станюкович М.В. Колючеподушечники рода *Acanthoïmon* на Памире, их геоботаническая характеристика и высотное размещение // Проблемы биогеоценологии, геоботаники и ботанической географии, посвящ. акад.В.Н. Сукачеву. – Л.: Наука, 1973. – С.280-287.
12. Станюкович К.В. Географическое распространение растений подушечников по Земному шару и на территории СССР // Тр. Тадж. фил. географ. общ. СССР. – Душанбе, 1975. – Вып. 3. – С. 44-52.

13. Агаханянц О.Е. Растительность скал и осыпей Западного Памира // Растительность и растениеводческое освоение Памира. – Душанбе: Дониш, 1967. – С. 99-133.
14. Агаханянц О.Е. О начальных этапах ценогенезиса в условиях Западного Памира. – В кн.: Агаханянц О.Е., Юсуфбеков Х.Ю. Растительность Западного Памира и опыт ее реконструкции. – Душанбе: Дониш, 1975. – С. 60-64.
15. Сукачев В.Н. Что такое фитоценоз? // Сов. ботаника. – 1934. – № 5. – С. 4-18.
16. Сукачев В.Н. Заключительное слово на дискуссии "Что такое фитоценоз?" // Сов. ботаника. – 1934, – № 5. – С. 45-50.
17. Сукачев В.Н. Терминология основных понятий фитоценологии // Сов. ботаника. – 1935. – № 5. – С. 11-21.
18. Сукачев В.Н. Главнейшие понятия в фитоценологии // Сов. ботаника. – 1942. – № 1-3. – С. 5-17.
19. Сукачев В.Н. О принципах генетической классификации в биоценологии // Журн. общ. биол. – 1944. – Т. 5. – № 4. – С. 213-227.
20. Сукачев В.Н. Некоторые общие теоретические вопросы фитоценологии // Вопросы ботаники. – М.; Л.: Наука, 1954. – Т. 1. – С. 291-310.
21. Гроссгейм А.А. Рецензия на статью Долуханова А.Г., Сахокия М.Ф., Харадзе А.Л. «К вопросу о высокогорных растительных поясах Кавказа» // Сов. ботаника, 1946. – Т. 14. – № 1. – С. 64-66.
22. Шенников А.П. Введение в геоботанику. – Л.: ЛГУ, 1964. – 447 с.
21. Алехин Б.В. Что такое растительное сообщество (Растительное сообщество - как выражение социальной жизни у растений). – М., 1924. – 76 с.
22. Алехин В.В. География растений. – М.: Учпедгиз, 1938, – 325 с.
23. Алехин В.В. Растительность СССР в основных зонах. – М., Сов. наука, 1951. – 512 с.
24. Шахов А.А. Формирование фитоценоза (ценогенезис) // Бюлл. МОИП. Отд. биол. – 1946. – Т. 51, вып. 4-5. – С.126-136.
25. Кац Н.Я. йце о сущности фитоценоза и других вопросах фитоценологии // Сов. ботаника, 1936. – Т. 6. – С. 21-27.
26. Корчагин А.А. К вопросу о характере взаимоотношений растений в сообществе / В кн.: Акад. В.Н.Сукачеву к 75-летию со дня рождения. – М.-Л.: Наука, 1956. – С. 306-320.
27. Марков М.В. Общая геоботаника. – М.: Высшая школа, 1962. – 420 с.
28. Быков Б.А. Введение в фитоценологию. – Алма-Ата: Наука, 1970. – 234 с.
29. Воронов А.Г. Геоботаника. – М.: Высшая школа, 1973. – 382 с.
30. Уранов А.А. Фитогенное поле // Проблемы современной ботаники. – М.-Л.: Наука, 1965. – Т. 1. – С. 251-254.
31. Петровский В.В. О структуре растительных ассоциаций валиковых полигональных болот в низовьях р. Лена // Бот. журн. – 1960. – Т. 45. – № 3. – С.382-393.
32. Петровский В.В. Синузий как форма совместного существования растений // Бот. журн. – 1961. – Т. 46. – № 11. – С. 1615-1626.
33. Петровский В.В. О структурных элементах фитоценозов // Бот. журн. – 1960. – Т. 45. – № 3. – С.382-393.
34. Норин Б.И. Структура растительных сообществ восточно-европейской лесотундры. – Л.: Наука, 1979. – 198с.
35. Александрова В.Д. Растительность южного острова Новой Земли, между 70°56' и 72°12' с.ш. / В кн.: Растительность крайнего Севера СССР и ее освоение. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – Вып. 2. – С. 181-306.
36. Карамышева З.В. Первичные сукцессии на каменистых местообитаниях в Центрально-Казахстанском мелкосопочнике // Труды ЕИН. Геоботаника. Сер. 3. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. – Вып. 16. – С. 146-158.
37. Джураев А.А. Растительность первичных осыпей ущелья Такоб Гиссарский хребет // Докл. АН Тадж. ССР. – 1972. – Т. 15. – № 12. – С. 43-46.
38. Лавренко Е.М. Микрокомплексность и мозаичность растительного покрова степей как результат жизнедеятельности животных и растений // Труды ЕИН. Геоботаника. Ссер. 3. – М.-Л.: Наука, 1951. – Т. 36. – № 5. – С. 523-527.
39. Лавренко Е.М. Основные закономерности растительных сообществ и пути их изучения / В кн.: Полевая геоботаника. – М.-Л.: Наука, 1959. – Т.1. – С. 13-59.

40. Гаджиев В.Д., Эфендиев П.М. Флора и растительность скальных обнажений Бабадагского массива // Проблемы ботаники. Флора и растительность высокогорий ССОР и их хозяйств. использование. – Баку: Эльм, 1977. – Т. 13. – С.49-55.
41. Вернадский В.И. Очерки геохимии. – М.-Л.: Геологоиздат, 1934. – 380 с.
42. Вернадский В.И. Биологические очерки. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1940. 118с.
43. Польшов Б.Б. Первые стадии почвообразования на массивно-кристаллических породах // Почвоведение. – 1945. – № 7. – С. 327-339.
44. Ярилова Е.И. Роль литофильных лишайников в выветривании массивно-кристаллических пород // Почвоведение. – 1947. – № 9. – С.533-548.
45. Красильников Ф.С. Микрофлора лишайников // Микробиология. – 1942. – Т. 18, вып. 3. – С.224-232.
46. Глазовская М.А. Биологические факторы выветривания в высокогорьях // Природа – 1952. – № 12. – с. 106-110.
47. Магакьян А.К. Этапы развития высокогорных лугов Закавказья. – Ереван, 1947. – 199с.

FORMATION OF ROCKY-TALUS FLORA OF THE EASTERN CAUCASUS UPPER-ALPINE ZONE

M.A.-M. Astamirova
A.S. Abdurzakova
R.S. Magomadova
A.M. Umaeva
Z.Sch. Dudagova
B.A. Hasueva

*Chechen State Pedagogical Institute,
Kiev St., 33, Olympic travel, Grozny,
364037, Russia*

The article gives information about the formation of rocky-talus vegetation of the upper-alpine zone of the Eastern Caucasus, and reports that the vegetation cover of rocks and debris achieves greater development on the ledges, these species find refuge in this type of habitat. But they have mixed with turf grasses and sedges characteristic of the alpine meadows. Formation of vegetation is directly dependent on the accumulation of silt in the locality.

Key words: upper-alpine flora, Eastern Caucasus.

ИЗМЕНЕНИЕ СУКЦЕССИОННЫХ СИСТЕМ РАСТИТЕЛЬНОСТИ В ПЛЕЙСТОЦЕНЕ: ЛАНДШАФТНО-ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ)

А.П. Гусев

*Гомельский
государственный
университет
им. Ф. Скорины*

*Беларусь, 246019, г. Гомель,
ул. Советская, 104*

E-mail: gusev@gsu.by

На примере межледниковий плейстоцена рассматривается ландшафтно-экологическая модель сукцессионной системы растительности как основы палеоэкосистемных реконструкций в экостратиграфии. Приводятся результаты палеоэкосистемного анализа бело-вежского (мучкапского), александрийского (лихвинского) и муравинского (микулинского) межледниковий на территории Беларуси (на основе палинологических и палеокарпологических данных). Оценена продолжительность формирования сукцессионной системы, существования климаксовых экосистем, клисерий, связанных с воздействием оледенения. Статистическими методами изучены корреляционные связи между эдификаторами и прослежены их изменения во времени. Рассмотрены общие и индивидуальные черты сукцессионных систем растительности ландшафтов межледниковий. Установлено, что наиболее пригодны для решения задач экостратиграфии климаксовые экосистемы.

Ключевые слова: плейстоцен, межледниковье, растительность, сукцессионная система, палеоландшафт, климаксовые экосистемы.

Введение

Экостратиграфический метод – это метод, который базируется на этапах изменения биоты и абиотических компонентов среды. В основе экостратиграфического метода лежит палеоэкосистемный анализ. К перспективным задачам экостратиграфии относят: уточнение границ стратиграфических подразделений на основе выявления экосистемных перестроек; детализация стратиграфических шкал (наибольшее значение имеют экостратиграфические исследования континентальных отложений); обоснование экологических прогнозов регионального и глобального уровней [1, 2]. Анализ экосистем в геологическом прошлом позволяет получать сведения о реакции экосистем на воздействия различного рода без постановки экспериментов над реальными экосистемами или длительного мониторинга. В то же время применение экостратиграфического метода ограничивается отсутствием адекватных моделей для палеоэкосистемных реконструкций. В качестве таковой можно рассматривать ландшафтно-экологическую модель сукцессионной системы растительности [3].

Понятие сукцессионной системы (СС) сформировалось на стыке биологии и наук о Земле, оно представляет собой результат синтеза и переосмысления ряда теорий, развивавшихся в рамках геоботаники, экологии, ландшафтоведения, палеоэкологии [4, 5]. Под сукцессионной системой понимается закономерно организованная система автогенных и автогенно-аллогенных сукцессионных рядов растительных сообществ, привязанных к типам местоположений, в границах территории, характеризующейся относительно однородными климатическими условиями. С позиций ландшафтно-экологического подхода, СС является неотъемлемой частью ландшафта, его инвариантной составляющей, отражает долговременное состояние территории, а смена СС (клисерия) диагностирует эволюционные изменения ландшафтов. Пул видов сукцессионной системы – виды, жизнедеятельность которых формирует сообщества сукцессионной системы – от пионерных до климаксовых. «Ядро» пула видов сукцессионной системы в лесных ландшафтах формируют деревья (дендрофлора). Помимо того, что деревья являются ключевыми видами или эдификаторами (т.е. средообразующими), они также наиболее информативные индикаторы. Предполагается, что блок деревьев коррелятивно связан с другими видами биоты, которые слабо поддаются непосредственному учету.

Палеоландшафт рассматривается как мозаика палеоэкосистем, характеризующаяся определенной пространственно-временной структурой. Сукцессионная система ландшафта – все входящие в него сообщества (серийные и климаксовые), ординированные во времени и пространстве. Осадочный слой, сформированный в данном ландшафте, содержит следы сообществ его сукцессионной системы.

Целью представляемой работы является оценка параметров сукцессионных систем растительности, существовавших на территории Беларуси в беловежское (мучкапское), александрийское (лихвинское) и муравинское (микулинское) межледниковья плейстоцена. Изучение СС палеоландшафтов плейстоценовых межледниковий важно для прогнозов изменения климата и их экологических последствий, для выяснения особенностей макросукцессионных процессов, фиксирующих сдвиги экологического равновесия в региональных геосистемах, для уточнения представлений о климаксовых экосистемах.

Материалы и методы

В ходе исследований проводился сопряженный анализ данных палинологических и палеокарполологических исследований, с учетом палеонтологических, литологических, палеогеоморфологических данных. Для характеристики эдификаторов, составляющих «ядро» сукцессионной системы, использовались следующие показатели: максимальная доля пыльцы вида в спорово-пыльцевом спектре (СПС), %; ПД – постоянство доминирования – число разрезов (с данным интервалом), в которых доля пыльцы вида в СПС более 5% к общему числу изученных разрезов, в %; П – постоянство, число разрезов (с данным интервалом) в которых встречается вид к общему числу разрезов, в % (причем основным показателем следует считать П, как меньше всего подверженный случайности). В геоботанике принято выделять классы постоянства: I – до 20%; II – 20-40%; III – 40-60%; IV – 60-80%; V – более 80%.

В задачи исследований входило определение временных параметров сукцессионных систем: продолжительности перехода от раннесукцессионных лесов к поздне-сукцессионным (климаксовым) – время с момента появления поздне-сукцессионных эдификаторов до момента их доминирования; продолжительности существования климаксовых экосистем; продолжительности клисерии – смены сукцессионной системы другой сукцессионной системой; продолжительности существования сукцессионной системы (время, в течение которого в СПС представлено большинство эдификаторов); изучение сопряженности между эдификаторами. Ареал СС рассматривался как территория, в пределах которой наблюдается схожий состав эдификаторов.

В работе использован анализ результатов палинологических и палеокарполологических исследований беловежского (мучкапского), александрийского (лихвинского) и муравинского (микулинского) межледниковий, опубликованных в научной литературе [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 и др.].

Выделение географических элементов дендрофлоры произведено по В.П. Гричуку [7]. Статическая обработка выполнялась с помощью программного пакета STATISTICA 6.0 (методы непараметрической статистики, кластерный и факторный анализы).

Результаты и их обсуждение

Данные палинологических и палеокарполологических исследований зависят от площадного соотношения и взаимного расположения сообществ различного сукцессионного статуса в окружающей точку опробования ландшафте. Соответственно сукцессионные смены, проявляющиеся в окружающих геосистемах, будут фиксироваться в СПС. К таким сукцессиям следует отнести: 1) серии, направленные на достижение климакса (от момента появления на данной территории поздне-сукцессионных эдификаторов до предклимаксовых стадий); 2) демулационные серии в климаксовых экосистемах (включая, так называемые микросукцессии); 3) аллогенные сукцессии, вызванные изменением внешних условий (макроклимата) и ведущие к смене климакса и сукцессионной системы в целом (клисерии).



Климаксовыми экосистемами следует считать экосистемы с доминированием позднесукцессионных эдификаторов. По мере становления сукцессионной системы площади таких экосистем в ландшафте возрастают. Продолжительность существования сукцессионной системы можно косвенно определить по устойчивому присутствию на территории набора позднесукцессионных эдификаторов. Значительное их участие в СПС указывает на широкое распространение климаксовых экосистем в ландшафте.

В тоже время, даже зрелая сукцессионная система будет включать субклимаксовые (квазиклимаксовые) экосистемы, занимающие экстремальные экотопы.

Ландшафт представляет собой мозаику серийных, субклимаксовых и климаксовых экосистем, пространственное распределение которых обуславливает особенности СПС в конкретном местонахождении. Наличие вблизи бассейна седиментации серийных экосистем, доминантами которых выступают раннесукцессионные виды (береза, сосна), обуславливает присутствие (или доминирование) последних в СПС. Распространение субклимаксовых сосновых лесов ксеросерии (на сухих и бедных питательными веществами субстратах) или гидросерии (на олиготрофных болотах) обуславливает высокое содержание пыльцы сосны в течение всего межледниковья. Климаксовые экосистемы, завершающие мезосерии (т. е. сукцессии в «нормальных» условиях), характеризуются доминированием позднесукцессионных эдификаторов (ель, пихта, дуб, граб, липа и т. д.).

Территориальное соотношение и конфигурация указанных экосистем в окружающем бассейн седиментации ландшафте определяет состав СПС.

Так, преобладание в СПС пыльцы сосны может интерпретироваться как признак значительного распространения в ландшафте субклимаксовых сосновых лесов, формирующихся в ходе ксеросерий (на сухих песчаных субстратах) и гидросерий (в олиготрофных водоемах). Присутствие сфагновых мхов сопряженное с доминированием сосны может интерпретироваться как наличие в ландшафте сосняков сфагновых. Ландшафты, с широким распространением эвтрофных низинных болот, индицируются СПС с доминированием ольхи (при участии пыльцы крапивы и осоковых). Присутствие березы (*Betula alba* L.) указывает на существование в ландшафте периодически нарушаемых участков.

Рассмотрим полученные характеристики сукцессионных систем межледниковий. Ядро беловежской сукцессионной системы составляли (постоянство более 80%): *Pinus* sp. (вероятно с преобладанием *Pinus sylvestris* L.), ель (вероятно *Picea abies* (L.) Karst.), ольха (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Alnus incana* (L.) Moench), дуб (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus pubescens* Willd.), липа (*Tilia tomentosa* Moench., *Tilia platyphyllos* Scop., *Tilia cordata* Mill.), вяз (*Ulmus laevis* Pall., *Ulmus minor* Mill., *Ulmus campestris* L.). С несколько меньшим постоянством (60-80%) – *Larix* sp., *Carpinus betulus* L., *Fraxinus* sp.; еще реже (40-60%) – *Acer* sp. (*A. campestre* L., *A. platanoides* L.), *Abies* sp. С низким постоянством (менее 30%) – *Picea sect. Omorica* Bolle, *Taxus* sp., *Plex* sp., *Junglas* sp., *Zelcova* sp., *Castanea* sp. и другие. Ландшафты характеризуются преобладанием лесных сообществ (доля травянистой растительности в СПС – не более 10-20%).

Ландшафты беловежского межледниковья представлены мозаикой экосистем, включающей: широколиственные (доминируют дуб, вяз, липа, граб; встречаются ель, тис, клен, ясень, пихта) леса – климаксовые, завершающие мезосерии; сосновые леса (доминирует сосна; встречаются береза, лиственница) – субклимаксовые, формирующиеся в ходе ксеросерии на сухих песчаных субстратах (длительно существующие за счет пирогенного фактора); сосновые болотные леса (доминирует сосна; встречаются береза, ель) – субклимаксовые, формирующиеся в ходе гидросерии на верховых болотах (в том числе сосновые сфагновые леса); ольховые болотные леса (доминирует ольха; встречаются ясень, дуб, ель) – субклимаксовые, формирующиеся в ходе гидросерии на низинных болотах; березовые, сосновые, ольховые леса – серийные, представляющие начальные стадии сукцессий после нарушений, вызывающих уничтожение древостоя (ветровалы, верховые пожары, массовое размножение вредителей и т. д.).

Продолжительность существования климаксовых широколиственных и широколиственно-сосновых лесов изменятся от 800 (Нижнинский Ров) до 12000 (Борки) лет; ольхово-широколиственных и ольховых – до 1000 лет. Продолжительность клисерии, которая выражается в элиминации климаксовых (широколиственных) лесов из ландшафта, составляет от 200 (Нижнинский Ров, Костеша) до 1000 (Пиваши, Борки) лет.

Ядро александрийской сукцессионной системы формировали: сосна (*Pinus sylvestris* L.), ель (*Picea abies* (L.) Karst), ольха (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Alnus incana* (L.) Moench), граб (*Carpinus betulus* L.), пихта (*Abies alba* Mill.), дуб (*Quercus robur* L., *Quercus petraea* (Matt.) Liebl., *Quercus pubescens* Willd.), липа (*Tilia tomentosa* Moench., *Tilia platyphyllos* Scop., *Tilia cordata* Mill.), вяз (*Ulmus laevis* Pall., *Ulmus minor* Mill.). Указанные виды имеют постоянство более 80% и характеризуются существенным вкладом в СПС. С постоянством 60-80% в разрезах александрийского межледниковья встречаются лиственница (*Larix deciduas* Mill.), *Picea sect. Omorica* Bolle. В небольшом количестве с низким постоянством (менее 20%) присутствуют клен (*Acer campestre* L., *Acer platanoides* L.), *Fraxinus excelsior* L., *Taxus baccata* L., *Ilex* sp., *Ostrya* sp., *Fagus* sp., *Junglas* sp., *Zelcova* sp., *Carya* sp., *Pterocarya* sp., *Vixus* sp. и другие. СПС показывают явное преобладание в ландшафте лесных сообществ – доля травянистых растений не превышает 20% (в половине рассматриваемых пунктов – до 10%).

Анализ палинологических и палеокарпологических данных по александрийскому межледниковью позволяет выделить два основных типа палеоландшафтов: смешанные леса с доминированием сосны и елово-грабово-пихтовые леса.

Характерной чертой климаксовых экосистем александрийского межледниковья является их полидоминантность, выражающаяся в одновременном присутствии как хвойных (сосна, ель, пихта), так и широколиственных (граб, дуб, липа, вяз, клен) пород. Предположительно экосистемы смешанных лесов с доминированием сосны представляют собой климакс в ландшафтах с песчаной и супесчаной, а елово-грабово-пихтовые леса – с суглинистой литогенной основой.

Александрийский ландшафт представлен следующими экосистемами: темнохвойно-широколиственные (елово-грабово-пихтовые) леса (доминанты – ель, пихта, граб; встречаются – липа, дуб, вяз, клен, ясень) – климаксовые, завершающие мезосерии; сосновые леса (доминирует сосна; встречаются – береза, лиственница) – субклимаксовые, формирующиеся в ходе ксеросерии на сухих песчаных субстратах (длительно существующие за счет пирогенного фактора); сосновые болотные леса (доминирует сосна; встречаются береза, ольха, ель) – субклимаксовые, формирующиеся в ходе гидросерии на верховых болотах (в том числе сосновые сфагновые леса); ольховые болотные леса (доминирует ольха; встречаются ель, дуб, ясень) – субклимаксовые, формирующиеся в ходе гидросерии на низинных болотах; березовые, сосновые, ольховые леса – серийные, представляющие начальные стадии сукцессий после нарушений.

Средняя продолжительность существования ландшафтов с климаксовыми экосистемами александрийского межледниковья составляет около 5 тысяч лет; в наиболее полных разрезах – более 15 тысяч лет (Новые Беличи, Заборье).

Клисерия выражается в смене климаксовых полидоминантных (темнохвойно-широколиственных) экосистем олигодоминантными сосновыми и березовыми лесами. Продолжительность такой смены составляет 300-1000 лет (Лаперовичи, Малая Александрия, Старый Стайки, Саковичи). Так, например, в разрезе Старый Стайки продолжительность клисерии составляет 500 лет, в разрезе Саковичи – 300-400 лет (при скорости накопления торфа – 1 мм/год).

Ключевыми видами муравинской сукцессионной системы являются (постоянство более 80%): сосна (*Pinus sylvestris* L.), ель (*Picea abies* (L.) Karst), ольха (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Alnus incana* (L.) Moench), граб (*Carpinus betulus* L.), дуб (*Quercus robur* L.), липа (*Tilia tomentosa* Moench., *Tilia platyphyllos* Scop., *Tilia cordata* Mill.), вяз (*Ulmus laevis* Pall.). С постоянством 40-60% – клен (*Acer campestre* L., *Acer platanoides* L., *Acer tataricum* L., *Acer pseudoplatanus* L.) и ясень (*Fraxinus excelsior* L.). В небольшом количестве и с низким постоянством (менее 20%) – пихта (*Abies alba* Mill.), лиственница (*Larix deciduas* Mill.), бук (*Fagus sylvatica* L.) и другие. Доля травянистых растений в СПС в большинстве (более 80%) пунктов не превышает 10%.



Муравинские ландшафты Беларуси характеризуются мозаикой экосистем, представляющих: грабовые леса (доминант – граб; встречаются – ель, липа, дуб, вяз, клен, ясень) – климаксовые, завершающие мезосерии; сосново-дубовые леса (доминанты – сосна, дуб; встречаются – вяз, липа) – среднесукцессионные, предклимаксовые или субклимаксовые (на песчаных субстратах); сосновые леса (доминирует сосна; встречается – береза) – субклимаксовые, формирующиеся в ходе ксеросерии на сухих песчаных субстратах (длительно существующие за счет пирогенного фактора); сосновые болотные леса (доминирует сосна; встречаются береза, ольха, ель) – субклимаксовые, формирующиеся в ходе гидросерии на верховых болотах (в том числе сосновые сфагновые леса); ольховые болотные леса (доминирует ольха; встречаются дуб, ель, ясень) – субклимаксовые, формирующиеся в ходе гидросерии на низинных болотах; березовые, сосновые, ольховые леса – серийные, представляющие начальные стадии сукцессий после нарушений.

Продолжительность существования ландшафтов с доминированием грабовых лесов составляет несколько тысяч лет (от 1000 до 9000 лет; при скорости накопления торфа и гиттии – 1 мм/год). Климаксовая стадия грабовых лесов предваряется стадией с доминированием сосново-дубовых лесов. Для нее характерны СПС с доминированием сосны (20-80%) и дуба (20-60%). Встречаются береза, ольха, вяз, реже липа, ель, ясень. Продолжительность этой стадии составляет в среднем около 1000 лет.

В наиболее полных разрезах (Прялица, Авдеевичи-Кашино, Любязь, Малые Новоселки, Зельва) продолжительность существования муравинской сукцессионной системы составляет 3.5-18 тысяч лет, в среднем – 8.1 тысяч лет.

Изменение климата, вызванное поозерском оледенением, вызывало клисерию, которая четко отражается в палинологических и карпологических характеристиках, а также в осадконакоплении. Такая клисерия наблюдается в большинстве рассматриваемых разрезов (Светлогорск, Боровики, Зельва, Козья, Жары и другие). Продолжительность клисерии (т.е. переходного периода от широколиственных к сосново-березовым лесам), вызванной похолоданием климата изменяется от 200-500 (Козья, Любязь, Прялица, Жары) до 1500-3000 (Светлогорск, Боровики, Зельва) лет (в среднем около 1000 лет).

Из табл. 1 видно, что различия в составе доминирующих родов дендрофлоры в рассматриваемом отрезке плейстоцена крайне небольшие. Более существенные изменения касаются редко встречающихся родов (постоянство ниже 20%), что отражается в спектре групп географических элементов. Так к муравинскому времени из растительности были элиминированы американско-восточноазиатские элементы (*Carua*, *Tsuga*) и почти все американско-средиземноморско-азиатские (*Zelcova*, *Junglas*, *Pterocaria*, *Vuxus*, *Castanea*).

Анализ показывает, что для каждого межледниковья характерны свои специфические климаксовые экосистемы. С другой стороны, субклимаксовые экосистемы, формирующиеся в экстремальных условиях, и серийные экосистемы различаются слабо. Так, в ландшафтах всех трех межледниковий присутствуют сосновые болотные леса (сосняки сфагновые). Основой такого предположения является увеличение в СПС пыльцы сосны, которое коррелирует с появлением спор сфагновых мхов (беловежское межледниковье – Нижнинский Ров, Смоленский Брод; александрийское межледниковье – Сейловичи, Ишкольд; муравинское межледниковье – Зельва, Козья, Любязь)

Для изучения пространственно-временной структуры сукцессионных систем плейстоцена (на уровне эдификаторов – деревьев) был выполнен статистический анализ опубликованных палинологических данных. Для изучения особенностей динамики эдификаторов муравинской СС использовано 14 разрезов; александрийской – 9 разрезов; беловежской – 7 разрезов. Каждый разрез разбивался на интервалы 0.5 м (что соответствует в зависимости от типа отложений временному отрезку 200-500 лет; при условии одинаковой скорости осадконакопления, при отсутствии перерывов в осадконакоплении). Для каждого интервала определялся состав эдификаторов и средние значения их участия в СПС. Можно предположить, что эти характеристики отражают состояние сукцессионной системы в течение времени накопления осадков (т.е. в

масштабе 10^2 лет), а изменение интервальных характеристик – смену состояний сукцессионной системы.

Таблица 1

**Изменение дендрофлоры на территории Беларуси в плейстоцене
(указаны только таксоны, имеющие постоянство II-V)**

Род	Межледниковье		
	Беловежское	Александрийское	Муравинская
Раннесукцессионные			
Pinus	V	V/V*	V/V
Betula	V	V/V	V/V
Alnus	V	V/IV	V/V
Larix	IV	III/V	II/-
Позднесукцессионные			
Abies	III	V/IV	I/-
Picea	V	V/V	V/IV
Carpinus	V	V/I	V/IV
Quercus	V	V/II	V/I
Acer	III	II/II	III/IV
Tilia	V	V/I	V/IV
Ulmus	V	V/-	V/-
Fraxinus	IV	I/I	IV/I
Taxus	I	II/II	-
Соотношение групп географических элементов дендрофлоры. % от общего числа родов			
Панголарктические	30.0	26.1	40.0
Американо-евро-азиатские	50.0	39.1	53.3
Американо-восточноазиатские	5.0	8.7	0
Американо-средиземноморско-азиатские	15.0	26.1	6.7
Соотношение групп географических элементов и субэлементов дендрофлоры. % от числа видов			
Европейско-средиземноморско-кавказский	50.0	50.0	64.0
Европейско-западносибирский	7.9	8.3	12.0
Восточноазиатский	10.5	8.3	0
Евросибирский	15.2	16.7	16.0
Балкано-колхидский	10.5	11.1	4.0
Собственно евроазиатский	5.3	2.8	4.0

* – палинологические/палеокарпологические данные

Сукцессионная система обладает достаточно высокой инерционностью – смена ее состояний не может происходить быстрее смены поколений эдификаторов, продолжительность которой зависит от долголетия последних. Продолжительность смены поколений составляет от 100 (относительно короткоживущие береза, ольха, граб) до 400-500 и более (долгоживущие – дуб, сосна), т.е. также 10^2 лет. Колебания СПС в пределах одного интервала обусловлены случайными факторами, связанными с захоронением пыльцы, локальными событиями (пожар), отбором проб и т.д. Как указано выше, динамика, связанная с клисериями (т.е. сменами сукцессионных систем), имеет временной масштаб 10^3 лет; продолжительность существования сукцессионной системы – 10^3 - 10^4 лет.

Корреляционный анализ показывает наличие устойчивых положительных и отрицательных связей между эдификаторами (табл. 2). Причем, в ряде случаев имеет место смена знака корреляции, указывающая на различные взаимоотношения между таксонами в разные межледниковья. Устойчивая достоверная положительная связь в течение всех трех межледниковий фиксируется для следующих пар видов: ольха-дуб, ольха-вяз, ольха-липа, ольха-граб, ольха-ясень, ольха-клен, дуб-вяз, дуб-липа, дуб-

ясень, дуб-клен, вяз-липа, вяз-ясень, вяз-клен, липа-граб, ясень-клен, граб-клен. Устойчивая достоверная отрицательная связь фиксируется в парах: сосна-дуб, сосна-липа, сосна-клен, береза-липа, береза-ясень, береза-клен. Можно предложить, что эколого-фитоценотическая роль указанных эдификаторов друг относительно друга в ландшафтах межледниковий в течение рассматриваемого интервала плейстоцена сохраняется. Установлена смена знака корреляции в парах ель-сосна, ель-дуб, ель-липа, ель-граб, ель-вяз, сосна-пихта, сосна-береза.

Обращает на себя сходство корреляционных связей между эдификаторами беловежского и муравинского межледниковья: широколиственные деревья положительно коррелируют между собой и отрицательно с елью и пихтой. В александрийском межледниковье широколиственные виды имеют положительную связь темнохвойными. Это обусловлено особенностями александрийских климаксовых экосистем, представленных темнохвойно-широколиственными лесами. В беловежское и муравинское межледниковья темнохвойные и широколиственные породы имеют различные пространственно-временные ниши. Климатические экосистемы представлены широколиственными лесами, в которых ель и пихта присутствуют, но не играют существенной роли (или распространяются только в особых условиях, например, тяготеют к влажным экотопам).

Кластерный анализ (метод полной связи; расстояние объединения – 1-г Пирсона) эдификаторов позволяет выделить группы видов, характеризующихся схожим поведением (положительно коррелирующих друг с другом). Для беловежского межледниковья характерно наличие трех кластеров: 1) береза, лиственница, пихта, сосна, ель; 2) тис, вяз, дуб; 3) граб, клен, липа, ясень и ольха. Для александрийского – также три кластера: 1) сосна, лиственница; 2) береза; 3) пихта, граб, вяз, дуб, липа, ольха, ель. В муравинское время снова произошла перегруппировка эдификаторов: 1) сосна, пихта, ель; 2) береза; 3) дуб, вяз, липа, ольха, клен, ясень, граб.

Факторный анализ (методом главных компонент) установил, что для беловежского межледниковья пространственно-временное поведение эдификаторов контролируется тремя виртуальными факторами (в совокупности описывают 59% дисперсии). Фактор 1 положительно влияет на березу, сосну, ель, лиственницу; отрицательно – на дуб, вяз, тис, липу, клен, ясень, ольху. Интерпретируется как климатический градиент «холодно-тепло». Фактор 2 положительно влияет на дуб, вяз, тис, лиственницу; отрицательно – на ольху, ясень, ель. Интерпретируется как градиент влажности «сухо-влажно».

Поведение эдификаторов в александрийском межледниковье контролирует четыре фактора (66% дисперсии), из которых только один может получить интерпретацию с позиций современных знаний об экологии рассматриваемых таксонов. Этот фактор отрицательно воздействует на сосну, березу, лиственницу; положительно – на все остальные виды. Может рассматриваться как комплексный климатический градиент: от «холодно» и «сухо» до «тепло» и «влажно».

Таблица 2

Корреляционная связь между эдификаторами беловежского, александрийского и муравинского межледниковий (коэффициент корреляции Спирмена; указаны значения при $p < 0.05$)

Род	Picea	Pinus	Betula	Alnus	Quercus	Ulmus	Tilia	Carpinus	Abies
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Picea	XX	0.30*	Н.д.	Н.д.	-0.53	-0.52	-0.15	-0.21	0.38
	XX	-0.36**	-0.30	0.52	0.35	Н.д.	0.33	0.23	0.33
	XX	0.42***	Н.д.	Н.д.	-0.45	-0.48	-0.23	0.28	Н.д.
Pinus		XX	0.14	-0.65	-0.36	-0.49	-0.50	-0.54	0.26
		XX	-0.18	-0.51	-0.30	Н.д.	-0.21	-0.23	-0.17
		XX	Н.д.	Н.д.	-0.59	-0.49	-0.48	Н.д.	Н.д.
Betula			XX	-0.31	Н.д.	Н.д.	-0.19	-0.15	Н.д.
			XX	Н.д.	-0.31	-0.30	-0.26	-0.27	-0.28
			XX	-0.53	-0.61	-0.69	-0.57	Н.д.	Н.д.

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alnus				XX	0.39	0.54	0.63	0.29	-0.14
				XX	0.57	0.28	0.46	0.43	0.20
				XX	0.34	0.36.	0.45	0.30	Н.д.
Quercus					XX	0.76	0.19	Н.д.	-0.19
					XX	0.52	0.54	0.68	0.46
					XX	0.87	0.79	Н.д.	Н.д.
Ulmus						XX	0.47	Н.д.	-0.26
						XX	0.37	0.33	Н.д.
						XX	0.73	Н.д.	Н.д.
Tilia							XX	0.27	Н.д.
							XX	0.31	Н.д.
							XX	0.26	Н.д.
Carpinus								XX	Н.д.
								XX	0.67
								XX	Н.д.

Примечание: * – муравинское (Жары, Борхов, Светлогорск, Боровики, Малое Уланово, Зельва, Мурава, Любязь, Чериков, Козья, Прялица, Порсы-Маковье, Малые Новоселки, Авдеевичи-Кашино); ** – александрийское (Ишкольд, Малая Александрия, Саковичи, Руба, Лапоровичи, Старые Стайки, Новые Беличи, Заборье, Принима́нская); *** – беловежское (Борки, Пиваши, Красная Дуброва, Костеша, Смоленский Брод, Нижнинский Ров, Пушкари). Н.д. – недостоверные значения.

Факторный анализ ключевых видов муравинского межледниковья позволил выделить 3 фактора (56.5% дисперсии). Фактор 1 (вклад в общую дисперсию – 28.9%) положительно влияет на ель, сосну, пихту, березу и отрицательно на все остальные виды. В первую группу попали бореальные виды, во вторую – эдификаторы широколиственных лесов. Данный фактор представляет собой климатический градиент «холодно-тепло». Фактор 2 (16.2% дисперсии) положительно влияет на сосну, березу, дуб, вяз; отрицательно – на ель, ольху, липу, пихту, граб, клен. В первую группу – светолюбивые раннесукцессионные (сосна, береза) и среднесукцессионные (дуб, вяз) виды; во вторую группу попали теневыносливые поздне-сукцессионные виды, формирующие климаксовые леса. Фактор 2 может интерпретироваться как сукцессионный (градиент от пионерных до климаксовых экосистем).

Заключение

Таким образом, в ходе исследований установлено: 1) имеют место отличия в пространственно-временном поведении эдификаторов сукцессионных систем растительности межледниковий; причем изменения касаются поведения ели и пихты, а взаимоотношения эдификаторов широколиственных лесов (дуб, вяз, липа, граб, ольха) относительно устойчивы; 2) изменяются корреляционные взаимоотношения ели и пихты с сосной, березой и видами широколиственных лесов; данный факт может объясняться: различным видовым составом муравинской, александрийской и беловежской СС; различными климатическими условиями в течение указанных межледниковий.

Выполненный анализ показывает, что для каждого межледниковья характерны свои специфические климаксовые экосистемы, а субклимаксовые экосистемы, формирующиеся в экстремальных условиях, и серийные экосистемы различаются слабо. Исходя из этого, диагностировать принадлежность тех или иных отложений к конкретному интергляциалу плейстоцена можно лишь реконструировав характерные для него климаксовые экосистемы. Только климаксовые экосистемы и их характеристики (состав эдификаторов и их соотношение в СПС, сопряженность эдификаторов во времени и пространстве, динамика доминирования и т.д.) могут служить относительно надежным диагностическим признаком, и наиболее пригодны для решения задач экостратиграфии.

Список литературы

1. Гладенков Ю.Б. Биосферная стратиграфия. Проблемы стратиграфии начала XXI века. – М.: Геос, 2004. – 120 с.
2. Мейен С.В. Введение в теорию стратиграфии. – М.: Наука, 1989. – 216 с.
3. Гусев А.П. Сукцессионная система как основа фитоиндикации динамики ландшафтов (на примере Полесской ландшафтной провинции) // Природные ресурсы. – 2008. – №2. – С. 51-62.
4. Жерихин В.В. Избранные труды по палеоэкологии и филоценогенетике. – М.: Т-во научн. изданий КМК, 2003. – 542 с.
5. Разумовский С.М. Закономерности динамики биоценозов. – М.: Наука, 1981. – 231 с.
6. Величкевич Ф.Ю. Плейстоценовые флоры ледниковых областей Восточно-Европейской равнины. – Мн.: Наука и техника, 1982. – 239 с.
7. Гричук В.П. История флоры и растительности Русской равнины в плейстоцене. – М.: Наука, 1989. – 183 с.
8. Еловичева Я.К. Эволюция природной среды антропогена Беларуси. – Мн.: Белсэнс, 2001. – 292 с.
9. Махнач Н.А. Этапы развития растительности Белоруссии в антропогене. – Мн.: Наука и техника, 1971. – 212 с.
10. Хурсевич Г.К., Рылова Т.Б., Феденя С.А. Биостратиграфия верхнего плейстоцена по опорным разрезам юго-восточной Беларуси // Литосфера. – 1995. – №2. – С. 57-67.
11. Якубовская Т.В., Литвинюк Г.И., Савченко И.Е., Жуковская Т.В. Палеоботанические метки геологической летописи в отложениях неогена и плейстоцена у п.г.т. Зельва Гродненской области // Литосфера. – 2007. – №1 (26). – С. 40-54.
12. Якубовская, Т.В. Геологические и палеокарпологические характеристики местонахождения ископаемой фауны Уручье в Минске // Литосфера – 2007. – №2 (27). – С. 50-58.

**CHANGES OF SUCCESSION SYSTEMS OF VEGETATION IN PLEISTOCENE:
LANDSCAPE-PALEOECOLOGICAL ANALYSIS (FROM THE EXAMPLE OF BELARUS)****A.P. Gusev**

*Francisk Skorina Gomel State
University*

*Sovetskaya St., 104, Gomel,
246019, Belarus,*

E-mail: gusev@gsu.by

From the example of Pleistocene interglacials the landscape-ecological model of succession systems of vegetation as the basis of reconstruction of paleoecosystems in ecostratigraphy is considered. The results of the analysis of Pleistocene paleoecosystems of Belovezh (Muchkapskoye), Alexandrian (Likhvin) and Muravian (Mikulino) interglacials in Belarus (on the basis of palynological and paleocarpological data) are presented. The duration of formation of succession systems, existence of climax ecosystems, successions of vegetation, klierii related to the impact of glaciation is estimated. Statistical methods were used to investigate the correlation between key species and their change over time. The general and individual features of succession systems of vegetation of interglacial landscapes are established. It is established that climax ecosystems are the most suitable for ecostratigraphy.

Key words: Pleistocene, interglacial, vegetation, succession system, paleolandscape, climax ecosystem.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УРБАНОФЛОР В РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ: ФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ

В.К. Тохтарь

О.В. Фомина

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

Исследование урбанофлор, формирующихся в различных природно-климатических условиях европейской части России и Украины, методом факторного анализа позволяет говорить о том, что их сложение происходит при взаимодействии природно-климатических и антропогенных факторов, степень влияния которых различна. Важными природно-климатическими факторами, оказывающими влияние на структуру урбанофлор, является фактор широтности, тесно связанный с температурными условиями и нормой осадков. Среди антропогенных факторов, которые сближают структуру географически удаленных урбанофлор, выделены факторы размера города и количества его населения. Действие этих факторов приводит к стиранию границ между флорами, обусловленными природно-климатическими факторами, за счет сходства адвентивной и апофитной фракций флор. Эти данные подтверждают точку зрения на урбанофлору как на некий универсальный тип антропогенной трансформации флоры, для которого характерны общие черты формирования и сходные флорогенетические процессы, детерминированные, в большей степени, антропогенными факторами.

Ключевые слова: урбанофлора, природно-климатические, антропогенные факторы, факторный анализ.

Введение

В настоящее время утверждение о том, что в мире сейчас практически не осталось природных флор, не подвергшихся в той или иной мере антропогенному воздействию, принимается большинством исследователей. К одному из типов антропогенно трансформированных флор относится урбанофлора, которая формируется в условиях городских агломераций, имеет специфичную структуру и характерные для нее флорогенетические процессы. Необходимость исследования урбанофлоры определяется тем, что в этом типе антропогенно трансформированных флор «сосуществуют» разные типы флор (флоры агрофитоценозов, техногенных экотопов, окультуренные флоры, и др.). Поэтому изучение урбанофлор позволяет моделировать процессы антропогенной трансформации флоры. Так, например, в городах процессы натурализации заносных видов несколько опережают таковые в сельской местности и в малоизмененных природных территориях. Поэтому поведение адвентивных видов в городе можно расценивать как своеобразный «прогноз» их инвазионной активности на остальной территории того или иного региона [6, 12].

Влияние антропогенных факторов постоянно усиливается, что приводит к возникновению нового типа антропогенной трансформации флоры – урбанофлоры, которая, по мнению ряда авторов, имеет общие черты формирования в различных природно-климатических зонах [3]. Вместе с тем существуют разные точки зрения на степень общности характеристик структур флор, формирующихся в различных природно-климатических условиях. Обсуждаются зональные особенности флорогенетических процессов, которые происходят во флорах, выдвигаются гипотезы о вкладе природно-климатических и антропогенных факторов в развитие урбанофлор. С одной стороны, формирование флор происходит при доминирующем воздействии антропогенных факторов, которые сглаживают зональные различия между ними за счет сходства адвентивной и апофитной фракций флор. С другой, рассматривая урбанофлоры на глобальной географической шкале, нельзя не отметить контрастность природно-

климатических условий, которые, несомненно, будут оказывать воздействие на фитобиоту. Анализ зональных особенностей формирования урбанофлор проводился рядом исследователей [3, 6, 7]. При этом полученные разными авторами результаты и построенные пространственные модели формирования урбанофлор не всегда совпадали [9, 16, 17]. Необходимо отметить, что авторами обычно используются традиционные методы сравнительной флористики, фитоценологии и, в Западной Европе, – фитосоциологии. Поэтому нами была предпринята попытка анализа флористических данных с помощью методов многомерной статистики, которые позволяют визуализировать многочисленные данные по флорам, провести их сравнительный статистический анализ и выделить факторы, влияющие на их структуру.

Целью данного исследования было изучение влияния зональных и антропогенных факторов на формирование урбанофлор, формирующихся в различных природно-климатических условиях.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования были списки урбанофлор европейской части России и Украины [1, 2, 4, 5, 8, 9, 15]: Донецка, Луганска, Славянска, Мариуполя, Кривого Рога, Ужгорода, Каменец-Подольского, Нетешина, Нижнего Новгорода, Мурманска, Брянска, Воронежа, Петрозаводска, Олонца, Пудожа, Медвежьегорска, Сегежи, Костомукши, Мурманска. Для сравнительного анализа использовались также собственные данные [10, 11] по различным типам антропогенно трансформированных флор, формирующихся вдоль урбанистических градиентов Белгородской городской агломерации.

В нашем исследовании использовались: традиционные методы сравнительной флористики для анализа структур флор и статистические методы исследования: метод построения максимального корреляционного пути [14], сравнение флор с помощью коэффициентов сходства Жаккара (при анализе полных списков урбанофлор) и ранговой корреляции Кэндэлла (при анализе систематической структуры урбанофлор, формализованной в рангах семейств). Они дают возможность сравнить флоры, визуализировать их взаимоотношения и с помощью факторного анализа выделить факторы, дифференцирующие флоры вдоль различных градиентов в факторном пространстве. Для этого, по методу Т.С. Чибрик [13], были получены коэффициенты Жаккара по всем изученным урбанофлорам. Корреляционная матрица коэффициентов Жаккара или Кэндэлла помещалась в факторное пространство для анализа и визуализации данных. Данные анализировались с помощью современных пакетов компьютерных программ Microsoft Excel XP, Statistica 4.7, Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Для изучения систематической структуры урбанофлор анализировались спектры ведущих семейств в урбанофлорах различных географических территорий. Дендрит, отражающий взаимосвязи изученных систематических структур урбанофлор, был построен по методу максимального корреляционного пути (рис. 1). Его анализ не позволяет нам сделать какие-либо важные выводы о степени взаимосвязи таксономических структур, поскольку многие флоры связаны друг с другом опосредованно, через другие. Поэтому достаточно сложно провести оценку степени сходства флор, удаленных на дендрите друг от друга. Использование этого метода для наших целей недостаточно информативно.

Изучение спектров ведущих семейств анализируемых урбанофлор с помощью факторного анализа позволяет нам визуализировать общую картину их взаимосвязей (рис. 2). При этом исследование полных списков урбанофлор методом факторного анализа приводит к получению похожих результатов (рис. 3). На диаграммах 2 и 3 видно, что вдоль первого фактора флоры городов расположились в зависимости от их географической широты.

В левой части диаграммы находятся урбанофлоры, формирующиеся на Украине. Они достаточно четко сгруппированы и образуют кластеры, связанные по регио-

нальному признаку: урбанофлоры Донецкой области, Кривого Рога, «западно-украинские» урбанофлоры). В правой части размещены «северные урбанофлоры».

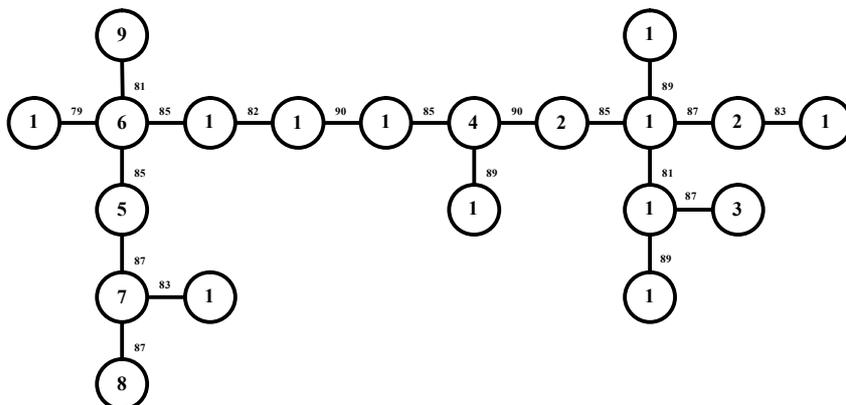


Рис. 1. Дендрит («максимальный корреляционный путь»), связывающий наиболее сходные по систематической структуре флоры городов: 1 – Белгород, 2 – Нижний Новгород, 3 – Мурманск, 4 – Брянск, 5 – Донецк, 6 – Кривой Рог, 7 – Луганск, 8 – Славянск, 9 – Мариуполь, 10 – Ужгород, 11 – Каменец, 12 – флоры техногенных экотопов юго-востока Украины, 13 – Нетешин, 14 – Воронеж, 15 – Олонец, 16 – Петрозаводск, 17 – Пудож, 18 – Медвежьегорск, 19 – Сегежа, 20 – Костомукша. Цифры у линий – значения коэффициентов ранговой корреляции Кендэлла (ноль целых везде отброшен)

Рис. 1. Дендрит («максимальный корреляционный путь»), связывающий наиболее сходные по систематической структуре флоры городов: 1 – Белгород, 2 – Нижний Новгород, 3 – Мурманск, 4 – Брянск, 5 – Донецк, 6 – Кривой Рог, 7 – Луганск, 8 – Славянск, 9 – Мариуполь, 10 – Ужгород, 11 – Каменец, 12 – флоры техногенных экотопов юго-востока Украины, 13 – Нетешин, 14 – Воронеж, 15 – Олонец, 16 – Петрозаводск, 17 – Пудож, 18 – Медвежьегорск, 19 – Сегежа, 20 – Костомукша. Цифры у линий – значения коэффициентов ранговой корреляции Кендэлла (ноль целых везде отброшен)

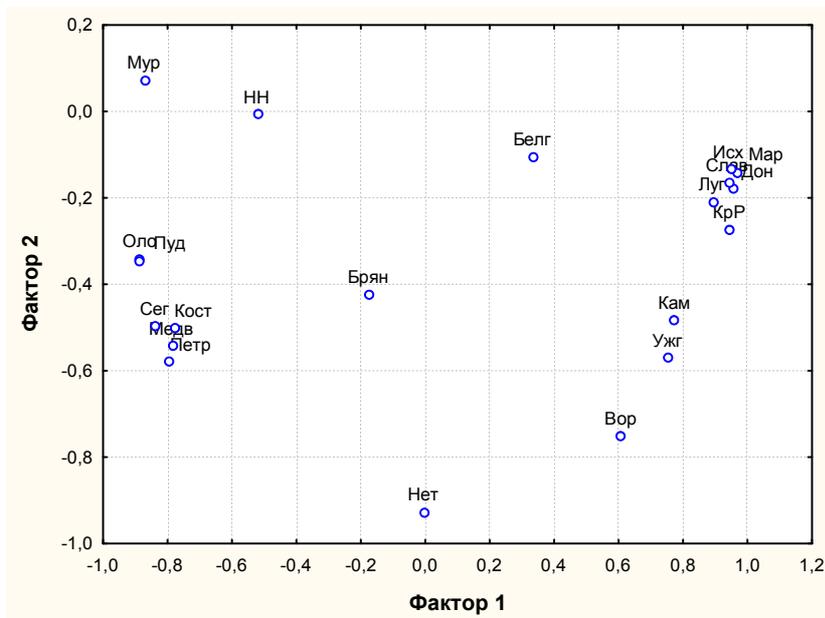


Рис. 2. Расположение систематических структур урбанофлор 10-ти ведущих семейств в факторном пространстве (диаграмма построена на основе использования коэффициентов Кэнделла): Мур – Мурманск, Сег – Сегежа, Кост – Костомукша, Медв – Медвежьегорск, Петр – Петрозаводск, Пуд – Пудож, Ол – Олонец, Нет – Нетешин, Кам – Каменец-Подольский, Вор – Воронеж, Ужг – Ужгород, Луг – Луганск, КрР – Кривой Рог, Мар – Мариуполь, Слав – Славянск, Д – Донецк, Бря – Брянск, НН – Нижний Новгород, Белг – Белгород

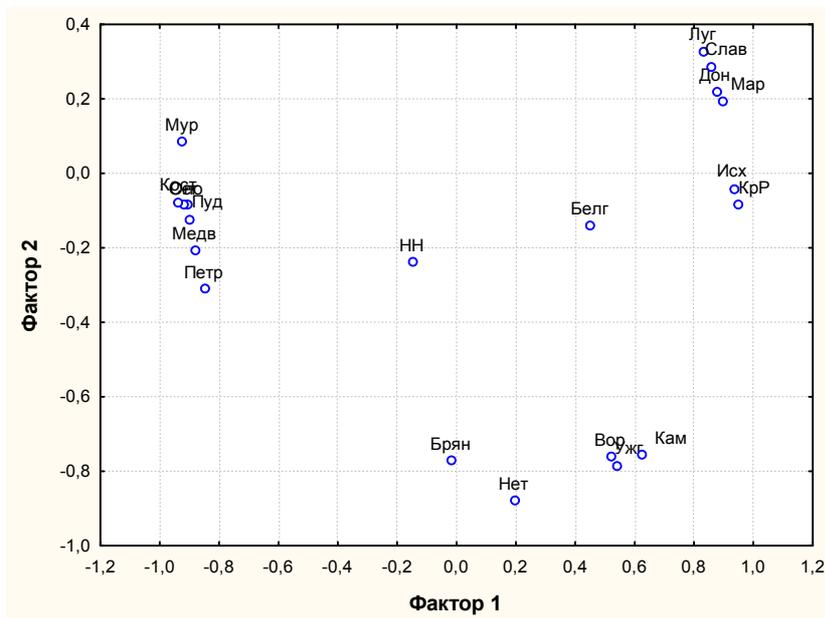


Рис. 3. Расположение урбанофлор в факторном пространстве двух факторов (диаграмма построена на основе использования коэффициентов Жаккара): Мур – Мурманск, Сег – Сегежа, Кост – Костомукша, Медв – Медвежьегорск, Петр – Петрозаводск, Пуд – Пудож, Ол – Олонец, Нет – Нетешин, Кам – Каменец-Подольский, Вор – Воронеж, Ужг – Ужгород, Луг – Луганск, КрР – Кривой Рог, Мар – Мариуполь, Слав – Славянск, Д – Донецк, Бря – Брянск, НН – Нижний Новгород, Белг – Белгород

Анализ нагрузок (табл. 1), которые вкладывают урбанофлоры в формирование первого статистического фактора, позволяет трактовать его как широтный, зональный фактор. По отношению к нему урбанофлоры объединились в группы в факторном пространстве: «донецкие степные», «западно-украинские», «среднерусские», «северные». Исследование структур урбанофлор городов Белгорода, Воронежа, Нижнего Новгорода свидетельствует о том, что их сближение происходит за счет сходства жизненных форм, входящих в их состав видов.

Таблица 1
Факторные нагрузки на изученные урбанофлоры

Урбанофлора	Фактор 1	Фактор 2
Белгород	0,33185	-0,104034
Нижний Новгород	-0,52154	-0,005700
Мурманск	-0,87073	0,074031
Брянск	-0,17624	-0,422124
Донецк	0,95275	-0,177313
Кривой Рог	0,94217	-0,272348
Луганск	0,89476	-0,208705
Славянск	0,94142	-0,164689
Мариуполь	0,96789	-0,139429
Ужгород	0,75203	-0,568667
Каменец-Подольский	0,77157	-0,483769
Нетешин	-0,00550	-0,925466
Воронеж	0,60699	-0,749502
Олонец	-0,88688	-0,340736
Петрозаводск	-0,79431	-0,579209
Пудож	-0,88763	-0,344056
□ Медвежьегорск	-0,78590	-0,542577
Сегежа	-0,83937	-0,495355
Костомукша	-0,78024	-0,501635

Примечание: жирным шрифтом выделены значимые нагрузки, вносимые урбанофлорами в статистический фактор

рования вне зависимости от действия зональных факторов.

Таким образом, исследование урбанофлор по сходству таксономической структуры и по полным спискам флор с помощью факторного анализа свидетельствует о том, что природно-климатические факторы играют существенную роль в формировании различий между ними. Вместе с тем, изучение структур урбанофлор различных географических территорий по жизненным формам (рис. 4) подтверждает значимость влияния антропогенных факторов. Спектры жизненных форм в различных природно-климатических условиях похожи. Несмотря на то, что количество адвентивных видов в спектре флор закономерно снижается в урбанофлорах в направлении с юга на север, общее их количество остается достаточно высоким и характерным для этого типа антропогенной трансформации флоры. Эти данные подтверждают точку зрения об урбанофлоре как некоем универсальном типе антропогенной трансформации флоры, для которого характерны общие черты форми-

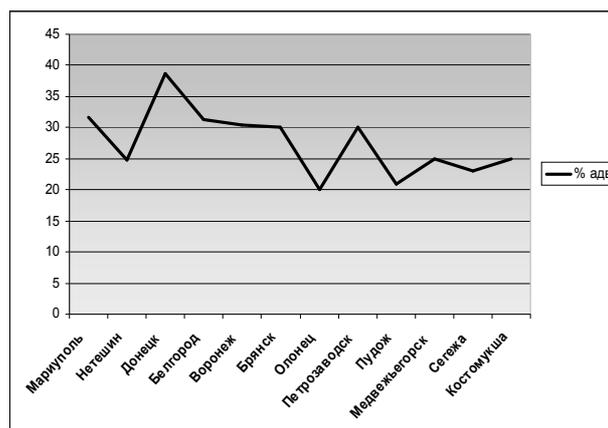
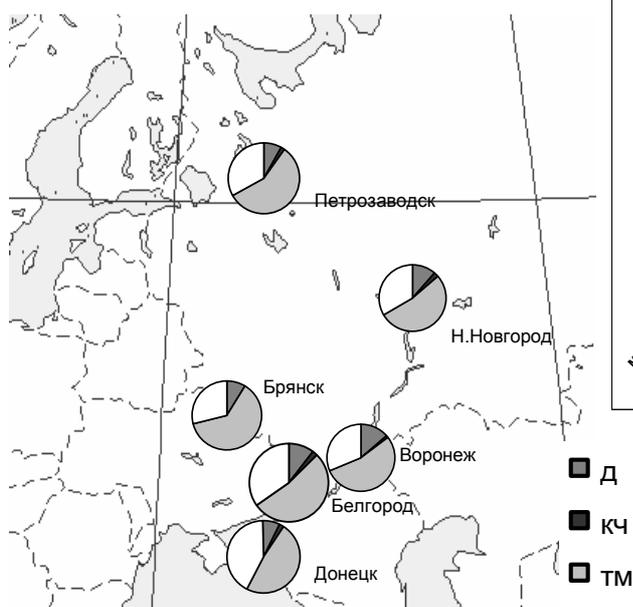


Рис. 4. Соотношения жизненных форм (а) и количество адвентивных видов (б) в урбанофлорах различных географических территорий: д – деревья и кустарники, кч – кустарнички, полукустарники и полукустарнички, тм – травянистые многолетники, то – однолетники и двулетники

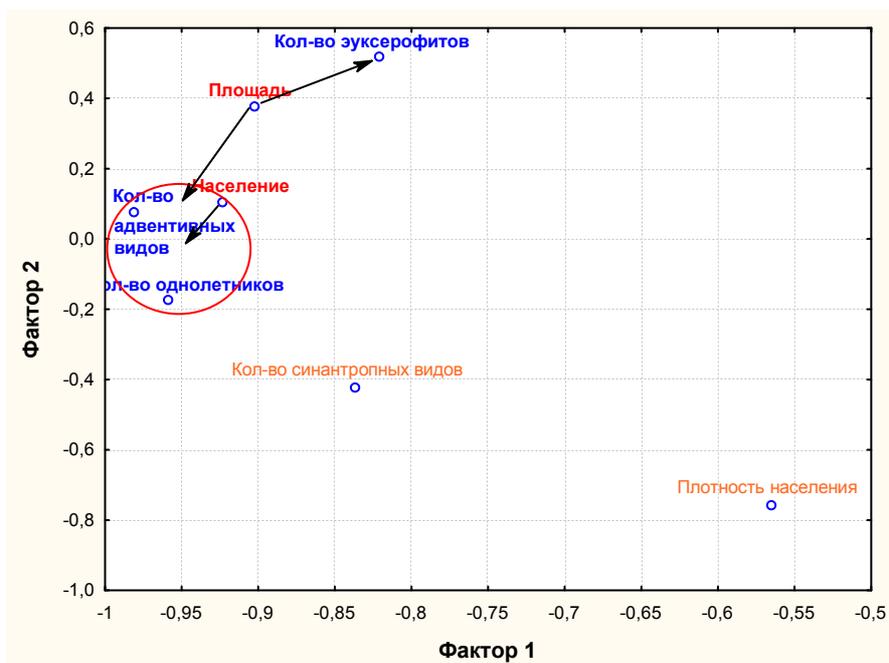


Рис 5. Факторный анализ, визуализирующий взаимодействие антропогенных факторов и некоторых характеристики структур урбанофлор

Сопряженный анализ и визуализация характеристик урбанофлор и городов в факторном пространстве позволил сделать интересные выводы (рис. 5). Факторные нагрузки свидетельствуют о том, что наиболее важными для формирования структур урбанофлор факторами по изученным характеристикам являются население городов и занимаемая ими площадь. Именно эти характеристики оказывают наибольшее влияние на количество адвентивных видов и однолетников в урбанофлорах.

Количество эуксерофитов в урбанофлорах различных географических территорий также зависит от площади города, что связано, очевидно, с количеством подходящих для них местообитаний (рис 5). Количество населения города оказывает меньшее влияние на произрастание в урбанофлоре эуксерофитов, чем его площадь. Изученные характеристики антропогенно трансформированных флор в малой степени связаны с плотностью населения. Это, по-видимому, объясняется тем, что площадь и население городов находятся в прямой зависимости с количеством и разнообразием местообитаний и свободных экологических ниш в них, которые пригодны для произрастания растений.

Заключение

Исследование урбанофлор, формирующихся в различных природно-климатических условиях европейской части России и Украины позволяет говорить о том, что их сложение происходит при взаимодействии природно-климатических и антропогенных факторов, степень влияния которых различна. Влияние природно-климатических факторов существенно выше, в случае, если флоры формируются вдоль широкого градиента условий среды. Наиболее важными из рассмотренных природных факторов, которые оказывают влияние на формирование структур урбанофлор являются широтный фактор, несомненно связанный с температурными условиями и нормой осадков. Вместе с тем изучение структур урбанофлор различных географических территорий по жизненным формам подтверждает значимость влияния антропогенных факторов. Спектры жизненных форм в различных природно-климатических условиях похожи. Несмотря на то, что количество адвентивных видов в спектре флор закономерно снижается в урбанофлорах в направлении с юга на север, общее их количество остается достаточно высоким и характерным для этого типа ан-

тропогенной трансформации флоры. Эти данные подтверждают точку зрения об урбанофлоре как некоем универсальном типе антропогенной трансформации флоры, для которого характерны общие черты формирования вне зависимости от действия зональных факторов.

Важными антропогенными факторами, которые влияют на формирование структур урбанофлор, являются население городов и занимаемая ими площадь. Именно эти характеристики оказывают наибольшее влияние на количество адвентивных видов и однолетников в урбанофлорах. Количество населения города оказывает меньшее влияние на произрастание в урбанофлоре эуксерофитов, чем его площадь. Изученные характеристики антропогенно трансформированных флор в малой степени связаны с плотностью населения. Это, по-видимому, объясняется тем, что площадь и население городов находятся в прямой зависимости с количеством и разнообразием местообитаний и свободных экологических ниш, пригодных для растений.

Исследования поддержаны грантом Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», ГК № 16.740.11.0053 от 01.09.2010.

Список литературы

1. Р.І. Бурда Анотований список флори промислових міст на Південному сході України. – Донецьк: Б. в., 1997. – 49 с.
2. Антипина Г.С. Урбанофлора Карелии. – Петрозаводск, 2002. – 200 с.
3. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. – Киев: Наукова думка, 1991. – 168 с.
4. Григорьевская А.Я. Флора города Воронежа. – Воронеж, 2000. – 200 с.
5. Губарь Л.М. Урбанофлора южной части Малого Полесья: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – Киев, 2006. – 20 с.
6. Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды (на примере городов Вятско-Камского края): Автореф. дисс. ... д-ра биол. наук. – С.-Пб., 1993. – 36 с.
7. Ишбирдин А.Р. Эколого-географические закономерности формирования синантропных флор и растительности селитебных территорий России: Дисс... д-ра биол. наук. – М., 2001. – 294 с.
8. Кагало О.О., Скiбiцька Н.В., Любiнська Л.Г., Гузiк Я., Протопопова В.В., Шевера М.В. Судинні рослини м. Кам'янець-Подiльський // Бiорiзноманiття Кам'янця-Подiльського. Попередній критичний iнвентаризацiйний конспект рослин, грибiв i тварин / За ред. О.О. Кагало, М.В. Шевери, А.А. Леванця. – Львiв: Лiга-Прес, 2004. – С. 82-134.
9. Панасенко Н.Н. Флора города Брянска. – Брянск: РИО БГУ, 2009. – 136 с.
10. Тохтарь В.К., Фомина О.В., Петин А.Н., Шевера М.В., Губарь Л.М. Сравнение урбанофлор различных природно-климатических зон методом факторного анализа. // Проблемы региональной экологии. – 2009. – №1. – С. 27-30.
11. Фомина О.В., Тохтарь В.К. Исследование структуры урбанофлоры Белгорода // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. – 2010. – № 21 (92), вып. 13. – С. 28-32.
12. Фролов А.К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. – С-Пб.: Наука, 1998. – 328 с.
13. Чибрик Т.С., Елькин Ю.А. Формирование фитоценозов на нарушенных промышленностью землях. – Свердловск: Изд-во Ур. ун-та, 1991. – 220 с.
14. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. – Л.: ЛГУ, 1980. – 176 с.
15. Protopopova V., Shevera M. A preliminary checklist of the urban flora of Uzhgorod. – Kiev: Phytosociocentre, 2002. – 68 p.
16. Sukopp H. On the early history of urban ecology in Europe // Preslia. – 2002. – Т. 74 (4). – P. 373-393.
17. Wittig R., Diesing D., Godde M. Urbanophob - urbanoneutral - urbanophil: Das Verhalten der Arten gegenüber dem Lebensraum Stadt // Flora. – 1985. – Bd. 177. – P. 265-282.

PECULIARITIES OF URBANOFLOTA FORMATION UNDER DIFFERENT NATURAL AND ANTHROPOGENOUS CONDITIONS: FACTOR ANALYSIS AND VISUALIZATION OF DATA

V.K. Tohtar

O.V. Fomina

Belgorod State National Research University

Pobedy-St. 85 Belgorod, 308015, Russia

E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

Study of urbanofloras, formed under the different natural and anthropogenous conditions of the European part of Russia and Ukraine by the factor analysis method allows to establish that the floras structure depends on the interaction of the natural-and-climatic and anthropogenous factors the degree of influence of which varies. The most important natural-and-climatic factors influencing urbanoflora structure is the latitudinal factor, closely connected with temperature conditions and precipitation norm. Among anthropogenous factors which impact urbanofloras structure the factors of the size of a city and quantity of its population are identified. Action of these factors leads to deleting of borders among the floraes caused by natural-and-climatic factors according to adventive and apophyte fractions similarity of urbanofloras. These data confirm the point of view on urbanoflora as on a certain universal type of anthropogenous transformation of flora characterized by common features of formation and similarity of florogenetic processes. The features determined, in a greater degree, by anthropogenous factors.

Key words: urbanoflora, natural-and-climatic, anthropogenous factors, the factor analysis.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ И АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КОРНЕЙ *GEUM URBANUM* L.

Т.В. Бурченко
А.В. Лазарев

Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет

Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85

E-mail: ta-
nya.burchenko@yandex.ru;
lazarev@bsu.edu.ru

Работа посвящена изучению анатомического строения корневищ гравилата городского как специализированных подземных побегов. Оно имеет следующие особенности: диаметр первичной коры равен 3.65–10.97 μm , что свидетельствует о её слабом развитии. Слой полидермы составляет 45.05–47.71 μm . Сосуды вторичной ксилемы равны по диаметру 11.78–26.86 μm . Центральный осевой цилиндр – триархный. Сосуды первичной ксилемы имеют диаметр от 13.21 до 14.04 микрометров, средний диаметр – 11.59 μm . Вторичная кора равна 132.71–161.63 микрометрам, что составляет 43% всей площади среза. Вторичная кора имеет слегка извилистые очертания. Клетки вторичной коры разной формы и неодинаковы по размеру. Вторичная кора содержит сосуды почти квадратной формы, диаметром 4.85–10.89 μm .

Ключевые слова: *Geum urbanum* L, первичная кора, вторичная кора, полидерма, центральный осевой цилиндр.

Введение

Гравилат городской относится к растениям с развитой корневой системой, представленной толстым ползучим корневищем. У взрослых особей корневая система кистевая и состоит только из придаточных корней. Корни закладываются по 1–2 почти под каждым узлом с соцветиями. В зависимости от особенностей корневой системы у гравилатов можно определить примерный возраст растения, его морфологические характеристики, состояние в целом. Большинство авторов обращают более пристальное внимание на морфоструктуру подземных органов *Geum urbanum* L. Так, Л.В. Петухова и В.Н. Голубев, определяют городской гравилат как моноподиально – розеточный короткокорневищный поликарпик с ортотропным эпигеогенным корневищем [1, 2]. Корневища развиваются над землёй, что даёт возможность развитию зелёных ассимилирующих листьев [3]. Из результатов наблюдений Л.П. Рысина и Г.П. Рысиной следует, что со старением растения главный корень постепенно сменяется слабоветвящимся, косо направленным корневищем [4]. Эпигенное формирование корневища даёт возможность придаточным корням втягивать в почву надземный побег после отмирания листьев, что даёт возможность лучшего прикрепления в почвенном грунте, а также увеличивает защищённость растения, в том числе и от вытаптывания. Этот приспособительный механизм возник, на наш взгляд, как следствие произрастания в нарушенных местообитаниях. Недостаточная изученность максимальной глубины проникновения корней на разных почвенных грунтах и её зависимости от механического состава почвы и воздействия человека на места произрастания гравилата городского, делает это направление исследования актуальным. Целью нашей работы явилось уточнение некоторых особенностей морфологии и анатомического строения гравилата городского.

Материал и методика исследований

Изучались морфология и анатомическое строение корня *Geum urbanum* L. Материал собирался в окрестностях посёлка Крейда г. Белгорода. Срезы готовились от руки, окрашивались флюороглюпином и соляной кислотой. При проведении анатомического исследования применяли электронный микроскоп Quanta 200 3D. При изучении применялся режим низкого вакуума.

Для исследования горизонтального простиранья и диаметра подземных частей, а также особенностей ветвления поверхностных корней гравилата городского использовался метод горизонтальной раскопки [5].

Результаты исследований

Внешний вид сырья. Сырьё состоит в основном из корней и корневищ тёмно-бурого цвета. Корневище цилиндрическое, толстое, ползучее 7–10 см в длину и 0.8–1 см в толщину, чаще всего неразветвлённое, деревянистое, одето остатками листьев. Масса корневищ и корней с одного растения достигает 80 г, при высушивании уменьшается в 1.5–2 раза. У старых многолетних растений многоглавые корневища, более тёмного цвета, густо усаженные корнями, длина достигает 22 см, в поперечнике – 1.2 мм. На изломе корневище неровное, внутри желтоватого цвета, губчатое по структуре, очень твёрдое в сухом состоянии, в воде быстро размягчается. Корневище имеет в среднем 2–3 узла. Корни прямые, внизу слабо разветвлённые, длиной до 25 см, в основании до 1.2–1.7 мм. На корневище образуется около 19-и крупных придаточных корней.

Особенности почвенного залегания. Корневая система гравилата городского под пологом леса развита слабо и проникает в почву неглубоко (рис. 1, 2). По-слойное снятие почвы показало, что в начале мая глубина залегания корней под пологом смешанного леса с чернозёмной почвой составляет 12–13 см, с более лёгкой песчаной почвой в сосновом лесу – 16–17 см. Причём в песчаной почве корни, простираясь по сторонам, охватывают пространство до 80–90 см в окружности, а на чернозёмах 60–70 см. При произрастании на открытых участках глубина залегания корней составляет 24 см. В сентябре замер глубины проникновения корней показал, что отдельные корни на чернозёмных почвах под пологом леса углубляются на 1.7 см, на песчаных – на 2.6 см. Рост корней в глубину на открытой местности составил 3 см. На пространствах, где отмечалась интенсивная антропогенная нагрузка, заключающаяся в интенсивном вытаптывании растений человеком, изменение глубины залегания корневой системы зафиксировано не было.



Рис. 1. Залегание корней гравилата городского в песчаной почве



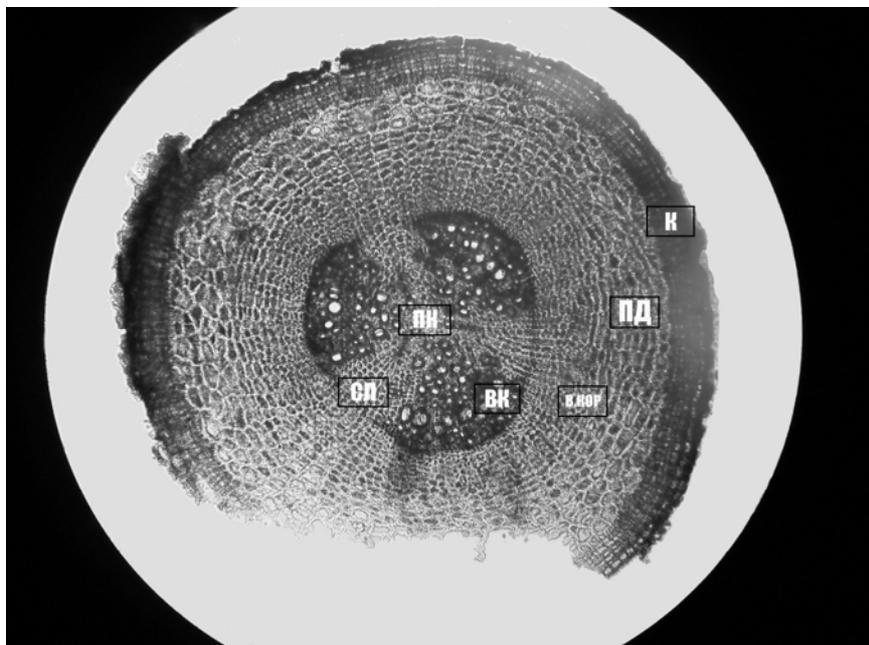
Рис.2. Залегание корней гравилата городского в чернозёмных почвах

На основании этих наблюдений гравилат городской можно причислить к растениям с поверхностной корневой системой с короткими корневищами. По характеру расположения корней он относится к «универсальным», так как содержит поверхностные, вертикальные и дуговидно-изогнутые под разными углами, уходящие вниз корни. Корневая система адаптирована к произрастанию на почвах, поверхностный слой которых сильно уплотнён и спрессован.

Анатомическое строение. Корень гравилата городского, изъятый из почвы

в конце сентября, имеет вторичное строение. Вторичное преобразование начинается после достижения корнем основной длины. Формирование зависит от числа групп первичной ксилемы и последующей камбиальной активности (Петухова, 1974).

Корень на поперечном срезе имеет округлые очертания. В световой микроскоп хорошо просматриваются первичная ксилема, вторичная ксилема, сердцевинные



лучи, первичная кора, полидерма и вторичная кора (рис. 3). Полидерма представлена продолговатыми клетками. Слой полидермы составляет $45.05 \mu\text{m} - 46.67 \mu\text{m}$

Рис. 3. Поперечный срез главного корня:

ПК – первичная ксилема; ВК – вторичная ксилема; СП – сердцевинный луч; К – первичная кора; ПД – полидерма; ВК – вторичная ксилема

На поперечном срезе корневища можно видеть что первичная кора развита слабо, её толщина равна $3.65-10.97 \mu\text{m}$. Она имеет воздухоносные полости, хорошо просматриваемые на электронном микроскопе. Полидерма состоит из продолговатых клеток. Слой полидермы составляет $45.05-47.71 \mu\text{m}$ (рис. 4, 5).

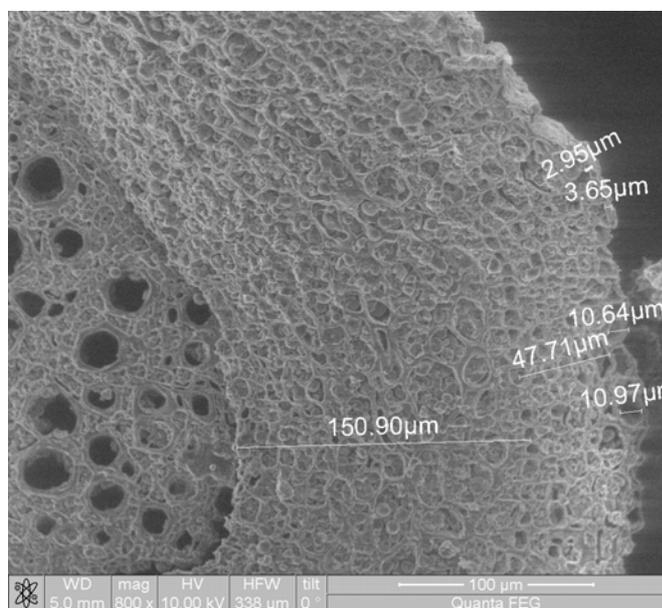


Рис. 4. Часть поперечного срез придаточного корня

Диаметр центрального цилиндра – $273.30-309.58 \mu\text{m}$ (рис. 6). Проводящая система, занимающая центральную часть корня, представлена сложным радиальным сосудистым пучком, состоящим из чередующихся групп ксилемы и флоэмы. Участки вторичной ксилемы имеют крупные сосуды и мелкие клетки паренхимы.

Сосуды вторичной ксилемы имеют диаметр $11.78-26.86 \mu\text{m}$ (рис. 7). Центральный осевой цилиндр по типу строения можно отнести к триархному (*radix triarcha*): «звезда» ксилемы имеет 3 луча, хорошо выделяющихся на фоне участков первичной флоэмы [7, 8]. Сердцевинные лучи равны 8–11 клеткам по ширине. Сосуды первичной ксилемы имеют диаметр от 13.21 до $14.04 \mu\text{m}$ (рис. 8). По толщине ксилемы, составляющей

третью часть поперечного срез корня и флоэмы можно сделать вывод, что проводящая система у гравилата городского довольно хорошо развита. Первоначально вторичная ксилема образуется отдельными пучками соответственно числу первичной ксилемы [6]. Флоэма, осуществляющая транспорт продуктов фотосинтеза к местам по-

требления и отложения в запас. Сердцевина имеет диаметр 43.68–300.45 μm, т.е. достаточно большие размеры и представлена тонкостенными паренхимными клетками. Такую закономерность отмечают ряд авторов, которые делают вывод, что у всех гравилатов в конусе нарастания ризома наблюдается первичное меристематическое утолщение осевой части, что приводит к значительному разрастанию сердцевины [6, 9]. Перцикл образует мощный слой, равный по своей толщине слою вторичной флоэмы.

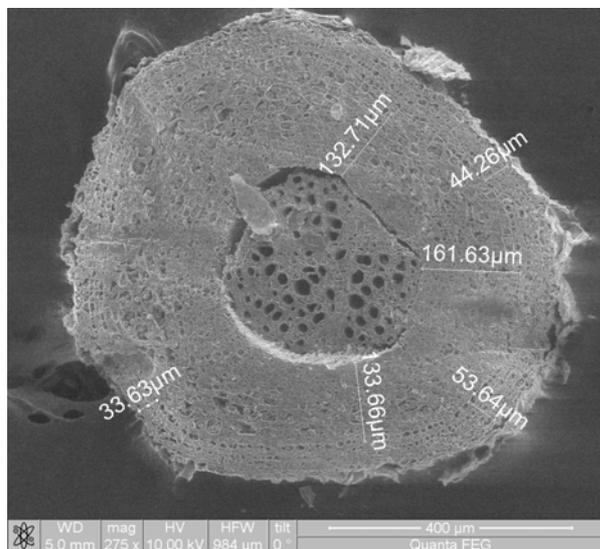


Рис. 5. Поперечный срез придаточного корня гравилата городского

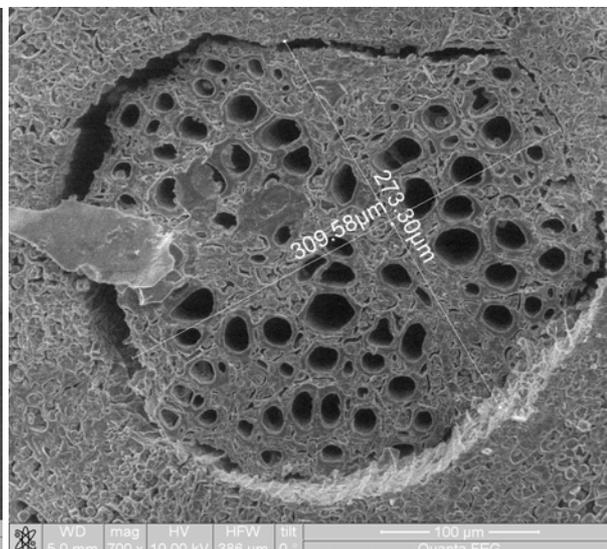


Рис. 6. Размеры проводящей системы корня гравилата городского

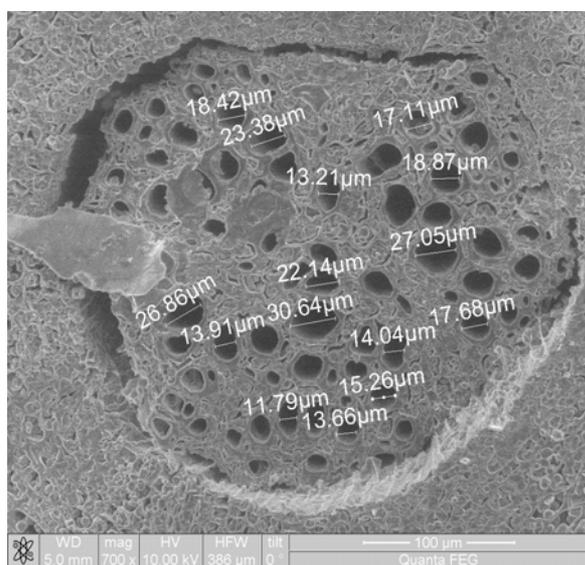


Рис. 7. Центральный цилиндр корня гравилата городского

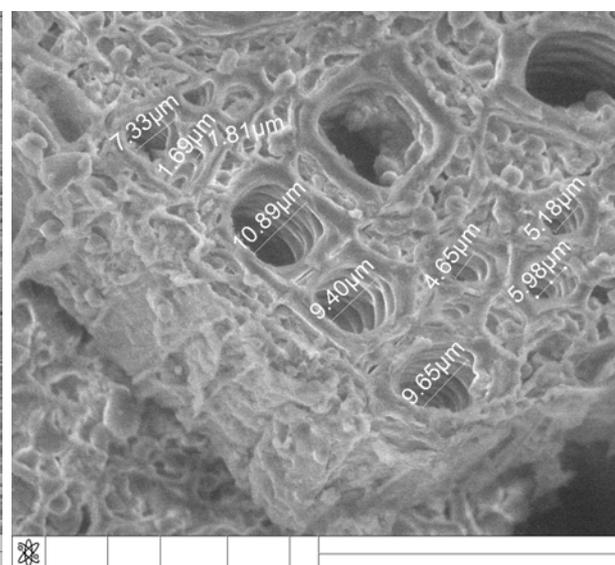


Рис. 8. Сосуды вторичной ксилемы корня гравилата городского

Вторичная кора достаточно хорошо выражена – 132.71–161.63 μm, что составляет 43% всей площади среза (рис. 3). Вторичная кора имеет слегка извилистые очертания. Клетки вторичной коры разной формы и неодинаковы по размеру. Вторичная кора содержит сосуды почти квадратной формы, диаметром 4.85–10.89 μm (рис. 8). Основными, хорошо выраженными на поперечном срезе частями корня являются кора и центральный цилиндр, или стелла. Осевой цилиндр составляет приблизительно половину имеющегося объема занимаемого всеми остальными структурами корня. Достаточно хорошо выражена пробка.



Выводы

Корень гравилата городского имеет следующие особенности:

1. Толщина первичной коры составляет 3.25–15.57 μm , что свидетельствует о её слабом развитии.

2. Слой полидермы составляет 45.05–46.67 μm . Сосуды вторичной ксилемы имеют диаметр 17.24–27.35 μm . Центральный осевой цилиндр – триархный. Сосуды первичной ксилемы имеют диаметр от 11.54 до 12.22 μm (средний диаметр – 11,59 μm). Толщина вторичной коры равна 127.60–161.02 μm , что составляет 43% всей площади среза. Вторичная кора имеет слегка извилистые очертания. Клетки вторичной коры различны по форме и неодинаковы по размеру. Вторичная ксилема состоит из сосудов почти квадратной формы, диаметром 4.88–5.51 μm .

Благодарим за помощь в проведении испытаний Центр коллективного пользования научным оборудованием БелГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов».

Список литературы

1. Петухова Л.В. Сравнительно-морфологическое исследование жизненных форм некоторых моноподиально-розеточных растений семейства Rosaceae. Автореф. дис... канд. биол. наук. - М., 1980. – 12 с.
2. Голубев В.Н. Основы биоморфологии травянистых растений Центральной лесостепи. – Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1962. – 510 с.
3. Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. – М.: Гос. изд-во «Советская наука», 1952. – 256 с.
4. Рысин Л.П., Рысина Г.П. Морфоструктура подземных органов лесных травянистых растений. – М.: Наука, 1987. – 207 с.
5. Красильников П.К. Методы полевого изучения подземных частей растения. – Л.: Наука. Ленингр. отд., 1983. – 207 с.
6. Петухова Л.В. Некоторые анатомические особенности *Geum urbanum* L. // Ростовые вещества и рост растений. Калинин: Изд-во Калининского государственного ун-та, 1974. – С. 34–42.
7. Фёдоров А.А., Кирпичников М.Э., Артющенко З.Т. Атлас по описательной морфологии высших растений. Стебель и корень. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 327 с.
8. Яковлев Г.П., Челобитько В.А. Ботаника: Учеб. для фармац. ин-тов и фармац. фак. мед. вузов./ Под ред. И.В. Грушвицкого. – М.: Высш. шк., 1990. – 367 с.
9. Эсау К. Анатомия растений. – М.: Изд-во «Мир», 1969. – 564 с.

SOME FEATURES OF MORPHOLOGY AND ANATOMIC STRUCTURE OF ROOTS *GEUM URBANUM* L.

T.V. Burchenko

A.V. Lazarev

Belgorod State National Research University

Pobedy St. 85 Belgorod, 308015, Russia

E-mail:

tanya.burchenko@yandex.ru;

lazarev@bsu.edu.ru

The work is devoted to studying of the anatomic structure of rhizomes of urban avens as specialized underground runners. It has following features: the size of a primary bark is equal to 3.25-15.57 μm that testifies to its weak development. The layer polyderm makes 45.05-46.67 μm . Vessels of the secondary xylem are equal in diameter to 17.24-27.35 μm . The central axial cylinder is triarchical. The vessels of the primary xylem have diameter from 11.54 up to 12.22 micrometers, average diameter is 11.59 μm . The secondary bark is equal to 127.60 - 161.02 micrometers that makes 43% of all area of a cut. The secondary bark has slightly twisting outlines. The cells of the secondary bark are of the different shapes and vary in size. The secondary bark contains vessels of almost square form, diameter of 4.88–5.51 μm .

Key words: *Geum urbanum* L, a primary bark, a secondary bark, polyderm, the central axial cylinder.

УДК 632.4:630.416.3:582.287

ЛОЖНЫЙ ДУБОВЫЙ ТРУТОВИК *Phellinus robustus* Bourd et Galz. В БЕЛГОРОДСКИХ ДУБРАВАХ (БИОЭКОЛОГИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ВРЕДНОСТЬ)

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

Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет

Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85

E-mail:
kiryushenko@bsu.edu.ru

В статье рассматривается биоэкология, распространение и вредоносность ложного дубового трутовика *Phellinus robustus* Bourd et Galz., вызывающего стволовую гниль дуба черешчатого в белгородских дубравах. По результатам полевых обследований и анализа полученных данных приводится описание экологических особенностей ложного дубового трутовика, оцениваются распространенность и вредоносность данного вида в приспевающих и спелых дубовых древостоях Белгородской области Российской Федерации.

Ключевые слова: ложный дубовый трутовик, дуб черешчатый, гниль ствола, распространенность заболевания, вредоносность, жизнеспособность деревьев, смертность (отпад) деревьев.

Введение

На фоне общего депрессивного состояния популяций дуба черешчатого *Quercus robur* L. в дубовых древостоях южной лесостепи получили широкое распространение гнилевые заболевания деревьев дуба. Одним из наиболее распространенных, но недостаточно изученных возбудителей стволовых гнилей является ложный дубовый трутовик *Phellinus robustus* Bourd. et Galz.. Отдельные аспекты биоэкологии и вредоносности *Ph. robustus* изучались и рассматривались в соответствующей литературе [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Однако литературные описания зачастую носят весьма общий характер и требуют большей определенности и детализации, а детальных исследований, например, смертности деревьев дуба в условиях поражения, тем более, применительно к условиям Белгородской области на современном этапе развития дубравных экосистем, не проводилось. Не проводилось также всестороннего анализа вредоносности *Ph. robustus* в дубовых древостоях. В нашей работе мы задались целью провести масштабные полевые исследования и, проанализировав полученные данные, уточнить особенности биоэкологии *Ph. robustus*, оценить распространенность его в дубовых древостоях и дать общую оценку вредоносности этого патогена в порослевых дубовых древостоях 70-90-летнего возраста в дубравах Белгородской области.

Объекты и методика

Объектом исследований являлись порослевые дубовые древостои 70-90-летнего возраста, расположенные в нагорных, байрачных и плакорных дубравах южной части Белгородской областей (южная лесостепь). Полевые обследования проводились в 2009-2010 гг. в дубовых древостоях Белгородского и Шебекинского районов Белгородской области Российской Федерации. Ниже приводится описание обследованных древостоев.

Урочище «Дубовое» (Белгородский лесхоз, Белгородское лесничество). Состав древостоя: 10Д+Кло+Лпм. Возраст (лет), средний диаметр (см), полнота, бонитет: 90; 28.5; 0.5-0.6; II. Урочище «Коровино» (Шебекинский, Архангельское). 5Д5Ясо+Кло+Лпм. 90; 29.0; 0.5-0.6; II. Лес «Шебекинская дача» (Шебекинский, Шебекинское). 8Д1Лпм1Кло+Ясо. 90-95; 30.8; 0.5-0.6; I-II. Дубрава «Архиерейская роща» (Белгородский, Белгородское). 10Д+Кло+Лпм. 70-80; 27.2; 0.5-0.6; II. Урочище «Рог» (Шебекинский, Шебекинское). 10Д+Кло+Лпм. 70-80; 24.8; 0.5-0.6; II-III. «Безлюдовский лес» (Шебекинский, Шебекинское). 10Д. 85; 27.3; 0.5-0.6; II-III.



Следует указать, что лес «Дубовое», урочище «Коровино», лес «Шебекинская дача» – относятся к типу нагорных дубрав (тип лесорастительных условий D_2); дубрава «Архиерейская роща» и урочище «Рог» – к типу байрачных дубрав (тип лесорастительных условий D_2); дубрава «Безлюдовский лес» – является плакорной дубравой (тип лесорастительных условий C_2).

Методология работы базировалась на биоценологических и лесопатологических принципах исследования [7, 8, 9, 10]. Полевые исследования фитопатологической направленности проводились рекогносцировочным (по маршрутным ходам) и детальным (на модельных деревьях) методами [6].

Распространенность (встречаемость) заболевания, вызванного *Ph. robustus* (ложный дубовый трутовик, ЛДТ) на живых деревьях, оценивали как отношение числа учтенных больных живых деревьев к общему числу учтенных живых деревьев в составе древостоя. Больным дерево считалось при наличии явного признака поражения – плодовых тел ЛДТ. Жизнеспособность деревьев оценивали как текущую категорию состояния жизнеспособности.

Интенсивность развития заболевания оценивали по относительным размерам развития гнили, вызванной ЛДТ. Степень развития заболевания в древостое оценивали как произведение распространенности и интенсивности.

Смертность (текущий отпад) мы рассматривали как частоту гибели живых деревьев в древостое по причине развития гнили от ЛДТ. При этом учитывали, что гибель деревьев от гнилевых болезней ствола чаще происходит в результате механического слома. Т. е. смертность оценивали как отношение числа пораженных деревьев, преждевременно погибших в результате механического слома (с сохранившейся мелковеточной периферией кроны или даже с облиственной кроной), к общему числу учтенных живых деревьев в составе обследуемого древостоя.

Вредоносность (степень вредоносности) оценивали с учетом распространенности патогена на живых деревьях, интенсивности вызываемого заболевания, состояния жизнеспособности пораженных деревьев, вероятности гибели пораженных деревьев вследствие поражения.

Результаты и обсуждение

Особенности биоэкологии. Ложный дубовый трутовик (ЛДТ) *Phellinus robustus* Bourd. et Galz. (*Basidiomycetes: Aphyllophorales*) – ксилотрофный макромицет; лигнофил; облигатный паразит дуба черешчатого с возможностью непродолжительного развития на сломанных стволах. Вызывает светлую полосатую ядровую гниль древесины, заходящую в заболонь, камбий и луб. Размножается и распространяется базидиоспорами. Распространению и заражению способствуют ветер, дождь, насекомые-ксилофаги.

Во время спороношения базидиоспоры ЛДТ разносятся ветром и насекомыми и оседают на ветвях и листьях деревьев, стволах; заносятся в дупла, раны и трещины. Во время дождя налет спор из верхней части кроны смывается вниз, споры с нисходящими водяными токами проникают в основания не заросших сучков, отмирающих веток, в трещины, раны и морозобоины ствола.

Во влажной среде базидиоспоры прорастают, и образуется первичная грибница, которая, разрастаясь, проникает внутрь ствола, заражая живые ткани. На месте поражения возникает продолговатая покрытая отмершей корой вдавленность, на которой развиваются плодовые тела. Пораженная древесина вначале буреет, затем в ней появляются светлые полосы; в конечной стадии гниль становится желтовато-белой, с тонкими извилистыми темными линиями. В пораженной древесине часто образуются скопления рыжеватой грибницы [11, 12].

Нами выделены следующие типы поражения дуба ЛДТ: комлевый, стволовой, веточно-сучковый. При комлевом типе поражения, возбудитель проникает через дупла в комлевой части дерева, образующиеся от побочных стволов, сгнивших у основания. Плодовые тела ЛДТ образуются на периферии дупла. При стволовом типе поражения возбудитель проникает через трещины в стволе у многовершинных деревьев (в

местах расхождения стволов у двойчаток-тройчаток), разрывы коры в местах развития поперечного рака, не затянувшиеся морозобоины. Плодовые тела ЛДТ образуются в нижней части ствола в местах трещин и разрывов коры. При веточно-сучковом типе поражения возбудитель проникает в дерево через не заросшие основания гнилевых сучков и усохших веток. Плодовые тела образуются в нижней и средней части ствола и на пристволовых участках веток.

В связи с вышеизложенным, среди факторов, способствующих поражению дуба ЛДТ следует отметить: порослевое происхождение; пониженное местоположение участка, где растет дерево; загущенность древостоя, отсутствие своевременного ухода. Порослевое возобновление приводит к многовершинности и дуплообразованию. Пониженное местоположение приводит к энергичному росту в высоту, опережающему процесс очищения ствола от сучьев. К этому же приводит и загущенность древостоев. Отсутствие своевременного ухода способствует загущенности древостоев и развитию многовершинности.

Скорость распространения гнили, вызванной ЛДТ, вдоль по стволу составляет 6–12 см в год, а по диаметру – 0.3–12 см. Общая протяженность гнили составляет 1–9 метров [12]. Гниль может развиваться очень долго (до 50 лет и более). Плодовые тела начинают формироваться при средней протяженности гнили около 3.5 см; скрытые гнили (без плодовых тел) имеют среднюю протяженность около 0.5 м [1].

Плодовые тела ЛДТ многолетние, каждый год нарастает и формируется новый спороносящий слой (гименофор с гимением). При формировании гименофора наблюдается своеобразный положительный геотропизм: поверхность гименофора с гимением, даже на поваленных стволах, максимально ориентируется в горизонтальной проекции. Молодые плодовые тела по форме обычно желвакообразные, старые (многолетние) – копытообразные или подушковидные. Верхняя поверхность плодовых тел темно-серая, темно-бурая или почти черная; у многолетних плодовых тел – с концентрическими бороздами и трещинами. Нижняя поверхность (гименофор с гимением) – от песочной до ржавой окраски. Консистенция плодовых тел деревянистая, очень твердая; внутренняя часть оранжево-красная, ржавая или буро-ржавая. Размеры плодовых тел: в диаметре – до 20 см, по толщине (высоте) – до 10 см.

Распространенность (встречаемость) ЛДТ на живых деревьях (и, оценочно, стволовой гнили, вызванной ЛДТ). По нашим данным встречаемость ЛДТ на живых деревьях дуба в дубравах района исследований составляет 0.80-1.60% (табл. 1). В среднем – 1.01%. Среди сухостойной части древостоя распространенность 0.00-2.78% (см. табл. 1); в среднем несколько выше, чем на живых деревьях, – 1.36% .

Н.Н. Селочник [13] для южных дубрав приводит близкие цифры поражения деревьев дуба стволовыми гнилями (1-2%), среди которых основная доля представлена деревьями, пораженными ЛДТ. О.В. Рыжков [14] для нагорных дубрав Белгородской области (заповедник «Лес на Ворскле») отмечает, что распространенность ЛДТ колеблется в диапазоне 0.4-11.0%. По украинским дубравам есть данные [6], что распространенность ЛДТ не превышает 5%. По данным С.В. Калугина [4] в Белгородских и Воронежских свежих дубравах распространенность ЛДТ составляет: в приспевающих древостоях – 6.7%, в спелых – 5.2%. Это достаточно высокие показатели для средней распространенности патогена в свежих приспевающих и спелых дубравах южной лесостепи. На наш взгляд, они не отражают общей картины распространенности. Основанием для такого замечания служат проведенные нами полевые исследования, которые свидетельствуют о том, что на отдельных лесорастительных участках (в 100-200 обследуемых деревьях) концентрация патогена может достигать 3-5% (например, урочище «Коровино», кв. 7), но при увеличении числа обследованных деревьев с учетом разных лесорастительных участков исчисляемый уровень распространенности ЛДТ в дубравах района исследований все более приобретает вероятностный характер и приближается к величине 1.01%. С другой стороны, какая-то часть гнилей (скрытых, без плодовых тел на стволах) в нашей работе, безусловно, была недоучтена. Однако восполнить этот недоучет помогает обобщенный анализ состояния живой, сухостойной и ветроломной частей древостоев (см. табл.1, табл. 2). Основная идея для проведения такого анализа состоит в том, что, поскольку, гнили от ЛДТ развиваются очень долго, до

50 лет, (скрытое состояние длится сравнительно недолго – 1-3 года), а накопившийся в древостоях сухостой и ветролом – это в основном сухостой и ветролом последних 10-15 лет, то (на момент исследований) по соотношению общего числа учтенных живых, сухостойных и сломанных деревьев с плодовыми телами ЛДТ и общего числа обследованных живых, сухостойных и сломанных деревьев можно судить об истинной верхней границе зараженности древостоев ЛДТ. Число обследованных живых деревьев с плодовыми телами ЛДТ равно 27 шт. (см. табл. 1), сухостойных с плодовыми телами – 6 шт., сломов с плодовыми телами (табл. 2) – 3+24=27 шт. В сумме – 60 шт. Число обследованных живых деревьев равно 2672 шт. (см. табл. 1), сухостойных – 440 шт., сломов (табл. 2) – 55 шт. В сумме – 3167 шт. Отношение $(60/3167) \times 100\%$ равно 1.89%. Т.е. верхняя средняя граница распространенности ЛДТ в приспевающих и спелых древостоях района исследований составляет около 1.89%.

Таблица 1

Распространенность ложного дубового трутовика (ЛДТ) на живых и сухостойных деревьях дуба в дубовых древостоях

Лесхоз, лесничество, урочище, кварталы, (местоположение)	Число учтенных деревьев дуба в составе древостоя, N , шт		Число деревьев, пораженных ЛДТ, n , шт		Распространенность ЛДТ в древостоях, %	
	живых стоящих деревьев, N_1 , шт., ($D_{1,3}$, см)	сухостойных деревьев, N_{21} , шт., ($D_{1,3}$, см)	среди учтенных живых стоящих деревьев, n_1 , шт., ($D_{1,3}$, см)	среди учтенных сухостойных деревьев, n_2 , шт., ($D_{1,3}$, см)	на живых деревьях $(n_1/N_1) \times 100\%$	на сухостойных деревьях, $(n_2/N_{21}) \times 100\%$
Белгородский, Белгородское, лес «Дубовое»	125 (28.2)	33 (20.1)	2 (30.2)	0 (-)	1.60	0.00
Шебекинский, Архангельское, урочище «Коровино», кв. 5, 7, 8	502 (29.0)	83 (22.7)	7 (35.7)	1 (26.8)	1.39	1.20
Шебекинский, Шебекинское, лес «Шебекинская дача», кв. 117, 122, 123	714 (30.8)	118 (21.5)	7 (31.8)	2 (29.0)	0.98	1.69
Белгородский, Белгородское, дубрава «Архиерейская роща»	250 (27.2)	32 (18.8)	2 (33.4)	0 (-)	0.80	0.00
Шебекинский, урочище «Рог»	364 (24.8)	72 (15.3)	3 (25.5)	2 (19.1)	0.82	2.78
Шебекинский, левобережная дубрава «Безлюдовский лес»	717 (27.3)	102 (18.6)	6 (31.3)	1 (29.2)	0.84	0.98
По всем древостоям	2672 (28.2)	440 (18.8)	27 (32.0)	6 (23.4)	1.01	1.36

Обращает на себя внимание тот факт, что по всем обследованным древостоям средний диаметр ствола на уровне груди $D_{1,3}$ у живых деревьев, пораженных ЛДТ, выше, чем у деревьев без признаков поражения (см. табл. 1). Такая же картина – при сравнении диаметров пораженных и непораженных деревьев в сухостойной части древостоя (см. табл. 1). Это свидетельствует о том, что поражаются и поражены господствующие и согосподствующие деревья высоких ступеней толщины. В то же время анализ состояния пораженных живых деревьев свидетельствует о том, что их состояние жизнеспособности понижено. Если в здоровой части древостоя подавляющее большинство деревьев имеют I-II категории состояния, то больные деревья имеют, как

правило, II-III (средняя категория состояния пораженных деревьев в обследованных древостоях равна II,3).

Таблица 2

Доля сломов и смертность (текущий отпад) деревьев дуба от ЛДТ в дубовых древостоях (2009-2010 гг.)

Лесхоз, лесничество, урочище, кварталы, (местоположение)	Число учтенных деревьев дуба в составе древостоя, N , шт			Число учтенных деревьев, сломанных по причине развития гнили от ЛДТ, k , шт		Доля сломов стволов от ЛДТ, %	
	живых стоящих деревьев, N_1 , шт., ($D_{1,3}$, см)	мертвых (сухостойных и сломанных) деревьев, N_2 , шт.		в живой части древостоя, k_1 , шт., ($D_{1,3}$, см)	в мертвой части древостоя, k_2 , шт., ($D_{1,3}$, см)	среди живых деревьев (отпад) $(k_1/N_1) \times 100\%$	среди мертвых деревьев $(k_2/N_2) \times 100\%$
		сухостойных деревьев, N_{21} , шт., ($D_{1,3}$, см)	сломанных деревьев, N_{22} , шт.				
Белгородский, Белгородское, лес «Дубовое»	125 (28.2)	33 (20.1)	2	1 (25.2)	1 (20.5)	0.80	2.85
Шебекинский, Архангельское, урочище «Коровино», кв. 5, 7, 8	502 (29.0)	83 (22.7)	15	0 (-)	8 (23.9)	0.00	8.16
Шебекинский, Шебекинское, лес «Шебекинская дача», кв. 117, 122, 123	714 (30.8)	118 (21.5)	15	1 (28.7)	6 (27.6)	0.14	4.51
Белгородский, Белгородское, дубрава «Архирейская роща»	250 (27.2)	32 (18.8)	1	0 (-)	1 (17.8)	0.00	3.03
Шебекинский, урочище «Рог»	364 (24.8)	72 (15.3)	4	0 (-)	1 (26.1)	0.00	1.32
Шебекинский, левобережная дубрава «Безлюдовский лес»	717 (27.3)	102 (18.6)	18	1 (25.5)	7 (22.8)	0.14	5.83
По всем древостоям	2672 (28.2)	440 (18.8)	55	3 (26.5)	24 (24.2)	0.11	4.85

Интенсивность поражения отдельных деревьев. Размеры гнилей от ЛДТ снимали на шести модельных деревьях в урочище «Рог» (см. «Объекты и методика»). Расположение гнилей на стволах – комлево-стволовое. Размеры гнилей (протяженность вдоль ствола × протяженность поперек ствола) 59-180 × 14-25 см. Средние размеры гнили – 89.2×19.3 см. Средняя высота модельных деревьев – $h=20$ м. Зная, что деловая часть ствола составляет половину высоты дерева ($0.5 h$), можно оценить интенсивность поражения стволов деревьев. Интенсивность поражения колеблется в диапазоне 0.59/10 (0.06)–1.80/10 (0.18). В среднем интенсивность поражения оценочно составляет $0.89/10=0.09$. Т. е., приблизительно десятая часть древесины ствола у больных деревьев поражена гнилью от ЛДТ.

Развитие болезни, вызванной ЛДТ, в древостоях. Величина произведения распространенности и интенсивности поражения дает представление о степени развития болезни в древостое. Оценим средний уровень развития гнилей от ЛДТ в древостоях района исследований. Распространенность ЛДТ составляет 1.01%, интенсивность раз-

вития гнилей – 0.09, следовательно степень развития болезни, вызванной ЛДТ, в среднем составляет 1.01×0.09 , т.е., около 0.09%. Показатель степени развития болезни для разных древостоев колеблется в пределах 0.80×0.09 (0.07%) – 1.60×0.09 (0.14%). Оценка порога развития болезни, при котором возможна гибель (механический слом) деревьев дуба будет дана в нижеследующем пункте.

Смертность (текущий отпад) деревьев дуба в условиях поражения ЛДТ. Встречаемость сухостойных деревьев дуба с плодовыми телами ЛДТ в среднем превышает встречаемость живых деревьев с плодовыми телами этого патогена (см. табл. 1): 1.36% и 1.01%. Тем не менее, мы не находим прямых доказательств того, что гибель на корню деревьев дуба есть результат только дереворазрушающей активности ЛДТ. Скорее всего, их гибель есть результат действия комплекса неблагоприятных факторов (например: гниль от ЛДТ + сильная дефолиация листогрызущими насекомыми + поражение корней и комлевой части опенком осенним). Нельзя поставить под сомнение лишь такой фактор смертности деревьев как ветролом (бурелом). Сломанные в местах развития гнили от ЛДТ, недавно еще живые, деревья дуба, – однозначное свидетельство разрушительной деятельности этого патогена. Мы оценивали смертность (текущий отпад) деревьев дуба от ЛДТ как отношение числа пораженных деревьев, преждевременно погибших в результате механического слома (с сохранившейся облиственной кроной), к общему числу учтенных живых деревьев в составе обследуемого древостоя.

Смертность дуба в результате сломов от ЛДТ в древостоях района исследований составляет 0.00-0.80% (см. табл. 2); в среднем – 0.11%. Средний диаметр свежесломанных деревьев (см. табл. 2) ниже среднего диаметра деревьев живой части древостоя и ниже среднего диаметра живых деревьев, пораженных ЛДТ. Это говорит о том, что слому в результате развития ядровой гнили от ЛДТ и под действием ветра подвержены в первую очередь деревья более низких ступеней толщины. Однако ветер ураганной силы ломает деревья с гнилями и самых высоких ступеней толщины, особенно на склонах. Подобное имело место в «Архиерейской роще» (см. «Объекты и методика») во время ураганного ветра в конце августа 2010 г (28.08.10). В начале сентября 2010 г. авторами было проведено рекогносцировочное обследование северного склона этой дубовой рощи: из 6 сломанных дубов на трех были обнаружены признаки гнили от ЛДТ (тип гнили – стволовой) с плодовыми телами патогена. Средний диаметр сломанных стволов 34.2 см, средний диаметр живой части древостоя 27.2 см (см. «Объекты и методика»). При среднем диаметре сломанных стволов 34.2 см и средней высоте деревьев – 22 м, средние размеры гнили были равны 1.25×0.24 м. Используя соотношения продольных и поперечных (в первую очередь) размеров можно попытаться оценить порог вредоносности развития гнили от ЛДТ: $24/34.2=0.702$ (соотношение поперечных размеров), $1.25/22=0.057$ (соотношение продольных размеров). Т. е., при поперечном развитии гнили, захватывающем 0.7 (7/10) часть диаметра ствола и продольном ее развитии, распространяющемся на 0.05-0.06 (1/20-1/17) часть высоты дерева, возможен бурелом деревьев дуба, особенно высокоствольных.

Доля сломов среди мертвой части древостоев в среднем равна 4.85% (см. табл. 2). Средний диаметр сломанных деревьев мертвой части древостоя (см. табл. 2) в основном выше среднего диаметра сухостойных деревьев и ниже среднего диаметра деревьев живой части древостоя. Это говорит о недавности (5-10 последних лет) такого явления как ветролом пораженных деревьев, отстающих в приросте по диаметру ствола.

Мы не можем сказать точно, какая часть из сломанных деревьев мертвой части древостоя с плодовыми телами ЛДТ подверглась слому, будучи еще живыми. Но если считать, что большинство деревьев с внутренней гнилью ствола ломается от сильного ветра еще в жизнеспособном состоянии, то за последние 5-10 лет ежегодный отпад деревьев по причине гибели в результате ветролома в среднем оценочно составляет: $4.85/10$ (0.48%) – $4.85/5$ (0.97%). При переходе древостоев из припевающего в спелый возраст, когда дифференциация идет достаточно интенсивно, отпад больных внутренними гнилями деревьев от ветролома, составляющий 0.48-0.97%, вполне вероятен.

Представляет интерес оценка вероятности гибели деревьев, пораженных ЛДТ, в результате механического слома. Отношение числа пораженных деревьев, преждевременно погибших в результате механического слома (с сохранившейся облиственной кроной), к общему числу учтенных пораженных живых деревьев в составе обследуемого древостоя дает представление о вероятности гибели больных деревьев дуба.

Если обратиться к табл. 1, 2, и учесть число живых деревьев, стоящих в составе древостоя и пораженных ЛДТ, (см. табл. 1), а также – число преждевременно погибших деревьев, пораженных ЛДТ (см. табл. 2), то можно оценить вероятность гибели деревьев дуба вследствие развития внутренней гнили от данного патогена в результате ветролома (бурелома) в древостоях района исследований. В обследованных древостоях леса «Дубовое» число живых стоящих деревьев, пораженных ЛДТ, равно 2 (см. табл. 1), сломанных живыми – 1 (см. табл. 2). Вероятность гибели составляет: $1/(1+2)=0.33$ (т. е. третья часть пораженных деревьев погибла от ветролома). В древостоях урочища «Коровино»: пораженных живых стоящих – 7, сломанных – 0. Вероятность гибели – 0.00. В древостоях «Шебекинской дачи»: пораженных живых стоящих – 7, сломанных – 1. Вероятность гибели – 0.12. В древостоях «Архиерейской рощи»: пораженных живых стоящих – 2, сломанных – 0. Вероятность гибели – 0.00. В древостоях урочища «Рог»: пораженных живых стоящих – 3, сломанных – 0. Вероятность гибели – 0.00. В древостоях «Безлюдовского леса»: пораженных живых стоящих – 6, сломанных – 1. Вероятность гибели – 0.14%

Вредоносность ЛДТ. При оценке вредоносности следует учитывать распространенность заболевания, вызванного данным патогеном, интенсивность развития болезни, состояние больных деревьев, вероятность их гибели в результате развития болезни. Основным показателем для оценки вредоносности ЛДТ может служить его распространенность в древостоях. Средняя распространенность этого патогена в древостоях дубрав района исследований невысока – 1.01% (одно дерево из 100 заражено гнилью от ЛДТ). При условиях, что болезнь может длиться годами, а вероятность гибели больных деревьев (текущего отпада в результате ветролома) составляет 0.0-33.3%, – вредоносность ЛДТ в спелых свежих порослевых дубравах района исследований следует признать незначительной (низкой). Однако для отдельных лесорастительных участков, где концентрация патогена достигает 3-5% (три-пять больных деревьев из 100), жизнеспособность больных деревьев понижена до III-ей категории состояния, а вероятность гибели приближается к крайнему верхнему значению 0.33 (см. п. «Оценка вероятности гибели...») – вредоносность ЛДТ ощутима. При допустимом уровне естественного ежегодного отпада деревьев около 1-2% [15], отпад на указанных лесорастительных участках только вследствие развития гнили от ЛДТ может достигать 1.0-1.6% ($3 \times 0.33 - 5 \times 0.33$).

Выводы

1. Ложный дубовый трутовик *Phellinus robustus* Bourd. et Galz. поражает жизнеспособные деревья дуба черешчатого приспевающего и спелого возраста. Пути проникновения возбудителя: дупла, трещины, разрывы коры на стволе, основания сучков и усохших веток. Факторы, способствующие поражению: порослевое происхождение; пониженное местоположение участка, где растут деревья; загущенность древостоя, отсутствие своевременного ухода. Порослевое возобновление приводит к многовершинности и дуплообразованию. Пониженное местоположение приводит к энергичному росту в высоту, опережающему процесс очищения ствола от сучьев. К этому же приводит и загущенность древостоев. Отсутствие своевременного ухода способствует загущенности древостоев, развитию многовершинности и дуплообразованию.

2. Распространенность ложного дубового трутовика в 70-90-летних порослевых дубравах Белгородского и Шебекинского районов Белгородской области Российской Федерации в среднем составляет: 1.01% – на живых деревьях, 1.36% – на сухостойных деревьях дуба. На отдельных лесорастительных участках (в 100-200 деревьев) частота встречаемости ложного дубового трутовика на живых деревьях может достигать 3-5%. Оцененный верхний предел средней величины распространенности ложного дубового трутовика в приспевающих и спелых древостоях района исследований равен 1.89%.

3. В условиях поражения ложным дубовым трутовиком деревья дуба снижают уровень своей жизнеспособности. Если здоровые деревья живой части древостоя имеют I-II категорию жизнеспособности, то пораженные деревья – II-III категорию жизнеспособности. При поражении ложным дубовым трутовиком возрастает вероятность преждевременной гибели деревьев в результате ветролома (бурелома). Смертность (текущий отпад) деревьев дуба в результате развития внутренней гнили ствола от ложного дубового трутовика по разным древостоям района исследования составляет 0.00-0.80%, в среднем – 0.11%.



4. Вредоносность ложного дубового трутовика в среднем невысока, но на отдельных лесорастительных участках, где концентрация патогена достигает 3-5%, текущий патологический отпад деревьев дуба может составлять 1.0-1.6%.

Список литературы

1. Вакин А. Т. Фитопатологическое состояние дубрав Теллермановского леса // Тр. ин-та леса АН СССР, 1954. – Т. XVI. – С. 5-109.
2. Дунаев А.В., Афанасенкова О.В. Макромицеты, поражающие стволую часть дуба в лесостепных дубравах // Защита и карантин растений. – 2009. – №2. – С. 51-52.
3. Дунаев А.В. О склонности к паразитическому образу жизни некоторых ксилотрофных базидиомицетов, входящих в консорцию дуба // Ботанические сады в 21 веке: сохранение биоразнообразия, стратегия развития и инновационные решения. – Материалы Международной научно-практической конференции, Белгород, 18-21 мая 2009 г. – Белгород, 2009. – С. 210-212.
4. Калугина С.В. Экология грибных болезней дуба и их роль в деградации порослевых дубрав Белгородской области: Автореф. дис. ...канд. биологических наук – Воронеж, 2006. – 23 с.
5. Харченко А.А. Экология и биоценологическое значение деструктурирующих грибов в порослевых дубравах (на примере Воронежской области): Автореф. дис. ... канд. биологических наук – Воронеж, 2003 – 24 с.
6. Шевченко С.В., Циллорик А.В. Лесная фитопатология. – Киев: Вища школа, 1986. – 384 с.
7. Болезни и вредители в лесах России. – Справочник. Том 3. Методы мониторинга вредителей и болезней леса. – М.: Рослесхоз, 2004 – 200 с.
8. Мозолевская Е.Г. Цели и методы долговременных наблюдений за состоянием лесных насаждений // Лесоведение. – 1986. - № 4. – С. 10-14.
9. Мозолевская Е.Г., Катаев О.А., Соколов Э.С. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса. – М., 1984. – 125 с.
10. Программа и методика биогеоценологических исследований / Под ред. акад. В.Н. Сукачева, д. б. н. Н.В. Дылиса. – М.: Наука, 1966. – С. 186-187.
11. Семенкова И.Г. Лесная фитопатология. – М.: Изд-во МГУЛ, 2001. – 201 с.
13. Селочник Н.Н. Роль грибных болезней в усыхании дубрав // Дуб – порода третьего тысячелетия. Сб. научн. тр. ин-та леса НАН Беларуси. – Вып. 48. – Гомель, 1998. – С. 303-306.
13. Фёдоров Н.И. Лесная фитопатология: Учебник. – Минск: БГТУ, 2004. – 461 с.
14. Рыжков О.В. Состояние и развитие дубрав Центральной лесостепи. – Тула, 2001. – 182 с.
15. Тюрин А.В., Науменко Н.М., Воропанов П.В. Лесная вспомогательная книжка. – М.: Гослесбумиздат, 1956. – 532 с.

THE FALSE OAK TINDER FUNGUS *PHELLINUS ROBUSTUS* BOURD ET GALZ IN BELGOROD OAK FORESTS (BIOECOLOGY, PREVALENCE, INJURIOUSNESS)

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

Belgorod State National Research University

Pobedy St. 85 Belgorod, 308015, Russia

E-mail: kiryushenko@bsu.edu.ru

In the article the bioecology, distribution and injuriousness of false oak tinder fungus *Phellinus robustus* Bourd et Galz. causing trunk decay of English oak in the Belgorod oak forests are considered. On the results of field inspections and the analysis of the received data the description of ecological features of the false oak tinder fungus is presented, prevalence and injuriousness of the given kind in ripening and ripe oak forest stands of the Belgorod region of the Russian Federation is estimated.

Key words: false oak tinder fungus, English oak, trunk decay, prevalence of disease, injuriousness, viability of trees, death rate (mortality) of trees.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ИНТРОДУКЦИИ ВИДОВ *MOMORDICA CHARANTIA* L. И *M. BALSAMINA* L. (CUCURBITACEAE)

**Доанг Хоанг Жанг
В.К. Тохтарь**

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

Исследование видов *Momordica charantia* L. и *Momordica balsamina* L. в Ботаническом саду БелГУ позволило оценить засухоустойчивость этих перспективных для интродукции растений. Установлено, что все изученные образцы обладают достаточно высокой степенью относительной засухоустойчивости. Это дает возможность продолжить дальнейшие исследования по выявлению наиболее ценных растений этих видов для введения их в культуру.

Ключевые слова: засухоустойчивость, *Momordica charantia*, *Momordica balsamina*.

Введение

Род *Momordica* L. Относится к семейству Cucurbitaceae. Он включается в себя около 40 видов, которые произрастают, в основном, в тропических и субтропических районах планеты. Виды рода *Momordica* относятся к хозяйственно-ценным, поскольку они находят применение в современной медицине и фармации. Их используют не только в качестве дополнительных источников витаминов и минералов, но и традиционно применяют в народной медицине Индии, Вьетнама, Бразилии, Ганы. В России эти растения являются экзотическими, хотя и известными широкому кругу садоводов любителей. Они не только успешно выращиваются, но и активно исследуются на перспективность их использования даже в условиях Сибири. Данные об изучении этих видов растений с целью выделения перспективных видов, форм, образцов в европейской части России нами не найдены. В Белгородской области это исследование проводилось нами впервые.

Природно-климатические условия Белгородской области, несмотря на высокий уровень солнечной радиации и тепла (150 ккал/см²/год), характеризуются малым количеством осадков (400–450 мм/год) по сравнению с другими регионами Российской Федерации, что приводит к недостатку влаги в почве и в воздухе. Засуха сильно влияет на рост и развитие растений, поскольку при недостатке влаги у растений прекращается рост, увядают и осыпаются листья и плоды, снижается закладка генеративных органов, а, следовательно, и продуктивность. Виды рода *Momordica* адаптированы к условиям влажных тропических мест. Поэтому одним из лимитирующих факторов их развития является условия температуры и влажность воздуха в регионе, где выращиваются эти растения.

Целью нашего исследования было изучение двух видов из рода *Momordica*: *M. charantia* и *M. Balsamina* на территории Ботанического сада БелГУ для определения степени их засухоустойчивости. Оценка изучаемых растений по этому признаку даст возможность выявить новые, экзотические овощные растения, перспективные для интродукции в Белгородской области.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования были три образца видов *Momordica*, полученные из разных местообитаний: образец 1: *Momordica charantia** неизвестного происхождения, выращиваемая садоводами-любителями в г. Белгород; образец 2: Вьетнамский сорт *Momordica charantia* TN 166 (получен из Вьетнама); образец 3: *Momordica balsamina* (получен из ботанического сада Берлин-Далем, Германия).

Семена всех образцов высевали в защищенном грунте 13 апреля 2010 г. Пересадку в открытый грунт проводили 17 мая, когда температура почвы на глубине 0.5 м поднялась до 20°C.

Для определения засухоустойчивости использовали стандартные лабораторно-полевые методы, которые основаны на сочетании полевых наблюдений за состоянием растений с изучением изменений в водном обмене во время вегетации, особенно во время засухи.

Наиболее информативными из лабораторно-полевых методов оценки засухоустойчивости растений являются методы изучения водного режима листьев: определение оводненности (общего количество воды) тканей, определение водного дефицита, определение водоудерживающей способности листьев [3].

Оценку степени засухоустойчивости проводили по описанной методике на Павловской опытной станции ВИР (Таблица 1).

Таблица 1

Шкала оценки параметров водного режима листьев для определения относительной засухоустойчивости (Павловская опытная станция ВИР) [2]

Оценка засухоустойчивости	Оводненность листьев, %	Водный дефицит, %	Потеря воды листьями после увядания, %	Средняя потеря воды за 1 ч увядания, %
Низкая	59.9 и менее	20.1 и более	50.1 и более	11.1 и более
Средняя	60.0-69.9	10.1-20.0	30.1-50.0	10.1-11.0
Высокая	70.0 и более	до 10.0	до 30.0	до 10.0

Отбор проб проводили в конце июля – начале августа, так как в этот период отмечалась наиболее жаркая и засушливая погода. Типичные листья одинакового возраста (на 12–15-ом ярусе) отбирали со всех сторон растения в утренние часы, помещали в целлофановые мешки и в таком виде переносили в лабораторию.

Определение оводненности тканей. Для определения общего количества воды 4-6 листьев помещали в металлические бюксы (повторность 2-кратная) и высушивали в термостате при 105°C до постоянной массы. Оводненность тканей или общее количество воды в процентах от сырой массы навески определяется по формуле:

$$OT = (b - v) / (b - a) \times 100,$$

где: OT – оводненность тканей листьев в %; a – масса пустого бюкса в г; b – масса бюкса с сырой навеской в г; v – масса бюкса с сухой навеской в г.

Определение водного дефицита. Целые листья (по 3-5 штук) с обновленными срезами черешков взвешивали (M₁) и помещали черешками в колбу с водой для насыщения. Повторность двукратная. Колбы ставили в сосуд с водой и накрывали таким же по размеру сосудом для создания влажной камеры. После 24-часового насыщения черешки листьев промокали фильтровальной бумагой и листья взвешивали (M₂). Определение общего количества воды после насыщения проводили по методике определения оводненности тканей листьев (OT). Водный дефицит в листьях (процентное количество поступившей воды от общего содержания воды в состоянии полного насыщения) вычисляли по формуле:

$$ВД = (M_2 - M_1) / (M_2 - M_3) \times 100,$$

где: ВД – водный дефицит в %; M₁ – масса листьев до 24-часового насыщения в г; M₂ – масса листьев после 24-часового насыщения в г; M₃ – масса сухой навески в г.

Определение водоудерживающей способности листьев. Листья (4-6 штук) в 2-кратной повторности взвешивали, а затем помещали на решетках в термостат с постоянной температурой (25°C) и влажностью воздуха. Через 2 и 6 часов проводили повторные взвешивания для определения потери воды. Потеря воды за время увядания связана с водоудерживающей способностью, то есть со способностью тканей листьев удерживать определенное количество воды. Чем меньше потеря воды, тем выше водоудерживающая способность, которая определяется по формуле:

$$ПВ = (M_1 - M_2) / M_3 \times 100,$$

где: ПВ – потеря воды в %; M_1 – масса листьев до завядания в г; M_2 – масса листьев после определенного промежутка времени в г.

После этого рассчитывали среднюю потерю воды за 1 час увядания.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований установлено, что растения видов рода *Momordica* в наших условиях характеризуются достаточно высокой степенью относительной засухоустойчивости по оводненности тканей (Таблица 2).

Таблица 2

Оценка степень относительной засухоустойчивости по оводненности тканей

Образец	Оводненность листьев, %	Оценка засухоустойчивости
<i>Momordica charantia</i> *	74.68	Высокая
<i>Momordica charantia</i> TN 166	77.06	Высокая
<i>Momordica balsamina</i>	77.10	Высокая

Результаты изучения свидетельствуют о том, что все три образца изученных растений обладают высокой оводненностью тканей листьев, то есть содержат большое количество воды. Общее содержание воды в листьях *Momordica balsamina* и *Momordica charantia* TN 166 составляет 77% от сырой массы, а в листьях *Momordica charantia** – около 75% от сырой массы. Такие характеристики оводненности являются свидетельством наличия в листьях достаточного для жизнедеятельности растений запаса воды при условии недостатка влаги.

Водный дефицит (биологический) является характеристикой степени недонасыщенности водой растительных клеток. Он возникает в результате превышения ее расхода на транспирацию перед поступлением из почвы, особенно в наиболее жаркие дни. Во время проведения опыта, периодом наибольшей напряженности стрессовых погодных факторов был промежуток времени с 1 июля по 7 августа 2010 года. В этот момент среднесуточная температура колебалась от 28°C до 38°C. За 38 суток этого периода дождь отмечали только 24 июля. В таких условиях у растений нашего опыта зафиксировали небольшие величины водного дефицита (Таблица 3). Процент поступившей воды от общего содержания воды в состоянии полного насыщения ткани листа у растений *Momordica charantia** и *Momordica charantia* TN 166 составил соответственно 10.61 % и 11.89 %, тогда как у *Momordica balsamina* – 15.47 %.

Таблица 3

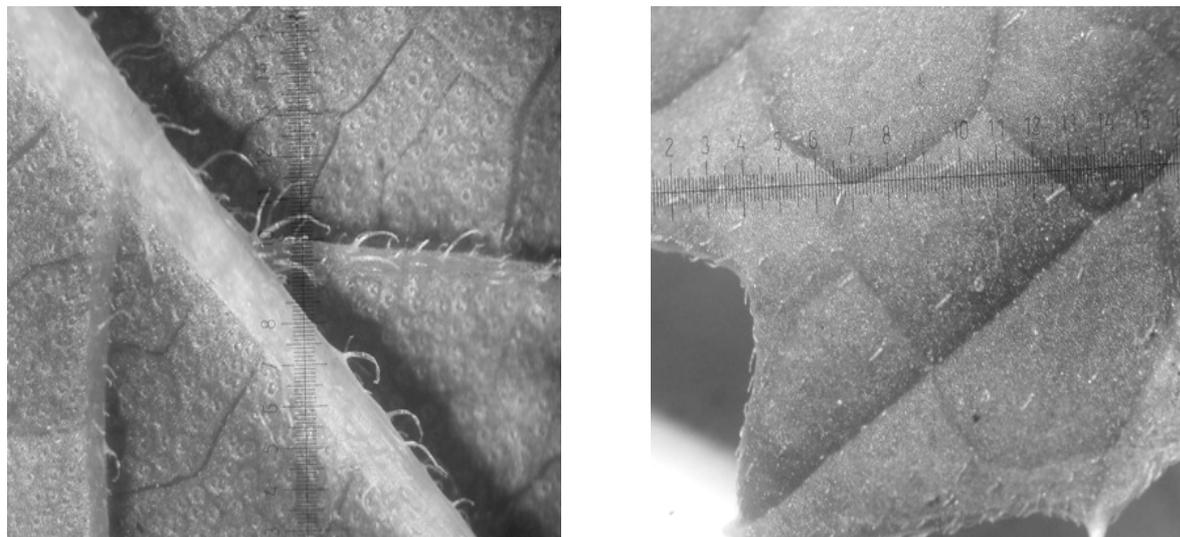
Оценка степень относительной засухоустойчивости по величине водного дефицита

Образец	Водный дефицит, %	Оценка засухоустойчивости
<i>Momordica charantia</i> *	10.61	Средняя
<i>Momordica charantia</i> TN 166	11.89	Средняя
<i>Momordica balsamina</i>	15.74	Средняя

Повышение величины водного дефицита у *Momordica balsamina* по сравнению с 2 остальными образцами объясняется, по-видимому, отсутствием волосков на поверхности листа. В отличие от *M. balsamina*, растения вида *M. charantia* имеют на верхней и нижней поверхностях листа очень заметные волоски (Рис. 1). Волосками покрыты и другие части растения (стебель, черешок листьев, цветоножка). По морфологии они относятся к группе кроющих мертвых волосков. Такие волоски хорошо отражают солнечные лучи и этим уменьшают нагревание и испарение у растений.

Водоудерживающая способность используется в качестве основного показателя устойчивости растений к длительной засухе. Она характеризуется скоростью водоотдачи изолированных листьев. В нашем исследовании наименьшая скорость потери воды отмечалась у листьев *Momordica balsamina* – 0.56 % от общей массы за 1 час увядания. В то время как у двух образцов *Momordica charantia* она составляет 1.25% и 0.84% от общей массы. Потеря воды листьями после увядания (за 6 часов) у всех об-

разцов находится в пределах высокой степени относительной засухоустойчивости (табл. 4).



А Б



В

Рис. 1. Наличие волосков на поверхности листьев *M. Charantia*: А – нижняя поверхность; Б – верхняя поверхность; В – волосок под микроскопом (увеличение 400 раз)

Таблица 4

Оценка степени относительной засухоустойчивости по водоудерживающей способности листьев

Образец	Потеря воды листьями после увядания (за 6 ч), %	Средняя потеря воды за 1 ч увядания, %	Оценка засухоустойчивости
<i>Momordica charantia</i> *	5.02	0.84	Высокая
<i>Momordica charantia</i> TN 166	7.49	1.25	Высокая
<i>Momordica balsamina</i>	3.36	0.56	Высокая

Выводы

Исследование характеристик засухоустойчивости у разных образцов видов *Momordica charantia* L. и *Momordica balsamina* L. в Ботаническом саду Белгородского государственного университета позволило нам сделать следующие выводы:

1. Листья у всех образцов характеризуются высоким содержанием воды. Общее количество воды превышает 70% от сырой массы.

2. Небольшая величина водного дефицита у *Momordica charantia* (10.61% и 11.89%) по сравнению с листьями растений *Momordica balsamina* (15.47%) объясняется наличием волосков на поверхности листьев и других частях растений у первого вида и отсутствием этих специфических образований у второго.

3. Наименьшая скорость потери воды отмечена у листьев *Momordica balsamina* – 0.56% от общей массы за 1 час увядания. Потеря воды листьями после увядания (за 6 часов) у этого образца составляет 3.36% от сырой массы до увядания, тогда как у остальных образцов *Momordica charantia**, *Momordica charantia* TN 166 – 5.02% и 7.49%.

Таким образом, все три изученных нами образца: *Momordica charantia**, *Momordica charantia* TN 166, *Momordica balsamina* обладают высокой степенью относительной засухоустойчивости. Они хорошо выносят засушливые условия Белгородской области. За все время изучения ни на одном растении не было отмечено ни одного повреждения от недостатка влаги. Это является обнадеживающим результатом, позволяющим продолжить дальнейшие исследования по интродукции видов *Momordica charantia* TN 166 и *Momordica balsamina* в Белгородской области.

Список литературы

1. Генкель П.А. Основные пути изучения физиологии засухоустойчивости растений // Физиология засухоустойчивости растений. – М.: Наука, 1971. – С. 5–27.
2. Добренькова Л. Г. Засухоустойчивость сортов земляники ананасной в условиях северо-запада РСФСР и Краснодарского края // Каталог мировой коллекции ВИР. – Л., 1989.-Вып. 502.- 20 с.
3. Кушниренко М.Д., Гончарова Э.А., Бондарь Е.М. Методы изучения водного обмена и засухоустойчивости плодовых растений. – Кишинев: Штиинца, 1970,- 79 с.

DROUGHT RESISTANCE STUDY OF PERSPECTIVE FOR INTRODUCTION OF *MOMORDICA CHARANTIA* L. AND *M. BALSAMINA* L. SPECIES (CUCURBITACEAE)

Giang Doan
V.K. Tokhtar'

Belgorod State National Research University

Pobedy St. 85 Belgorod, 308015, Russia

E-mail: tokhtar@bsu.edu.ru

Study of *Momordica charantia* L. and *M. balsamina* L. species in the Botanical garden of the BelSU allowed to estimate drought resistance of these plants perspective for introduction. It is established that all studied samples possess a sufficiently high degree of relative drought resistance. This makes it possible to continue further researches on revealing of the most valuable plants of these species for their introduction in culture.

Key words: drought resistance, *Momordica charantia*, *M. balsamina*.



УДК 631.559.2: 635.33:631.816.355

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК НА СЕМЕННУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КАПУСТЫ БРОККОЛИ В УСЛОВИЯХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.В.Коцарева¹**Т.П.Шульпекова**²

¹ *Белгородская государственная сельскохозяйственная академия
Россия, 308503, Белгородская обл.,
п. Майский, ул. Вавилова, 1*

E-mail: nadine151059@rambler.ru

² *ВНИИ селекции и семеноводства
овощных культур Россия, Одинцов-
ский р-н, Московской области*

Представлены результаты изучения некорневой подкормки на семенную продуктивность капусты брокколи в условиях Белгородской области. Выявлена эффективность применения некорневой обработки удобрением «Нутривант плюс» для повышения выхода семян капусты брокколи сорта «Тонус».

Ключевые слова: капуста брокколи, семенная продуктивность, некорневая подкормка, выход семян, всхожесть, масса 1000 семян.

Введение

Капуста брокколи становится все более популярной как в Европе, так и в России. Продуктовым органом капусты брокколи является соцветие (головка), состоящая из видоизмененных укороченных многочисленных побегов с недоразвитыми цветками разнообразной окраски: зеленой, синеватой, фиолетовой, белой. Продукцию поставляют на рынок в свежем виде или замороженной.

Растения брокколи однолетние, высотой 35-100 см, с веретеновидными разветвленными корнями, ветвистым цилиндрическим стеблем. Листья крупные, темно-серо-зеленоватого цвета. Брокколи обладает повышенной ремонтантной (восстановительной) способностью.

Брокколи значительно богаче витаминами, чем цветная капуста. По питательным и диетическим свойствам брокколи превосходит цветную капусту, обладает особым специфическим вкусом и более высокой биологической активностью. По количеству белка она превосходит батат, картофель, кукурузу сахарную, спаржу, шпинат (3.2-4.5%), в 1.5-2 раза – минеральных солей, она богаче витаминами, в первую очередь, витамином С, и, особенно, аскорбиновой кислотой и каротином. В состав белка входят антисклеротические вещества холин и метионин (4 мг/100 г), которые препятствуют накоплению в организме холестерина. Систематическое употребление брокколи в пищу предупреждает развитие атеросклероза. Она используется в лечебном питании при различных заболеваниях. Благодаря повышенной урожайности и разнообразному химическому составу, брокколи заслуживает широкого распространения.

В настоящее время нет научно-обоснованных рекомендаций по выращиванию высококачественных семян капусты брокколи и их механизированной уборки в условиях юго-запада ЦЧР.

Растения нуждаются в элементах питания на протяжении всего периода вегетации. На них воздействуют различные стресс-факторы, нарушающие нормальное корневое питание, особенно в критические периоды роста, когда важно не только их количество, но и сбалансированность. К ним относятся погодные, почвенные условия, интенсивность освещения. Даже на почвах с высоким содержанием питательных веществ растения могут испытывать голодание от недостатка тех или иных элементов питания.

Использование некорневой подкормки в последние годы стало общепринятым приемом в агрономической практике. Главное её преимущество – быстрая доставка питательных элементов в критические периоды развития растений. Степень и скорость усвоения элементов питания из удобрений через листву значительно выше, чем при усвоении из удобрений, внесенных в грунт. Но объемы усвоения элементов через

листья ограничены. Быстрее всего листья усваивают азот, магний, калий, медленнее – серу, еще медленнее фосфор, кальций и другие элементы. Несмотря на эту разность в скорости проникновения элементов питания в растение, в целом они усваиваются листьями намного быстрее, чем корневой системой из грунта.

В конце XX столетия повсеместное применение внекорневых подкормок в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур не находило широкого применения из-за небольшого ассортимента пригодных для этой цели, сбалансированных по содержанию элементов минерального питания, хорошо растворимых удобрений, а также отсутствия качественных высокопроизводительных опрыскивателей.

Предлагаемая в настоящее время технология листовой подкормки с применением водорастворимых удобрений «Нутривант Плюс» международного концерна «ICL Fertilizers» и компании «Агромастер» позволяет преодолеть отрицательные факторы существующих сейчас технологий и значительно повысить эффективность листовых подкормок [1, 2].

Авторы указывают [3, 4, 5], что использование водорастворимых удобрений способствует повышению урожайности и качественных показателей различных культур, снижению стрессового воздействия вызванного высокими температурами её резкими колебаниями, повышению усвоения растениями элементов питания из почвы и удобрений. Кроме того, отмечено, что при некорневых подкормках увеличивается содержание белков, сахаров и жиров в растениях [6, 7].

С целью повышения семенной продуктивности растений капусты брокколи сорта «Тонус» в 2009-2010 годах изучали эффективность некорневых подкормок Мастер универсальный и Нутривант Плюс в условиях Белгородской области.

Методика

Предшественник капусты – бобовые культуры (люпин). Подготовка почвы состояла в дисковании почвы осенью на глубину 12-15 см и весной на глубину 15-18 см. Срок посева семян капусты брокколи в открытый грунт – вторая декада апреля. Высевали семена капусты ручной сеялкой точного посева.

С момента появления всходов капусты проводили еженедельно обработки от вредителей с использованием инсектицидов: «Конфидор» – 0.2 кг/га, «Децис Экстра» – 0.06 кг/га, «Танрек» – 0.3 кг/га, «Би-58 Новый» – 0.6 кг/га.

Некорневую подкормку проводили согласно схеме опыта:

1. Вода – контроль;
2. Некорневая подкормка Мастер универсальный 1% – 2кг/га;
3. Некорневая подкормка Нутривант Плюс 1% – 2кг/га.

Подкормку капусты проводили: первую – в фазе 3-5 листьев; вторую – в период бутонизации; третью – молочной спелости.

Учетная площадь – 20 м². Общая площадь – 240 м². Повторность в опыте четырехкратная.

За период вегетации проведено две культивации, три ручных прополки. В период образования соцветия - массового цветения проведена сортопрочистка и апробация посевов.

Уборку начинали при созревании и пожелтении нижних стручков. Уборку проводили выборочно. Семенники первых сроков сбора дозаривали в поле, последующие под навесом. Обмолачивали семенники вручную и отвеивали на воздушной колонке.

Климатические условия 2009-2010 гг. отличались дефицитом осадков на фоне повышенных температур в период всходы – налив семян (Рис.1).

В 2009 году за период выращивания семян капусты брокколи выпало 136.6 мм осадков (47% нормы). Максимальная суточная температура в период цветения–налива семян составляла 18-21°С. Осадки июля – 58.6 мм (127% нормы) способствовали наливу семян капусты брокколи.

В 2010 году при выращивании семян капусты количество осадков составило 244 мм (88% от нормы). В первоначальный период роста и массового цветения капусты брокколи отмечали выпадение 44% осадков от нормы при повышенных дневных и

ночных температурах, что оказало негативное влияние на семенную продуктивность. Максимальная температура в июне, июле и августе составляла 36.2; 37.3; 39.0°C. Цветки капусты осыпались до цветения, а пыльца становилась стерильной, что сказалось на семенной продуктивности.

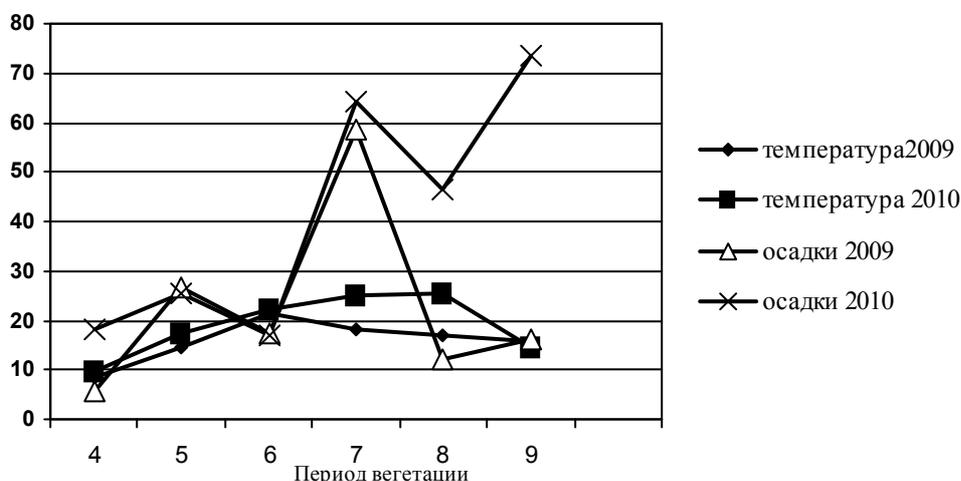


Рис. 1. Климатические условия по данным Белгородского метеопоста в период выращивания семян капусты брокколи. Данные за апрель-сентябрь (4-9) 2009, 2010 гг.

Результаты исследований

При изучении влияния некорневых подкормок на биометрические показатели капусты брокколи было установлено, что применение удобрений Нутривант плюс и Мастер универсальный способствовали увеличению высоты растений, причем это влияние в большей степени проявлялось в фазе созревания семян (Табл.1).. Так высота растений в 2009 году при некорневой подкормке составила 70.4 см при обработке Мастер универсальный, при использовании Нутривант плюс – 80.2 см. В 2010 году высота растений капусты брокколи в фазе технической спелости и созревания семян была ниже и составила 40-42 см и 56-65 см, соответственно. Наибольший эффект на высоту растений оказала некорневая обработка Нутривант плюс.

В среднем, за 2 года использование Нутривант плюс способствовало увеличению высоты растений капусты брокколи на 15%. Количество листьев на одном растении в опыте варьировало от 14 штук в контроле до 20 штук при использовании Нутривант плюс.

Таблица 1
Влияние некорневой подкормки на биометрические показатели растений капусты брокколи сорта «Тонус»

Вариант	Высота в фазу, см						Количество листьев, штук	Длина, см			Диаметр		
	технической спелости			созревания семян				листья	черешка	черешка, мм	головки, см		
	2009	2010	Ср.	2009	2010	Ср.					2009	2010	Ср.
Вода – контроль	42.5	40.8	41.7	68.5	56.5	62.5	14.4	29.9	10.5	8.7	19.4	14.6	17.0
Мастер универсальный 1%	46.0	42.0	44.0	70.4	59.3	64.9	15.3	32.8	11.8	9.4	24.5	20.6	22.6
Нутривант плюс 1%	45.0	42.0	43.5	80.2	65.6	72.9	19.6	31.7	11.5	9.5	20.2	18.8	19.5
НСР ₀₅			2.65			0.66							

Некорневая обработка Мастер универсальный незначительно влияла на количество листьев, в то время как на длину листьев, длину и диаметр черешка влияние было большим, чем при использовании Нутривант плюс. Аналогичные данные получили по влиянию Мастер универсальный на диаметр головки капусты брокколи. В 2009 году некорневая обработка Мастер универсальный способствовала увеличению диаметра головки на 26%, в 2010 году – на 41% по сравнению с контролем.

При применении Нутривант плюс увеличение головки капусты брокколи отмечали на уровне 4% в 2009 году и 28% в 2010 году.

При изучении влияния некорневой подкормки на семенную продуктивность капусты брокколи сорта Тонус было установлено, что наибольший эффект на выход семян с одного растения и единицы площади оказала обработка 1% раствором Нутривант плюс за два года изучения (Табл. 2).

Таблица 2

Влияние некорневой подкормки на семенную продуктивность и посевные качества капусты брокколи сорта «Тонус»

Вариант	Выход семян						Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
	С одного растения, г			ц/га					
	2009	2010	Ср.	2009	2010	Ср.			
Вода – контроль	15.2	2.0	8.6	8.7	1.0	5.1	3.3	84	91
Мастер универсальный 1%	16.8	2.6	9.7	9.3	1.2	5.6	3.8	88	95
Нутривант плюс 1%	17.0	2.9	10.0	9.5	1.4	5.5	3.8	87	92

Выход семян с одного растения в 2009 году составил в среднем 17 г. В то время в неблагоприятных климатических условиях 2010 года этот показатель получен на уровне 2.9 г с одного растения, что на 45% выше, чем в контроле. В пересчете на 1 га выход семян варьировал от 8.7 ц в контроле до 9.5 ц при использовании Нутривант плюс. В 2010 году эти показатели были значительно ниже, и семенная продуктивность капусты брокколи составила от 1.0 ц/га до 1.4 ц/га.

Посевные качества семян капусты брокколи сорта Тонус были высокими. Масса 1000 семян различалась с контролем на 0.5 г. Энергия прорастания и всхожесть были высокими и соответствовали первому классу посевных стандартов.

Таким образом, для повышения выхода семян капусты брокколи применение некорневой подкормок Мастер универсальный и Нутривант плюс» в условиях Белгородской области является эффективным приемом.

Список литературы

1. Гуйда А. Нутривант плюс и его вклад в продовольственную безопасность страны. - Главный агроном. – 2009. – №5. – С. 11-17.
- 2.Погосян А. Нутривант Плюс: проверка кризисом и временем // Агропромышленная газета юга России. – 2009. – № 35-36 (186-187). – С.12-13.
3. Немкович А.И. Нутривант плюс масличный - эффективная подкормка для ярового рапса. - Наше сельское хозяйство. – 2010. – № 5. – С. 20-21.
4. Немкович А.И. Нутривант Плюс масличный – эффективное водорастворимое минеральное удобрение для некорневых подкормок ярового рапса // Земляробства і ахова раслін: наукова-практичні часопис. – 2010. – № 4. – С. 47-48.
5. Хорошкин А.Б. Новые удобрения, биостимуляторы и технологии их применения // Современные технологии минерального питания. – Краснодар, 2008. – 120 с.
6. Немкович А.И. Нутривант плюс - эффективное водорастворимое минеральное удобрение для некорневых подкормок сельскохозяйственных культур // Земляробства і ахова раслін: наукова-практичні часопис. – 2009. – № 2. – С.30-32.
7. Тагиров М.Ш. Способы подкормки картофеля / М.Ш. Тагиров, З.Сташевски, Г. Ф. Сафиуллини, Д. В Сидоренко. Достижения науки и техники АПК. – 2009. – № 11. – С.20-22.

EFFECT OF FOLIAR FERTILIZING ON SEED PRODUCTION OF BROCCOLI IN THE BELGOROD REGION

N.V. Kotsareva¹

T.P. Shulpekova²

*¹Belgorod State Agricultural
Academy*

*Vavilova St. 1, Maysky Set.,
Belgorod Reg., 308503, Russia,*

E-mail: nadine151059@rambler.ru

*²National Research Institute
of selection and seed crops*

Odintsovsky Dist., Moscow Region

The results of the study of foliar feeding on seed production of broccoli in the Belgorod region are presented. The effective application of foliar treatment with the fertilizer “Nutrivant plus” for increasing the yield of seeds of broccoli of the variety “Tonus”.

Key words: Broccoli, seed production, foliar feeding, the yield of seeds, germination, weight of 1000 seeds.

ЦИСТОЛИТЫ ШЕЛКОВИЦЫ БЕЛОЙ (*MORUS ALBA*L.), ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ В БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

С.С. Богданов
А.В. Лазарев

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

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

Изучали расположение цистолитов в верхнем эпидермисе листа шелковицы. Количество их в поле зрения микроскопа неодинаково и зависит от расположения листа на побеге и точек наблюдения на пластинке листа. На исследованных растениях не обнаружено бугорков и выростов на верхней поверхности листа. Цистолиты оказались полностью погруженными в мезофилл листа.

Ключевые слова: *Morus alba*, цистолиты.

Введение

Шелковица белая (*Morus alba* L.) – многолетнее двудомное древесное растение, широко культивируемое в России и на всех континентах земного шара. Её выращивают в Белгородской и Воронежской областях. У шелковицы белой соплодия белого, кремового, красного, темно-фиолетового или же практически черного цвета. У шелковицы черной они постоянно черные [1].

Листья очередные, простые, с рано опадающими прилистниками. Они имеют плоскую форму и дорсовентральное строение. Верхнюю сторону листа называют внутренней, брюшной или адаксиальной. Нижнюю сторону называют спинной или абаксиальной. Верхняя и нижняя стороны листа резко различаются по анатомическому строению, по характеру жилок, по опушению [2].

Клетки эпидермы листа шелковицы образуют наружные выросты – трихомы (греческое *trichos* – волос) и внутренние с кристаллами. Трихомы бывают железистыми и кроющими. Простые волоски двух типов. Кроющие трихомы у шелковицы представлены простыми нитевидными волосками на молодых листочках и крючковидные шиповатые одноклеточные волоски с дисковидным основанием. Кристаллы у растений состоят из оксалата кальция или реже из карбоната кальция. Карбонат кальция начинает накапливаться в клетках эпидермы, которые затем погружаются в мезофилл листа. От стенки клетки внутрь полости отходит мешковидный вырост, содержащий известь. Это и есть цистолит. Наличие цистолитов (от греческого *kystis* – пузырь, *lithos* – камень) в листьях характерно для ряда семейств растений крапивных, акантовых, в том числе для тутовых (*Moraceae*). Это место скопления карбоната кальция объединенного с веществами оболочки целлюлозой и каллозой [3]. Их называют литоцистами. В листьях шелковицы они встречаются поодиночке.

Роль литоцистов и причины, обуславливающие их изобилие в листьях шелковицы, пока не установлены. Можно полагать, что многочисленные крупные литоцисты могут влиять на кормовые качества листа, устойчивость к заболеваниям [4]. Поэтому при изучении анатомических особенностей листьев шелковицы белой (*M. alba* L.), наряду с другими вопросами, целью нашего исследования является изучение литоцистов, их строения. Для решения этой проблемы особое внимание уделяется характеру их распределения на листе, количеству, форме.

Материал и методика

Побеги заготавливались на территории Белгородской области, вдоль дороги в районе п. Майский и на улицах города Белгорода. Для изучения использовали вполне развитые листовые пластинки. Со средней части кроны брали по три небольших побе-

га. На каждом листе побега на растровом электронном ионном микроскопе Quanta 200 3-D посчитывали количество литоцистов на десяти площадках по 0.25 см².

Результаты и их обсуждение

Изучали расположение литоцистов в верхнем эпидермисе листа шелковицы и установили, что они расположены по всей площади листовой пластинки. Однако количество их в поле зрения микроскопа неодинаково и зависит от места подсчета на пластинке и расположения листа на побеге (рис.1, 2). На см² количество их колеблется от 2350 до 2520 и более (Рис.2). Различие в количестве их на нижнем и верхнем листьях показано на рис 1.

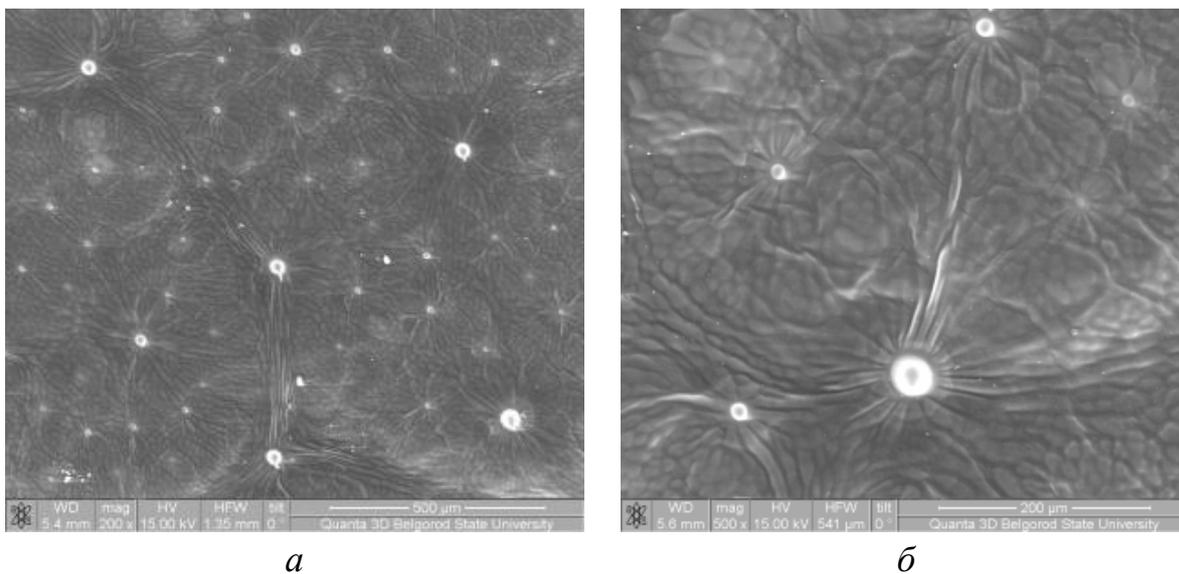


Рис. 1. Расположение литоцистов: а) верхний лист. б) нижний лист

Происхождение цистолитовых клеток можно узнать лишь в том случае, если изучать их в процессе развития [3]. По нашему мнению литоцисты шелковицы трихомного происхождения.

Количество литоцистов на 1 см² на различных участках листьев варьирует. Наибольшее количество их содержится в средней и верхней частях листа, что подтверждается литературными данными.[5]. Распределение литоцистов на листьях от нижней части побега к верхней отображено на рис.2.

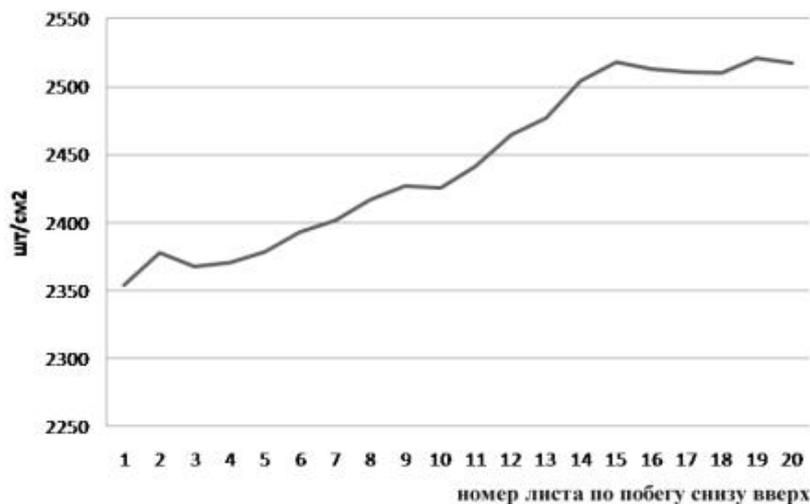


Рис. 2. Количество цистолитов в листьях, расположенных в разных частях побегов

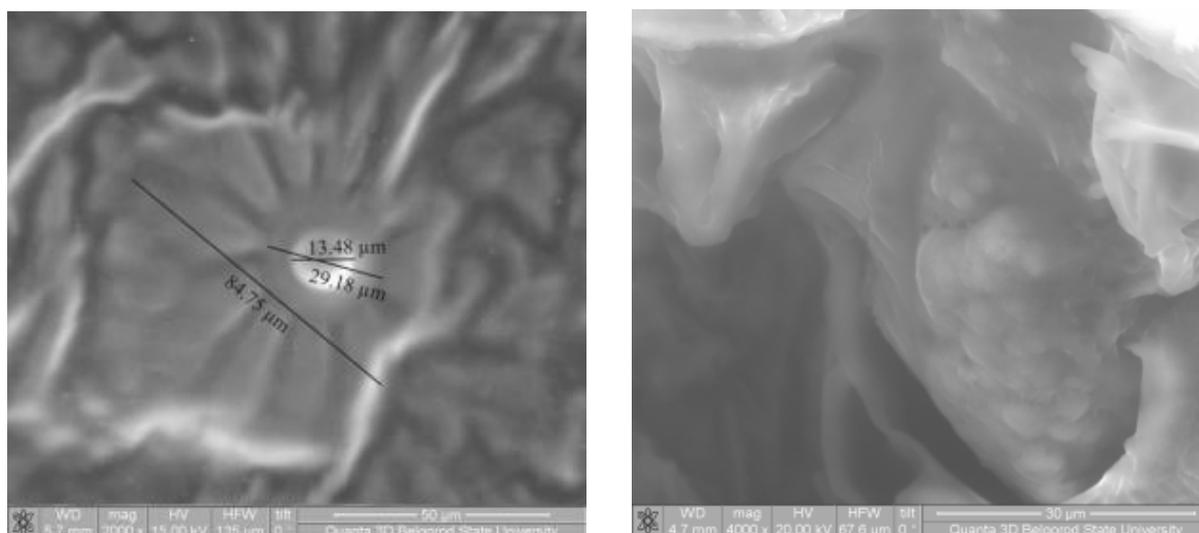


Рис. 3. Вид литоциста сверху и на разрезе

Содержимое литоцистов – углекислый кальций. Принято считать, что они используются для нейтрализации образующихся в листе кислот [4].

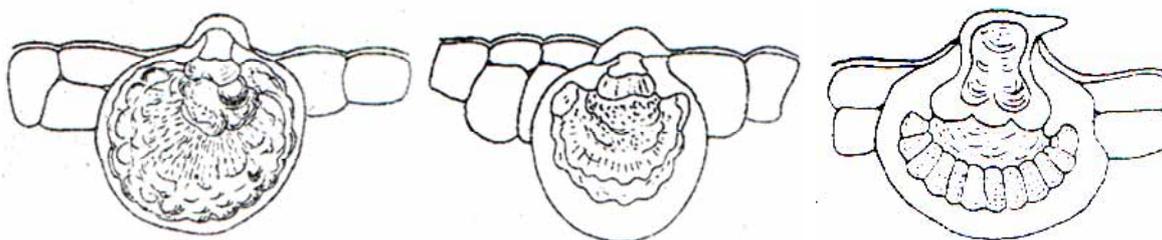


Рис. 4. Форма цистолитов у разных сортов шелковицы (по Шаламберидзе и др., 1974)

Выводы

У многих культурных форм шелковицы литоцисты так глубоко погружаются в мезофилл, что на уровне эпидермиса выступает лишь небольшой бугорок. В кормовом отношении такие листья наиболее ценные. Однако немало и таких форм, в листьях которых такие клетки постоянно сохраняют остроконечный выступ (Рис.4). Можно сказать, что с верхней стороны листа шероховатость обусловлена в основном наличием таких клеток [6]. Проведенные исследования позволили установить, что на листьях шелковицы, произрастающей на территории Белгородской области, шипики и бугорки отсутствуют. Поверхность листьев гладкая. Литоцисты полностью погружены в мезофилл и более крупных размеров.

Список литературы

1. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. – М.: Т-во научных изданий КМК, 2006. – 600 с.
2. Еленевский А.Г., Соловьева М.П., Тихомиров В.Н. Ботаника высших, или наземных, растений: Учеб. для студ. высш. пед. учеб. заведений. - М.: Издательский центр «Академия», 2000. – 432 с.
3. Эзау К. Анатомия семенных растений. Кн. 1 / Под ред. акад. А.Л. Тахтаджяна. – М.: «Мир», 1980. - 218 с.



4. Федоров А.И. Туководство. – М.: Гос. изд-во сельхоз. лит., 1954. – 408 с.
5. Шаламберидзе Д.А., Анели Н.А., Звиададзе Г.Э. О цистолитах в листьях шелковицы // Шелк. Реф. науч.-техн. сб. – 1974. - № 4 (63). – С. 3-4.
6. Лазарев А.В. Структура листьев шелковицы белой (*Morus alba* L.) // Шелк. Реф. науч.-техн. сб. – 1974. - № 4 (63). – С. 7.

CYSTOLITHS OF WHITE MULBERRIES (*MORUS ALBA* L.) GROWING IN THE BELGOROD REGION

S.S. Bogdanov

A.V. Lazarev

*Belgorod State National Research
University*

*Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

E-mail: lazarev@bsu.edu.ru

The arrangement of cystoliths in the top epidermis of a mulberry leaf has been studied. Their quantity in sight of the microscope is different and depends on the location of a leaf on the shoot and points of supervision on the plate of a leaf. On the investigated plants no tubercle and excrescence on the top surface of a leaf were detected. Cystoliths were completely immersed in the leaf mesophyll.

Key words: *Morus alba*, cystoliths.

ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ НА МОРФО-БИОЛОГИЧЕСКУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ *PLANTAGO MAJOR* L. И *PLANTAGO MEDIA* L.

Е.И. Попова

*Тобольская биологическая
станция РАН*

*Россия, 626150, Тюменская обл.,
г. Тобольск, ул. имени академика
Юрия Осипова, 15.*

E-mail: popova-3456@mail.ru

Широкомасштабное антропогенное воздействие на окружающую среду потребовало создания системы комплексного фонового мониторинга, задачами которого являются систематические наблюдения за загрязнениями окружающей среды, оценка и прогноз их состояния. Из растительных объектов удобно использовать ценопопуляции *Plantago major* L. и *Plantago media* L.

Ключевые слова: *Plantago major* L., *Plantago media* L., экология, тяжелые металлы.

Введение

Анализ фонового состояния окружающей среды свидетельствует о тенденции накопления в ней ряда химических соединений, отрицательно воздействующих на биологические системы. Антропогенное загрязнение территории города Тобольска и Тобольского района из года в год усиливается, происходит деградация естественных экосистем и снижение видового разнообразия растений [1].

В систему наблюдений должны входить следующие основные процедуры: выделение объекта наблюдения; обследование выделенного объекта наблюдения; составление информационной модели для объекта наблюдения; планирование измерений; оценка состояния объекта наблюдения и идентификации его информационной модели; прогнозирование изменения состояния объекта наблюдения; представление информации в удобной для использования форме и доведение её до потребителя. Это позволит оценить показатели состояния функциональной целостности экосистем и среды обитания человека, выявить причины изменения этих показателей и оценить последствия таких изменений, создать предпосылки для определения мер по исправлению возникающих негативных ситуаций до того, как будет нанесен ущерб [2].

С учетом вышеизложенного, в регионе нефтепереработки и нефтехимии исследования изменений, происходящих в популяциях растений, подверженных воздействию различных загрязнений в системе: почва – растение, перспективны в теоретическом и прикладном аспектах.

Объекты и методы исследования

Из растительных объектов удобно использовать *Plantago major* L. и *Plantago media* L. как антропотолерантных видов с широким географическим распространением и преимущественно семенным размножением. Исходя из определенной практической значимости подорожников и их адаптированности к сильному антропогенному стрессу в условиях урбанизированной и промышленной среды, знание особенностей их биологии, онтогенеза и морфогенеза важно для индикации состояния среды [3, 4, 5].

На этапе полевых исследований первоначально были выделены модельные ландшафтные участки с различной антропогенной нагрузкой, на которых исследованы параметры приоритетных загрязнителей почвы, определено содержание *Cu*, *Zn*, *Pb* в растениях *P. major* L. и *P. media* L. Модельный участок № 1 – восточная часть города, прилегающая к промышленной зоне ТНХК (Тобольский Нефтехимический комбинат); модельный участок № 2 – обочина автодороги, прилегающая к промышленной зоне ТГМЗ (Тобольский Гормолзавод); модельный участок № 3 – опушка смешанного леса,



около д. Винокурово (контроль); модельный участок № 4 – северная часть города, пустырь, примыкающий к промышленной зоне ТЗЖБИ (Тобольский завод железобетонных изделий); модельный участок № 5 – обочина автодороги, южная часть города около Никольского взвоза; модельный участок № 6 – жилой микрорайон № 9, с современной, плотной высокоэтажной городской застройкой.

Тяжелые металлы в почве и растениях определяли атомноимисионным методом на спектрометре «ОПТИМА-7000 DV» с индуктивно связанной плазмой в лаборатории «Экотоксикология» Учреждения Российской академии наук Тобольской биологической станции РАН.

Результаты и их обсуждение

В почвах наблюдаемых модельных участков, подверженных химическому воздействию, тяжелые металлы варьировали в пределах: цинк – от 3.09 до 80.10 мг/кг (контроль 2.06), медь – от 0.28 до 1.50 (контроль 0,3), свинец – от 1.20 до 7.10 (контроль 1.02).

Путем химического анализа золы растений *P. major* L. и *P. media* L. выявлена степень накопления анализируемых химических элементов. Содержание цинка в растениях наиболее загрязненных районов изменялось от 5.60 до 11.20 мг/кг (*P. major* L.) и от 2.04 до 9.05 мг/кг (*P. media* L.). Накопление меди варьировало у *P. major* L. от 0.69 до 1.00 мг/кг, а у *P. media* L. от 0.20 до 0.88 мг/кг. Содержание свинца у *P. major* L. также значительно превышало аналогичные показатели *P. media* L. Во всех случаях *P. major* L. в значительно большем количестве аккумулирует тяжелые металлы по сравнению с *P. media* L., но аккумулирующая способность изученных видов растений максимально проявляется по отношению к меди (из трех изученных металлов), а минимально – к свинцу.

Выявлена высокая положительная корреляция между содержанием тяжелых металлов в почве и растениях (*P. major* L. $r = 0.58-0.99$; *P. media* L. $r = 0.48-0.98$). В согласии с этим, в названном ряду участков закономерно повышается содержание *Cu*, *Zn* и *Pb* в растениях *P. major* L. и *P. media* L.

Интенсивная техногенная нагрузка приводит к существенному уменьшению средних размеров особей *P. major* L. и *P. media* L., что отражается и на всех морфометрических параметрах (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика *P. media* L. на разных этапах онтогенеза по комплексу количественных признаков на фоне различных антропогенных нагрузок

Модельный участок	Возрастное состояние, $x \pm m_x$					
	j	im	v	g ₁	g ₂	g ₃
1	2	3	4	5	6	7
Масса растения (без корня), г						
№1 (ТНХК)	0.09±0.003*	0.22±0.01*	1.20±0.07*	5.60±0.40*	8.34±0.40*	10.84±0.47*
№2 (ТГМЗ)	0.10±0.005*	0.25±0.01*	1.47±0.09*	6.22±0.35*	10.26±0.40*	14.43±0.51*
№3 (Контроль)	0.15±0.005	0.36±0.01	3.12±0.15	8.01±0.45	13.99±0.75	17.49±0.40
№4 (ЖЗБИ)	0.11±0.005*	0.28±0.01*	1.63±0.10*	6.94±0.41	11.29±0.66*	14.46±0.76*
№5 (Никольский взвоз)	0.06±0.005*	0.29±0.02*	1.83±0.09*	7.06±0.50	11.55±0.55*	13.18±0.64*
№6 (9 мик- он)	0.10±0.005*	0.29±0.01*	1.78±0.13*	7.41±0.33	12.18±0.52	15.36±0.85
Масса листьев, г						
№1 (ТНХК)	0.04±0.005*	0.14±0.01*	0.74±0.07*	3.84±0.25*	4.11±0.30*	6.51±0.30*
№2 (ТГМЗ)	0.05±0.005*	0.20±0.02*	0.96±0.07*	4.24±0.36*	5.25±0.31*	7.48±0.17*
№3 (Контроль)	0.09±0.002	0.25±0.01	2.16±0.15	5.18±0.35	7.04±0.30	9.91±0.44
№4 (ЖЗБИ)	0.06±0.005*	0.20±0.01*	1.17±0.10*	4.38±0.28*	5.89±0.27*	7.80±0.34*
№5 (Никольский взвоз)	0.05±0.005*	0.19±0.02*	1.21±0.10*	4.23±0.22*	5.79±0.22*	7.73±0.31*
№6 (9 мик- он)	0.05±0.005*	0.21±0.01*	1.22±0.11*	4.93±0.23	6.26±0.26*	9.42±0.38
Масса одного листа, г						
№1 (ТНХК)	0.02±0.002*	0.04±0.003*	0.23±0.02*	0.61±0.04*	0.63±0.05*	0.81±0.03*
№2 (ТГМЗ)	0.02±0.002*	0.04±0.002*	0.25±0.02*	0.69±0.03*	0.77±0.05*	0.85±0.03*
№3 (Контроль)	0.03±0.002	0.06±0.002	0.41±0.03	0.84±0.04	0.93±0.04	1.23±0.08
№4 (ЖЗБИ)	0.02±0.002*	0.06±0.002*	0.28±0.02*	0.75±0.04	0.80±0.05*	0.94±0.03

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
№5(Никольский взвоз)	0.02±0.002*	0.05±0.002*	0.27±0.02*	0.72±0.04*	0.84±0.04	0.88±0.05
№6 (9 микрон)	0.02±0.001*	0.05±0.002*	0.29±0.02*	0.76±0.03	0.88±0.04	1.01±0.05
Масса корневой системы, г						
№1 (ТНХК)	0.03±0.002*	0.07±0.002*	0.35±0.02*	1.03±0.07*	1.14±0.08*	1.30±0.08*
№2 (ТГМЗ)	0.04±0.002*	0.08±0.002*	0.39±0.03*	1.19±0.10*	1.29±0.09*	1.72±0.21*
№3 (Контроль)	0.05±0.003	0.21±0.013	0.53±0.04	1.79±0.16	1.99±0.14	2.62±0.20
№4 (ЖЗБИ)	0.04±0.003*	0.13±0.002*	0.39±0.03*	1.39±0.10*	1.63±0.14*	1.70±0.11*
№5(Никольский взвоз)	0.04±0.003*	0.09±0.003*	0.43±0.03*	1.24±0.09*	1.47±0.12*	1.62±0.09*
№6 (9 микрон)	0.04±0.003*	0.13±0.002*	0.35±0.02*	1.19±0.10*	1.63±0.14*	1.72±0.21*
Масса генеративного побега, г						
№1 (ТНХК)	-	-	-	0.52±0.03*	0.63±0.06*	0.71±0.06*
№2 (ТГМЗ)	-	-	-	0.65±0.04*	0.74±0.06*	0.82±0.04*
№3 (Контроль)	-	-	-	0.89±0.07	0.95±0.06	0.91±0.10
№4 (ЖЗБИ)	-	-	-	0.65±0.05*	0.68±0.04*	0.83±0.06*
№5(Никольский взвоз)	-	-	-	0.69±0.06*	0.85±0.06*	0.94±0.05
№6 (9 микрон)	-	-	-	0.73±0.06	0.82±0.06*	0.92±0.06
Длина листа, см						
№1 (ТНХК)	1.58±0.09*	1.92±0.08*	2.42±0.05*	5.60±0.19*	7.08±0.23*	7.75±0.18*
№2 (ТГМЗ)	1.73±0.07*	2.12±0.07*	2.77±0.06*	7.10±0.19*	7.44±0.20*	7.94±0.21*
№3 (Контроль)	2.01±0.08	2.43±0.08	3.37±0.11	8.13±0.21	8.60±0.18	8.88±0.27
№4 (ЖЗБИ)	1.72±0.07*	2.15±0.08*	3.04±0.08*	7.70±0.23	7.82±0.25*	8.14±0.19*
№5(Никольский взвоз)	1.89±0.08	2.21±0.08	3.09±0.09*	7.27±0.20*	7.71±0.24*	8.18±0.22*
№6 (9 микрон)	1.89±0.08	2.18±0.09	3.09±0.09*	7.54±0.25	7.88±0.18*	8.22±0.23*
Ширина листа, см.						
№1 (ТНХК)	0.73±0.07*	1.11±0.08*	1.59±0.09*	4.10±0.17*	4.80±0.21*	5.24±0.26*
№2 (ТГМЗ)	1.02±0.06*	1.15±0.08*	1.64±0.09*	4.16±0.14*	5.08±0.22*	5.36±0.21*
№3 (Контроль)	1.18±0.09	1.46±0.08	1.94±0.09	4.70±0.19	5.94±0.27	6.15±0.27
№4 (ЖЗБИ)	1.03±0.06*	1.18±0.08*	1.74±0.07*	4.34±0.15	5.28±0.18*	5.71±0.21
№5(Никольский взвоз)	1.04±0.08*	1.40±0.08	1.74±0.09*	4.30±0.18	5.29±0.20*	5.84±0.21
№6 (9 микрон)	1.10±0.07*	1.27±0.10*	1.79±0.07*	4.36±0.23	5.31±0.21	5.70±0.25
Индекс листа, см						
№1 (ТНХК)	1.55±0.06	1.62±0.05	1.61±0.04	1.64±0.04	1.46±0.04	1.44±0.04
№2 (ТГМЗ)	1.61±0.05	1.65±0.05	1.63±0.04	1.66±0.04	1.40±0.03	1.47±0.04
№3 (Контроль)	1.63±0.06	1.66±0.04	1.66±0.04	1.71±0.04	1.44±0.04	1.44±0.03
№4 (ЖЗБИ)	1.58±0.04	1.60±0.04	1.61±0.04	1.68±0.04	1.46±0.04	1.52±0.04
№5(Никольский взвоз)	1.54±0.05	1.65±0.04	1.65±0.05	1.67±0.04	1.55±0.05	1.51±0.04
№6 (9 микрон)	1.63±0.04	1.63±0.05	1.63±0.04	1.52±0.04*	1.38±0.03	1.53±0.04
Число листьев, шт.						
№1 (ТНХК)	3.10±0.06	4.16±0.07	5.10±0.06	5.94±0.15*	7.80±0.12*	9.52±0.13
№2 (ТГМЗ)	3.12±0.06	4.21±0.08	5.21±0.08	5.98±0.14*	7.94±0.13*	10.00±0.11

Окончание таблицы 1

№3 (Контроль)	3.34±0.09	4.42±0.09	5.49±0.10	6.68±0.15	8.50±0.12	10.53±0.14
№4 (ЖЗБИ)	3.21±0.08	4.24±0.09	5.28±0.09	6.30±0.16	8.20±0.15	10.01±0.14
№5 (Никольский взвоз)	3.28±0.09	4.36±0.09	5.32±0.09	6.24±0.14*	8.22±0.15	10.24±0.16
№6 (9 мик- он)	3.21±0.08	4.28±0.09	5.32±0.09	6.22±0.14*	8.33±0.12	10.33±0.16
Число генеративных побегов, шт.						
№1 (ТНХК)	-	-	-	1.62±0.14*	7.97±0.14*	9.45±0.10
№2 (ТГМЗ)	-	-	-	1.69±0.11*	8.48±0.14*	9.54±0.10
№3 (Контроль)	-	-	-	1.88±0.13	9.54±0.10	9.78±0.08
№4 (ЖЗБИ)	-	-	-	1.81±0.14	9.13±0.14	9.56±0.10
№5 (Никольский взвоз)	-	-	-	1.74±0.10	9.10±0.12	9.72±0.09
№6 (9 мик- он)	-	-	-	1.85±0.13	9.18±0.15	9.69±0.39

Примечание: * – различия с контролем достоверны на уровне $P < 0.005$.

Наибольшую пластичность обнаруживают такие признаки как длина, ширина, а также надземная масса растений и масса корневой системы. Таким образом, указанные морфометрические параметры могут иметь наибольшее диагностическое значение при оценке качества среды. Изменчивость морфологических признаков имеет односторонний характер у обоих видов.

В ювенильном (j), имматурном (im) и виргинильном (v) состояниях морфологические признаки *P. major* L. и *P. media* L. на всех шести участках различаются незначительно, что нагляднее можно представить в графическом виде. В качестве примера у *P. major* L. на рис. 1 изображены результаты морфометрических измерений наиболее лабильных, т.е. значимых в биоиндикационном аспекте, морфометрических параметров.

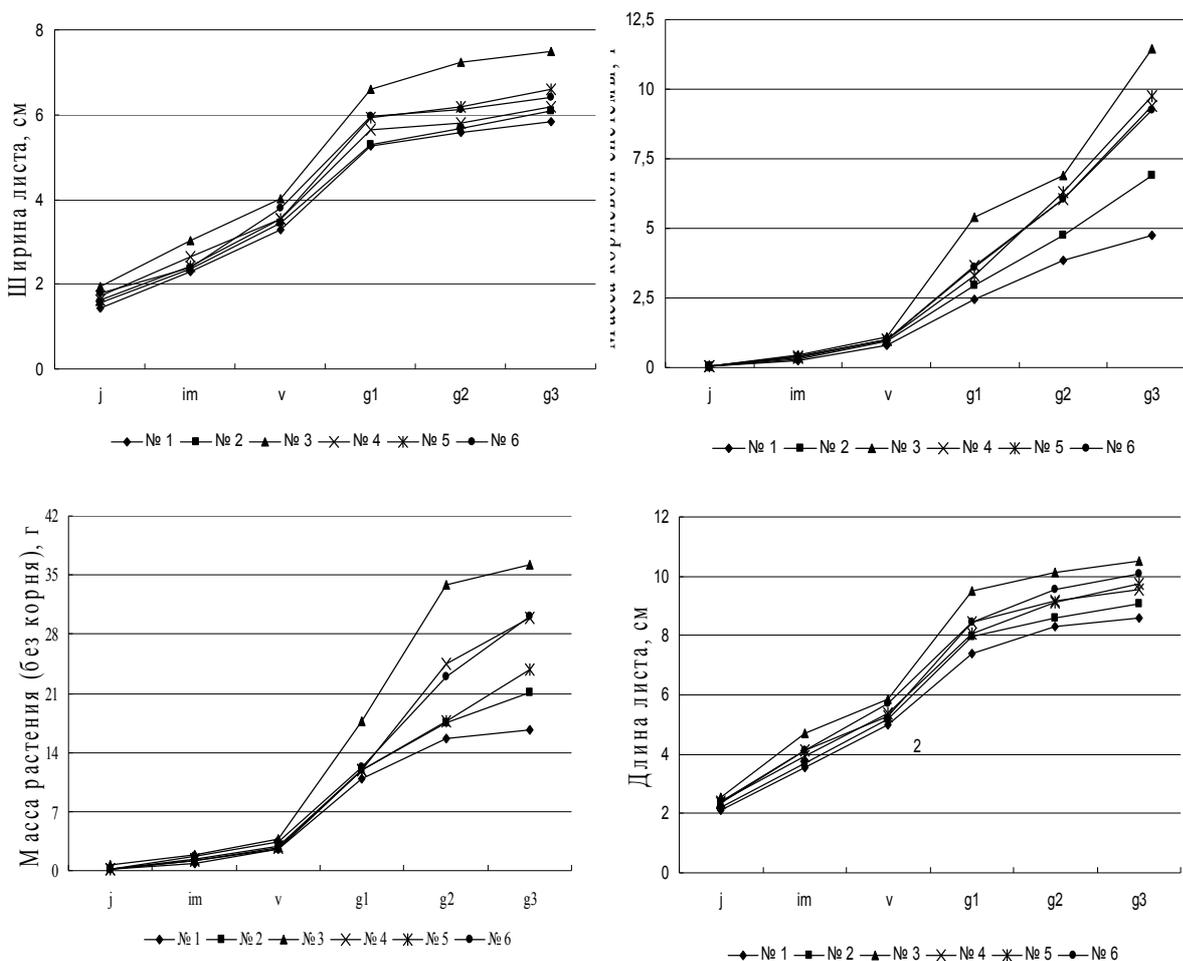


Рис. 1. Морфологическая пластичность *P. major* L. на разных этапах онтогенеза

Заключение

На основании результатов анализа почвы, исследованные модельные участки г. Тобольска выстраиваются в следующий ряд по мере усиления антропогенных нагрузок, в том числе по содержанию тяжелых металлов: контрольный модельный участок → 9 микрорайон → Никольский взвоз → ТЖЗБИ → ТГМЗ → ТНХК.

Морфометрические параметры ценопопуляций *P. major* L. и *P. media* L. отличаются высоким варьированием. Интенсивная техногенная нагрузка приводит к существенному уменьшению средних размеров особей *P. major* L. и *P. media* L., что отражается и на всех морфометрических показателях.

Наиболее перспективными для биоиндикационных исследований следует признать морфометрические параметры *P. major* L. и *P. media* L. на стадиях онтогенеза g_1 , g_2 , g_3 . В отношении всех морфометрических параметров биоиндикационная ценность *P. major* L. превосходит ценность *P. media* L. Как для *P. major* L., так и *P. media* L. выявленные закономерности справедливы и в многогодичном аспекте.

Величина коэффициентов корреляции, определяющая взаимосвязь анализируемых характеристик, также находится в зависимости от условий меняющихся факторов среды, значительно ослабевая при усилении стрессовой ситуации.

Список литературы

1. Обзор. Экологическое состояние, использование природных ресурсов, охрана окружающей среды Тюменской области. / Департамент недропользования и экологии Тюменской области. – Тюмень, 2005. – 212 с.
2. Яблоков А.В., Ларина Н.И. Введение в фенетику популяций. Новый подход к изучению природных популяций. – М.: Высшая школа, 1985. – 159 с.
3. Van Dijk H., Wolff K. Allozyme variation and genetic structure in *Plantago* Species // *Plantago* : A. Multidisciplinary Study. – Berlin: Springer-Verlag, 1992. – P. 190-192.
4. Жукова Л.А. Популяционная жизнь луговых растений. – Йошкар-Ола: РИИК Ланар, 1995. – 224 с.
5. Григорьев И.Л. Засоренность пахотных земель семенами сорных растений и пути ее снижения // Научн. тр. Воронежского СХИ. – 2000. – № 59. – С. 30-33.

INFLUENCE OF ANтропоГЕНОUС FАKТОRС OF CHEMICAL NATURE ON MORPHO-BIOLOGICAL VARIABILITY OF *PLANTAGO MAJOR* L. AND *P. MEDIA* L.

E.I. Popova

*Tobolsk Biology Station RAS
Academician Yuri Osipov St., 15,
Tobolsk City, Tyumen Region,
626150, Russia*

E-mail: popova-3456@mail.ru

The widespread human interference with the nature and environment caused the necessity of creating a system of a complex monitoring of the environmental background which must systematically watch and control the pollution of the environment, evaluate and give a forecast for their state. It is convenient to use the populations of *Plantago major* L. and *Plantago media* L. out of all vegetation objects.

Key words: *Plantago major* L., *Plantago media* L., ecology, heavy metals.

СКРЫТОЖИВУЩИЕ ЧЛЕНИСТОНОГИЕ ФИЛЛОФАГИ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ГОРОДА БЕЛГОРОДА

В.В. Стручаев

Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет

Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы 85

E-mail: vivastru@mail.ru

Изучены скрытоживущие членистоногие филлофаги г. Белгорода. Приведен список обнаруженных видов. Дана сравнительная характеристика частей города по доле видов с определенной численностью. Выявлено три инвазионных вида: *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, *Phyllonorycter robiniella* Clemens, *Ph. issikii* Kumata.

Ключевые слова: филлофаги, Arthropoda, Белгород, инвазии, минеры, галлообразователи

Введение

Города часто представляют собой в историческом плане неустойчивую конечную стадию развития населенного пункта. Его нельзя рассматривать как единую экосистему, в большинстве случаев речь идет о мозаике различных экотопов. Экологическое своеобразие отдельных городских местообитаний зависит, прежде всего, от форм их использования человеком. Городская фауна может включать как первоначально существующие в данном месте виды, так и виды-интродуценты. Точные доказательства сохранения в городах популяций, присутствующих еще до основания города, получить трудно. Это означает, что их фауна, вероятно, большей частью состоит из мигрантов, связанных происхождением с аграрными ландшафтами или лесами. Городские островные местообитания возникают в связи с изолирующим эффектом улиц и сооружений, которые определяют границы, размеры и форму ареалов. Примерами могут служить изолированные парки, небольшие сады, пустыри, степень изоляции в которых определяется, прежде всего, удаленностью от сходного биотопа крупной площади, с которого происходит заселение [1].

В городах представлены биотопы, в состав которых входят древесные породы как местные, так и интродуцированные. Обязательным компонентом растительных сообществ являются фитофаги, которые в большинстве случаев не представляют серьёзной опасности растению-хозяину. Опасность возникает исключительно при благоприятных условиях для их массового размножения в связи с ослаблением устойчивости насаждений различными факторами.

Материал и методы

На протяжении ряда лет (2003-2005, 2008-2010 гг.) нами изучались скрытоживущие членистоногие-филлофаги древесно-кустарниковой растительности г. Белгорода, а также потенциальные вредители этих растений.

Белгород – город на юге Европейской части России (50°36' с.ш. 36°36' в.д.), административный центр Белгородской области. Расположен на южной окраине Среднерусской возвышенности, преимущественно на правом берегу реки Северский Донец (правый приток Дона), в 697 км к югу от Москвы, в 40 км от границы с Украиной. Белгород находится в зоне лесостепи на всхолмленной приподнятой равнине. Климатический пояс, в котором расположен Белгород, – умеренно-континентальный. Погода характеризуется достаточно мягкой зимой со снегопадами и оттепелями и длительным летом. Среднегодовая температура воздуха составляет +5-6°C. Длительность периода с положительной температурой в течение года около 150-160 дней. Среднегодовое количество осадков колеблется в районе 450-500 мм при неравномерности их распределения по сезонам года.

Основные сборы проведены на территории г. Белгорода: в северо-восточном районе – «Меловая гора» (дубрава и уличные насаждения); в центре (городской парк, уличные и дворовые насаждения); в юго-западном районе – «Ботанический сад БелГУ» (экзотические виды коллекции, придорожная лесополоса, лесопосадки); в южном районе «Харьковская гора» (естественные лесные урочища, уличные и дворовые насаждения). Дополнительные сборы были проведены на участке «Лес на Ворскле» заповедника «Белогорье» (дубрава и дендрарий), расположенном в 40 км западнее г. Белгорода (см. рисунок).

Собирали повреждения растений, связанные с жизнедеятельностью филлофагов (галлы, тератозы, мины). Гербарные образцы раскладывали в файлы над белой бумагой и сшивали в папки-скоросшиватели.

В результате исследования обработано более 800 единиц повреждений. Большая часть материала определена до вида. Часть материала (некоторые мины и тератозы) определена только до рода или семейства. Для идентификации материала использовали специальные определители [2, 3, 4, 5, 6].

Результаты исследований

На древесной растительности г. Белгорода нами выявлен 81 вид скрытоживущих членистоногих филлофагов (из числа определенных до вида). Ниже приводится их список применительно к растениям, на которых эти виды были собраны.

Береза (*Betula*)

Agromyza alnibetulae Hendel, *Fenusa pumila* Leach, *Phyllonorycter ulmifoliella* Hubner, *Scolioneura betuleti* Klug, *Stigmella betulicola* Stainton, *Massalongia ruber* Kieffer, *Incurvaria pectinea* Haworth

Вяз (*Ulmus*)

Eriosoma lanuginosum Hartig, *Eriosoma ulmi* Linnaeus, *Eriophyes ulmicola* Nalepa, *Fenusa ulmi* Sundevall, *Janetiella lemeei* Kieffer, *Phyllonorycter agilella* Zeller, *Stigmella lemniscella* Zeller, *Stigmella ulmivora* Fologne, *Stigmella viscerella* Stainton, *Tetraneura caerulescens* Passerini, *Tetraneura ulmi* Linnaeus, *Trachys minutus* Linnaeus

Дуб (*Quercus*)

Andricus curvator Hartig, *Andricus fecundator* Hartig, *Andricus inflator* Hartig, *Andricus ostreus* Hartig, *Biorhiza pallida* Olivier, *Cynips quercusfolii* Linnaeus, *Neuroterus numismalis* Linnaeus, *Neuroterus quercusbaccarum* Linnaeus, *Profenusa pygmaea* Klug, *Stigmella ruficapitella* Haworth, *Tischeria ekebladella* Bjerkander

Ель (*Picea*)

Adelges laricis Vallot, *Sacchiphantes viridis* Ratzeburg

Ива (*Salix*)

Aculus tetanothrix Nalepa, *Coleophora lusciniapennella* Treitschke, *Dasineura auritae* Rubsaamen, *Phyllonorycter pastorella* Zeller, *Pontania proxima* Serville, *Rabdo-phaga rosaria* Loew, *Stenacis triradiata* Nalepa, *Pontania vesicator* Bremi-Wolf

Каштан конский (*Aesculus hippocastanum*)

Cameraria ohridella Deschka & Dimic

Клен (*Acer*)

Aceria aceriscampestris Nalepa, *Heterarthrus aceris* Kaltenbach, *Hinatara recta* CG Thomson, *Oligotrophus szepligetii* Kieffer, *Phyllonorycter acerifoliella* Zeller, *Stigmella aceris* Frey

Липа (*Tilia*)

Eriophyes tiliae Pagenstecher, *Parna apicalis* Brischke, *Phyllonorycter issikii* Kumata, *Phytemocecis hartigi* Liebel, *Phytoptus tetratrichus* Nalepa

Ольха (*Alnus*)

Eriophyes laevis ivangulis Nalepa, *Fenusa dohrnii* Tischbein, *Orchestes alni* Linnaeus, *Stigmella glutinosae* Stainton, *Phyllonorycter rajella* Linnaeus

Орех (*Juglans*)

Aceria erinea Nalepa

Робиния ложноакациевая (*Robinia pseudoacacia*)

Phyllonorycter robiniella Clemens

Рябина (Sorbus)

Eriophyes sorbi Canestrini

Тополь (Populus)

Aceria populi Nalepa, *Aulagromyza populi* Kaltenbach, *Aulagromyza tremulae* Hering, *Camarotoscena speciosa* Flor, *Coleophora anatipenella* Hubner, *Fenusella hortulana* Klug, *Ectoedemia argyropeza* Zeller, *Harmandiola globuli* Rubsaamen, *Pemphigus borealis* Tullgren, *Pemphigus bursarius* Linnaeus, *Pemphigus populi* Courchet, *Pemphigus populinigrae* Schrank, *Pemphigus spyrothecae* Passerini, *Phyllonorycter populi* Filipjev, *Phyllonorycter comparella* Duponchel, *Phyllonorycter sagitella* Bjerkander, *Stigmella trimaculella* Haworth, *Zeugophora subspinoso* Fabricius

Ясень (Fraxinus)

Caloptilia syringella Fabricius, *Dasineura fraxini* Bremi, *Prays fraxinella* Bjerkander



Рис. Долевая представленность видов с разным уровнем численности в разных районах г. Белгорода и в «Лесу на Ворскле»

Обозначения:



Очень редко (единичные экземпляры)

Встречается редко



Обычен

Массовое размножение

Характеристика численности обнаруженных видов

На представленных диаграммах видно сходство точек сбора «Меловая гора» и «Центр» по доле видов, представители которых встречаются очень редко. Точки сбора

«Меловая гора» и «Окрестности ботанического сада БелГУ» имеют схожесть по доле количества обычных видов и видов, встречающихся редко. Точка сбора «Харьковская гора» отличается от других точек сбора долей количества видов, встречающихся редко. По всем четырем точкам доля количества массовых видов различна.

Наибольшее сходство по долям численности видов наблюдается в точках сбора «Меловая гора» и «Окрестности ботанического сада БелГУ», которые, в свою очередь, являются зонами осаждения выбросов ОАО «Стройматериалы» и ОАО «Белгородский цемент» соответственно.

Сравнивая результаты долей численности видов по степени встречаемости точек сбора в г. Белгороде с результатами, полученными в заповеднике «Лес на Ворскле», видны значительные отличия. Как видно из диаграмм, в местах с незначительным урбанистическим преобразованием биотопа значительно больше доля видов, численность которых носит характер массовых и встречающихся часто.

Сравнивая графики, видно, что антропогенное воздействие на скрытоживущих членистоногих филофагов в условиях города приводит к уменьшению количества видов, численность которых носит массовый характер, и в трех из четырех точек сбора увеличению количества видов, представители которых обнаружены очень редко. Это свидетельствует о значительном влиянии антропогенных факторов на структуру биоценозов города по сравнению с естественными.

Выводы

На древесной растительности г. Белгорода нами выявлен 81 вид скрытоживущих членистоногих филофагов, относящихся к 2 классам (Arachnida, Insecta), 6 отрядам (Prostigmata, Hymenoptera, Hemiptera, Diptera, Lepidoptera, Coleoptera).

Наиболее заселяемыми породами являются: тополь (18 видов), вяз (12 видов), дуб (11 видов), ива (8 видов), береза (7 видов).

На территории города Белгорода выявлено три инвазионных вида членистоногих: *Phyllonorycter robiniella* Clemens, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, *Phyllonorycter issikii* Kumata.

Сравнительная характеристика точек сбора по г. Белгороду показывает схожесть точек сбора «Меловая гора» и «Центр города» по доле количества видов, представители которых встречаются очень редко, схожесть по доле количества обычных видов и видов встречающихся редко точек сбора «Меловая гора» и «Окрестности ботанического сада БелГУ», отличие точки сбора «Харьковская гора» от других точек сбора долей количества видов, встречающихся редко.

Наибольшее сходство наблюдается в точках сбора «Меловая гора» и «Окрестности ботанического сада БелГУ», которые, в свою очередь, являются зонами осаждения выбросов ОАО «Стройматериалы» и ОАО «Белгородский цемент» соответственно.

Сравнивая результаты долей численности видов по степени встречаемости точек сбора в г. Белгороде с результатами, полученными в заповеднике «Лес на Ворскле», видны значительные отличия.

Список литературы

1. Клауснитцер Б. Экология городской фауны. – М.: Мир, 1990. – 246 с.
2. Гусев В.И. Определитель повреждений лесных, декоративных и плодовых деревьев и кустарников. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 472 с.
3. Гусев В.И., Римский-Корсаков М.Н. Определитель повреждений лесных и декоративных деревьев и кустарников европейской части СССР. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1951. – 580 с.
4. Зерова М.Д., Дьякончук Л.А., Ермоленко В.М. Насекомые-галлообразователи культурных и дикорастущих растений европейской части СССР. Перепончатокрылые / Отв. ред. Е.Н. Савченко. – Киев: Наукова думка, 1988. – 160 с.
5. Зерова М.Д. Насекомые-галлообразователи культурных и дикорастущих растений европейской части СССР. Равнокрылые, чешуекрылые, жестkokрылые, полужестkokрылые / М.Д. Зерова, В.А. Мамонтова, В.М. Ермоленко, Л.А. Дьякончук, С.Ю. Синев, М.В. Козлов / Отв. ред. Е.Н. Савченко. – Киев: Наукова думка, 1991. – 344 с.



6. Коломоец Т.П. Насекомые-галлообразователи культурных и дикорастущих растений европейской части СССР. Двукрылые / Т.П. Коломоец, Б.М. Мамаев, М.Д. Зерова, Э.П. Нарчук, В.М. Ермоленко, Л.А. Дьякончук / Отв. ред. Е.Н. Савченко. – Киев: Наукова думка, 1989. – 160 с.

BELGOROD LATENT INHABITED WOOD VEGETATION ARTHROPODA PHYLLOPHAGES

V.V. Struchaev

Belgorod State National Research University

Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: vivastru@mail.ru

Belgorod wood vegetation arthropoda phyllophages are studied. The discovered species list is given. The town parts comparative characteristic with defined number of species is produced. Three Invasive species are revealed: *Phyllonorycter robiniella* Clemens, *Cameraria ohridella* Deschka & Dimic, *Phyllonorycter issikii* Kumata.

Key words: phyllophages, Arthropoda, Belgorod, invasions, miners, gall-midges.

АНАЛИЗ ИЗМЕНЧИВОСТИ МОДЕЛЬНЫХ ВИДОВ НАЗЕМНЫХ МОЛЛЮСКОВ В ПОПУЛЯЦИЯХ УРАЛА И ЮГА СРЕДНЕРУССКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

З.А. Снегин¹

М.Е. Гребенников²

¹Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет

Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы 85

E-mail: snegin@bsu.edu.ru

²Институт экологии рас-
тений и животных УрО РАН

Россия, 620144,
Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202

E-mail: gme@ira.uuran.ru

На основе анализа морфологической и генетической изменчивости, выявляемой методом гель-электрофореза белков и методом RAPD-ПЦР, изучено состояние генофондов четырех популяций *Bradybaena fruticum* Müll. (кустарниковая улитка) и пяти популяций *Chondrula tridens* Müll. (улитка трехзубая), обитающих в условиях юга Среднерусской возвышенности и Урала. Оценивается уровень фенотипического и генотипического разнообразия, рассматриваются генетико-автоматические процессы в популяциях и определяются векторы естественного отбора. Проводится расчет эффективной численности исследуемых групп.

Ключевые слова: наземные моллюски, популяционные генофонды, Среднерусская возвышенность, Уральский регион.

Введение

Изучение особенностей популяционной структуры видов – индикаторов изменений в биоценозах под действием различных факторов, включая антропогенные, является важной составляющей экологического мониторинга различных территорий. К таким видам, в частности, относят наземных моллюсков *Bradybaena fruticum* Müll. и *Chondrula tridens* Müll. Анализу внутрипопуляционной изменчивости этих видов посвящен ряд работ [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]. В ходе этих исследований показано, что данные виды чутко реагируют на сукцессионные процессы морфологией своей раковины, а также соотношением частот полиморфных признаков (конхиологических и биохимических). Индикационная способность этих видов усиливается относительной малоподвижностью особей и в тоже время многочисленностью популяций и широким распространением на территории Европы. Видится, что исследование популяций данных моллюсков, обитающих в различных ландшафтах, позволит получить более ясную картину состояния среды, и, кроме того, пополнит ряд данных о микроэволюционных процессах протекающих в настоящее время.

Цель работы. Сопоставление внутрипопуляционной изменчивости *Br. fruticum* и *Ch. tridens*, обитающих на территории Среднерусской возвышенности и Урала.

Материал и методика

Материалом для исследования послужили коллекционные сборы раковин *Br. fruticum* и *Ch. tridens* с различных территорий (табл. 1), а также образцы тканей особей изучаемых видов, хранящиеся в криобанке, созданном при зоологическом музее БелГУ. Выборки из популяций были сделаны во время экспедиций с 2004 по 2009 годы. Моллюски собирались вручную с поверхности почвы, со стеблей и листьев растений, иногда в подстилке.

Для морфометрического анализа использовались раковины взрослых особей, закончивших рост, о чем свидетельствовал отворот устья. Схема промеров раковин представлена на рис. 1. Все параметры измерялись в миллиметрах с точностью до десятых долей (*Br. fruticum* – штангенциркулем, *Ch. tridens* – окуляр-микрометром). Нами были выбраны наиболее часто используемые в малакологии промеры раковины. Кроме того, рассчитывалось отношение ширины раковины к ее высоте ($ШР/ВР$), а также вычислялся индекс отношения высоты завитка к высоте раковины ($ВЗ/ВР$). До-

полнительно у *Ch. tridens* определяли степень развития приустьевой арматуры (индекс зазубренности) по формуле $\text{Index} = (ВУ + ШУ)/(a + b + c)$.

Таблица 1

Описание пунктов сбора

Вид	Пункт	Описание биотопа	Координаты
<i>Br. fruticum</i>	1	Заповедный участок «Стенки-Изгорья» (Белгородская область) - заболоченный биотоп, заросли ольхи, в травяном ярусе лопух и крапива	50°41'23.25" с. ш., 37°49'12.22" в. д.
	2	Памятник природы «Борки» (Белгородская область) - пойма р. Козинка, ивовняк, заросли лопуха, крапивы и хмеля.	50°08'16.39" с. ш., 37°53'02.28" в. д.
	3	Пойма р. Айдар, окрестности пос. Ровеньки (Белгородская область). Умеренно увлажненный открытый участок. Заросли лопуха, борщевика с примесью крапивы.	49°54'33.31" с. ш., 38°52'55.29" в. д.
	4	Природный парк «Оленьи ручьи» (Свердловская область, Нижнесергинский район) - сосново-еловый лес с березой и лиственницей, поляна заросли таволги, малины.	56°31'01.00" с. ш., 59°14'49.00" в. д.
<i>Ch. tridens</i>	5	Заповедный участок «Стенки-Изгорья» (Белгородская область) - меловой склон со степной и реликтовой кальцефильной растительностью.	50°40'44.80" с. ш., 37°48'29.48" в. д.
	6	Памятник природы «Борки» (Белгородская область) - меловой склон правого берега р. Козинка.	50°08'12.03" с. ш., 37°53'09.01" в. д.
	7	Памятник природы «Бекарюковский бор» (Белгородская область) - пойменные участки в долине р. Нежеголь	50°26'15.38" с. ш., 37°04'23.98" в. д.
	8	Участок «Калужный яр» природного парка «Ровеньский» (Белгородская область) - меловая балка, выходящая в пойму реки Айдар	49°57'02.88" с. ш., 38°53'49.32" в. д.
	9	Правый берег Михайловского пруда (р. Серга), Свердловская область, Нижнесергинский район, с. Аракаево - подножье склона и крутой склон, заросший травой. На склоне несколько скальных выходов известняка, у подножья которых есть скальные осыпи.	56°26'45.00" с.ш. 59°12'56.00" в.д.

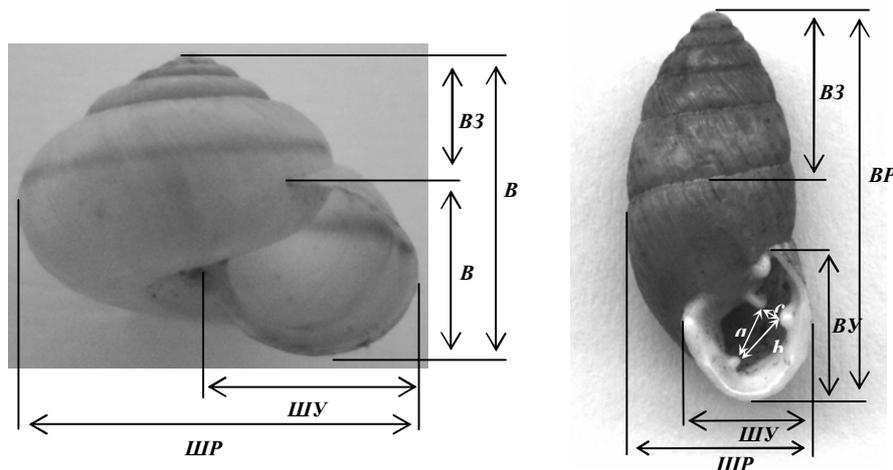


Рис. 1. Слева – раковина *Br. fruticum*, справа – раковина *Ch. tridens* (промеры: *BP* – высота раковины, *ШР* – ширина раковины, *B3* – высота завитка, *BU* – высота устья, *ШУ* – ширина устья; расстояние между вершинами зубов: *a* – колумеллярного и парietального; *b* – колумеллярного и палатального; *c* – парietального и палатального)

Экстракцию водорастворимых белков проводили из ноги моллюсков, путем замораживания при -80°C с последующим оттаиванием и механическим измельчением тefлоновым гомогенизатором в 0.05 М трис-*HCl*-буфере (pH 6,7). Электрофорез изоферментов проводился в 10% полиакриламидном геле в камере VE-3 («Helicon»). Гелевый трис-*HCl*-буфер (концентрирующий гель pH 6,7, разделяющий гель pH 8,9); электродный трис-глициновый-буфер (pH 8,3). Окрашивание блоков на выявление

неспецифических эстераз проводилось в субстратной смеси: трис-*HCl* (*pH* 7.4), α -нафтилацетат, прочный красный TR; для выявления супероксиддисмутаз – калий-фосфатный буфер (*pH* 7.8), НТС, ФМС.

В качестве генетических маркеров *Br. fruticum* нами использовались четыре локуса мономерных неспецифических эстераз [1, 5]. Для *Ch. tridens* использовались пять локусов неспецифических эстераз и четыре локуса супероксиддисмутаз [9]. Наследование всех локусов идет по кодоминантному типу.

Кроме того, в популяциях *Br. fruticum* учитывали частоту встречаемости особей, имеющих продольную коричневую полосу на раковине (П+ - гомозиготный фенотип по рецессивному аллелю наличия полосы, [2]), а так же особей, обладающих желтым цветом раковины (Ц₃ - гомозиготный фенотип по аллелю желтой окраски [10])

Дополнительно популяции *Br. fruticum* и *Ch. tridens* были протестированы на основе ДНК-маркеров (RAPD-ПЦР). На первоначальном этапе был проведен скрининг по 17 случайным праймерам. Из них были выбраны два праймера, дающие наиболее хорошо выделяющиеся и воспроизводимые фингерпринты (рис. 2) – для *Br. fruticum* *OPF 8* (5'-GGGATATCGG-3'), для *Ch. tridens* *OPC 8* (5'-TGGACCGGTG-3'). RAPD-PCR выполняли в соответствии с правилами его постановки. Реакцию проводили в 20 мкл смеси, содержащей 20 нг геномной ДНК, 100 мМ трис-*HCl* (*pH* 8.3), 500 мМ *KCl*, 2 мМ *MgCl*, 0.25 dNTP, 0.5 мМ праймера, 0.5 единиц Taq ДНК полимеразы. Реакция проходила в следующих условиях: «горячий старт» – 2 мин/94°C, 35 циклов (денатурация – 45 с/94°C, отжиг праймера – 15 с/30°C, 15 с/45°C, синтез – 1 мин/72°C), дополнительный синтез – 10 мин/72°C, охлаждение до 4°C. Продукт ПЦР разделяли с помощью электрофореза в 2% агарозном геле с использованием TAE буфера. Блоки окрашивали бромистым этидием.

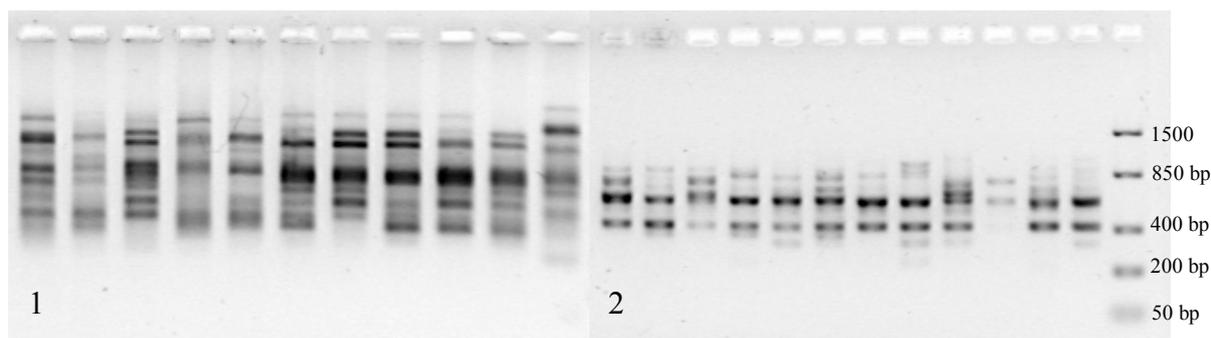


Рис. 2. RAPD-PCR спектры ДНК: 1 – *Ch. tridens*, праймер *OPC 8*; 2 – *Br. fruticum*, праймер *OPF 8*

По картинам электрофореза составляли бинарные матрицы, где присутствие полосы обозначалось как «1», отсутствие «0». Для праймера *OPF 8* было выделено 14 ампликонов, для праймера *OPC 8* – 10 ампликонов. Ввиду того, что при методе RAPD могут появляться неспецифические продукты амплификации, для анализа мы использовали четко просматриваемые и воспроизводимые ампликоны.

Обработка полученных данных проводилась с использованием программы GenAlEx [11] и TFGPA [12].

Полученные результаты и обсуждение

Значения промеров раковин и вычисляемых индексов приведены в таблицах 2, 3. Согласно полученным результатам среди популяций *Br. fruticum* наименьшие показатели отмечены в уральской группе (пункт 4). Среди популяций юга Среднерусской возвышенности подомные мелкие улитки отмечены в лесном биотопе заповедного участка «Стенки-Изгорья» (пункт 1). Наиболее крупные особи отмечены в группе, обитающей в степном биоме (пункт 3)¹.

В отношении популяций *Ch. tridens* получен обратный результат. Уральская группа (пункт 9) по морфометрическим признакам имеет наибольшее сходство с

¹ К степной зоне так же относится пункт 8. Пункты 1, 2, 5, 6, 7 относятся к лесостепной зоне, пункты 4, 9 – к лесной зоне.



группой «Стенки-Изгорья» (пункт 5). Обе эти группы, судя по размерам, относятся к варианту “*galiciensis*” [13, 14] и достоверно превосходят остальные группы из юга Среднерусской возвышенности, подходящих по вариант “*albolimbata*”. Что касается степени развития устьевого арматуры, то в уральской популяции отмечены наименьшие значения «индекса зазубленности» (*Index*). Известно, что усиление устьевого арматуры у данного вида является адаптацией к засушливому климату [15], и уменьшение этого индекса у особей уральской группы, вероятно, свидетельствует о том, что развитие улиток здесь протекает в более влажных условиях.

Таблица 2

Значения промеров раковин и вычисляемых индексов *Br. fruticum* (мм)

Пункт	<i>N</i>	<i>ЧО</i>	<i>ВР</i>	<i>ШР</i>	<i>ВУ</i>	<i>ШУ</i>	<i>ВЗ</i>	<i>ВР/ШР</i>	<i>ВЗ/ВР</i>
1	30	5.1±0.1	12.8±0.3	15.8±0.4	8.5±0.2	8.3±0.2	4.6±0.3	0.813±0.016	0.356±0.018
2	30	5.2±0.1	15.0±0.5	17.1±0.6	9.4±0.2	8.7±0.3	5.6±0.4	0.871±0.013	0.378±0.019
3	30	5.4±0.04	16.9±0.5	19.9±0.5	11.0±0.3	10.7±0.2	6.6±0.3	0.848±0.017	0.389±0.013
4	18	5.02±0.04	12.4±0.4	15.3±0.4	8.4±0.3	8.4±0.2	4.2±0.2	0.808±0.016	0.339±0.017

Примечание: *N* - количество промеренных особей; *ЧО* – число оборотов, абсолютные значения признаков указаны в миллиметрах $M \pm \Delta$

Таблица 3

Значения промеров раковин и вычисляемых индексов *Ch. tridens* (мм)

Пункт	<i>N</i>	<i>ЧО</i>	<i>ВР</i>	<i>ШР</i>	<i>ВУ</i>	<i>ШУ</i>	<i>ВЗ</i>	<i>ШР/ВР</i>	<i>ВЗ/ВР</i>	<i>Index</i>
5	150	6.7±0.5	12.6±0.1	5.3±0.1	4.8±0.1	3.9±0.05	5.3±0.1	0.432±0.007	0.418±0.004	2.36±0.05
6	21	6.2±0.4	9.6±0.3	4.3±0.1	4.8±0.1	3.9±0.1	4.0±0.1	0.450±0.011	0.390±0.01	2.34±0.2
7	79	6.0±0.03	9.3±0.1	4.3±0.04	3.6±0.1	3.0±0.03	3.7±0.1	0.456±0.006	0.397±0.007	2.31±0.05
8	39	6.1±0.3	9.7±0.2	4.6±0.1	4.0±0.1	3.2±0.1	3.8±0.2	0.462±0.013	0.380±0.02	2.24±0.08
9	60	7.1±0.1	12.8±0.2	5.8±0.1	4.7±0.1	4.0±0.04	5.6±0.1	0.455±0.006	0.434±0.005	2.19±0.04

Примечание: обозначения как в таблице 2

Оценка частоты встречаемости различных вариантов окраски раковины у *Br. fruticum* (табл. 4) показала следующее. Доля «полосатых» форм в уральской группе соответствует таковой, отмеченной для затененных лесных биотопов юга Среднерусской возвышенности (пункт 1, 2). Что касается варианта C_3 (желтая окраска раковины), то в уральской популяции зафиксированы достоверно высокие значения частоты этого фенотипа. Стоит отметить, что подобное увеличение доли «желтых» улиток отмечено нами ранее в популяциях *Br. fruticum*, обитающих на антропогенно-измененных территориях, где наблюдается повышенный радиоактивный фон [9].

Таблица 4

Частоты встречаемости вариантов окраски раковины у *Br. fruticum*

Пункт	<i>N</i>	$P+$	C_3
1	76	0.197	0.131
2	58	0.258	0.155
3	37	0.054	0.405
4	89	0.247	0.932

Частоты аллелей и показатели генетической изменчивости по изоферментным маркерам приведены в таблицах 5, 6, 7. Результаты сопоставления показывают, что в уральской популяции *Br. fruticum* наблюдается достоверное повышение частоты встречаемости аллеля *Est2-3*, что подтверждает данные, полученные ранее для других популяций этих улиток их уральского региона [10]. Кроме того, группа из пункта 4 пре-

восходит по уровню генетической гетерогенности популяции Среднерусской возвышенности.

Несколько иной результат получен при сопоставлении популяций *Ch. tridens*. Данные показывают, что уральская группа (пункт 9) не отличается особой оригинальностью по соотношению частот от популяций Среднерусской возвышенности, а по уровню генетической гетерогенности имеет наименьшие показатели.

Таблица 5
Частоты аллелей изоферментных маркеров в изучаемых популяциях *Br. fruticum*

Пункт	Аллель	<i>Est2</i>	<i>Est3</i>	<i>Est4</i>	<i>Est5</i>
1	1	0.287	0.053	0.327	0.013
	2	0.680	0.947	0.667	0.987
	3	0.033	0.000	0.000	0.000
	4	-	-	0.007	0.000
2	1	0.319	0.009	0.103	0.000
	2	0.534	0.802	0.897	1.000
	3	0.147	0.190	0.000	0.000
	4	-	-	0.000	0.000
3	1	0.000	0.189	0.365	0.000
	2	0.797	0.811	0.635	1.000
	3	0.203	0.000	0.000	0.000
	4	-	-	0.000	0.000
4	1	0.399	0.227	0.167	0.035
	2	0.197	0.773	0.833	0.965
	3	0.404	0.000	0.000	0.000
	4	-	-	0.000	0.000

Примечание: прочерк означает отсутствие в природе данных аллелей указанных локусов

Эти данные подтверждаются результатами кластерного анализа на основе генетических расстояний [16] невзвешенным парно-групповым методом (UPGMA, рис. 2, 3). Согласно полученной картине популяция *Br. fruticum* из пункта 4 значительно дистанцировалась от остальных изученных групп, а популяция *Ch. tridens* из пункта 9 вошла в единый кластер с популяциями Среднерусской возвышенности.

Таблица 6
Частоты аллелей изоферментных маркеров в изучаемых популяциях *Ch. tridens*

Пункт	Аллель	<i>Est1</i>	<i>Est5</i>	<i>Est8</i>	<i>Est9</i>	<i>Est10</i>	<i>Sod1</i>	<i>Sod2</i>	<i>Sod3</i>	<i>Sod4</i>
5	1	0.054	0.020	0.189	0.047	0.162	0.000	0.000	0.000	0.736
	2	0.946	0.020	0.723	0.953	0.595	1.000	1.000	1.000	0.216
	3	-	0.155	0.088	0.000	0.243	-	0.000	0.000	0.047
	4	-	0.486	-	-	0.000	-	-	-	-
	5	-	0.318	-	-	0.000	-	-	-	-
6	1	0.000	0.143	0.476	0.000	0.071	0.000	0.024	0.000	0.024
	2	1.000	0.000	0.524	0.976	0.143	1.000	0.976	1.000	0.810
	3	-	0.071	0.000	0.024	0.500	-	0.000	0.000	0.167
	4	-	0.452	-	-	0.143	-	-	-	-
	5	-	0.333	-	-	0.143	-	-	-	-
7	1	0.022	0.007	0.000	0.416	0.248	0.000	0.000	0.000	0.296
	2	0.978	0.011	0.985	0.522	0.449	1.000	0.985	1.000	0.504
	3	-	0.077	0.015	0.062	0.270	-	0.015	0.000	0.201
	4	-	0.832	-	-	0.026	-	-	-	-
	5	-	0.073	-	-	0.007	-	-	-	-
8	1	0.000	0.060	0.000	0.798	0.250	0.214	0.024	0.000	0.631
	2	1.000	0.000	1.000	0.190	0.155	0.786	0.976	1.000	0.167
	3	-	0.060	0.000	0.012	0.452	-	0.000	0.000	0.202
	4	-	0.155	-	-	0.071	-	-	-	-
	5	-	0.726	-	-	0.071	-	-	-	-
9	1	0.021	0.000	0.042	0.042	0.271	0.000	0.000	0.000	0.000
	2	0.979	0.000	0.958	0.958	0.563	1.000	1.000	1.000	1.000
	3	-	0.000	0.000	0.000	0.167	-	0.000	0.000	0.000
	4	-	1.000	-	-	0.000	-	-	-	-
	5	-	0.000	-	-	0.000	-	-	-	-



Таблица 7

Показатели генетической изменчивости и значения эффективной численности в сравниваемых популяциях *Br. fruticum* и *Ch. tridens*, вычисленные по изоферментным маркерам

Вид	Пункт	N	$P\%$	A_e	μ	h_μ	H_o	H_e	F	I	N_e	N_e/N
<i>Br. fruticum</i>	1	75	100	1.45	1.81	0.470	0.266	0.259	0.021	0.424	73.5	0.980
	2	58	75	1.53	1.86	0.431	0.233	0.274	0.335	0.462	39.7	0.748
	3	37	75	1.45	1.64	0.522	0.203	0.273	0.416	0.411	26.2	0.708
	4	99	100	1.69	1.97	0.447	0.280	0.334	0.116	0.548	88.7	0.896
<i>Ch. tridens</i>	5	74	66.67	1.52	1.92	0.425	0.152	0.248	0.389	0.442	53.3	0.720
	6	21	66.67	1.63	1.96	0.437	0.206	0.250	0.175	0.448	17.9	0.851
	7	137	77.78	1.60	1.97	0.406	0.165	0.248	0.335	0.442	102.6	0.749
	8	42	66.67	1.59	2.04	0.389	0.148	0.265	0.441	0.480	29.2	0.694
	9	24	44.44	1.18	1.32	0.577	0.074	0.087	0.767	0.158	13.6	0.567

Примечание: P – процент полиморфных локусов; A_e – среднее эффективное число аллелей на локус; μ – среднее число фенотипов; h_μ – доля редких форм; I – индекс Шеннона; N_e – эффективная численность (показатели μ и h_μ оценены по Животовскому, [17], стр. 113)

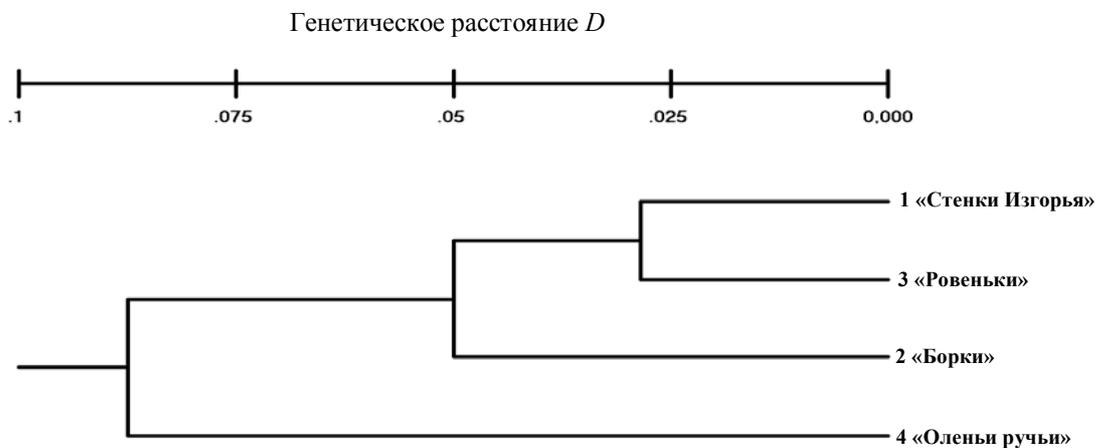


Рис. 2. Дендрограмма генетических расстояний по Неи [16] (UPGMA) между популяциями *Br. fruticum*

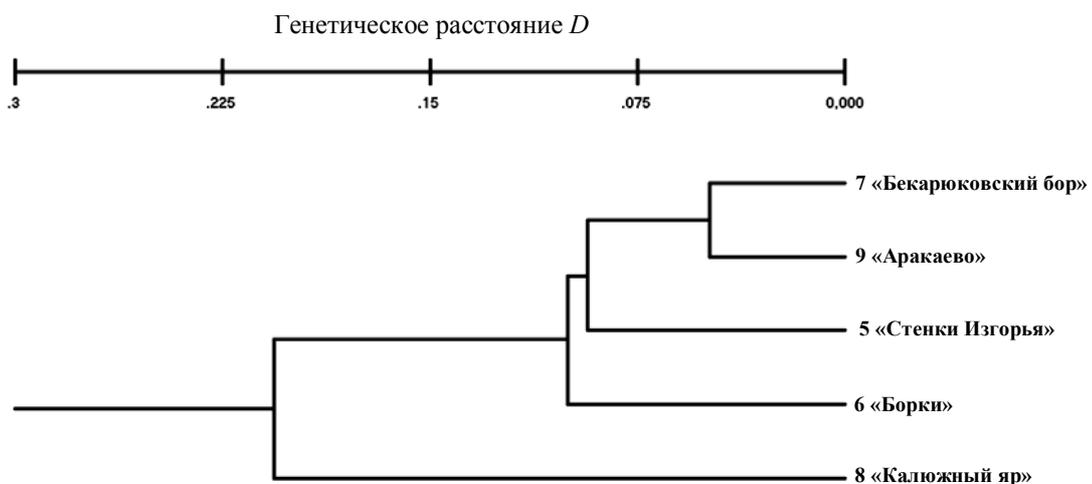


Рис. 3. Дендрограмма генетических расстояний по Неи [16] (UPGMA) между популяциями *Ch. tridens*

Изучение RAPD-ПЦР спектров в основном подтверждает выводы, полученные на основе изучения ферментных спектров (табл. 8, 9). Но, по уровню полиморфизма ДНК уральская группа *Br. fruticum* уступает популяциям Среднерусской возвышенности, а уральская популяция *Ch. tridens*, наоборот отличается наибольшей полиморфностью.

Объяснить подобное несоответствие можно следующим. Дело, вероятно, в том, что изоферментные спектры являются маркерами кодирующей части генома, которая подвержена действию естественного отбора. И распределение частот в этом случае во многом определяется характером биотопических факторов. Что касается RAPD-ПЦР спектров, то они затрагивают некодирующие участки ДНК, соотношение частот которых определяется генетико-атоматическими процессами.

Таблица 8

Показатели генетической изменчивости сравниваемых популяций *Br. fruticum* и *Ch. tridens*, вычисленные по RAPD-ПЦР спектрам

Вид	Пункт	<i>N</i>	<i>P</i> %	<i>p</i>	<i>q</i>	<i>Ae</i>	<i>He</i>	<i>I</i>
<i>Br. fruticum</i>	1	24	71.4	0.341	0.659	1.50	0.271	0.392
	2	29	78.6	0.311	0.689	1.35	0.211	0.264
	3	43	92.9	0.301	0.699	1.43	0.252	0.262
	4	84	64.3	0.259	0.741	1.18	0.127	0.213
<i>Ch. tridens</i>	5	18	80.0	0.325	0.675	1.61	0.338	0.496
	6	20	90.0	0.215	0.785	1.47	0.290	0.444
	7	74	100.0	0.354	0.646	1.80	0.438	0.629
	8	41	100.0	0.394	0.606	1.39	0.245	0.384
	9	22	90.0	0.314	0.686	1.64	0.364	0.531

Примечание: *p* – средняя частота присутствия аллели, *q* – средняя частота отсутствия аллели; все остальные показатели как в таблице 7.

Таблица 9

Генетическое расстояние Нея (*Nei*, 1972) между изучаемыми популяциями, вычисленное по RAPD-ПЦР спектрам

<i>Br. fruticum</i>					<i>Ch. tridens</i>					
Пункты	1	2	3	4	Пункты	5	6	7	8	9
1	0.000				5	0.000				
2	0.120	0.000			6	0.080	0.000			
3	0.061	0.140	0.000		7	0.161	0.172	0.000		
4	0.155	0.145	0.109	0.000	8	0.376	0.343	0.154	0.000	
					9	0.175	0.110	0.108	0.150	0.000

Таким образом, результаты анализа генофондов и факт географической удаленности с одной стороны демонстрируют, что изучаемые группы улиток Урала и Среднерусской возвышенности длительное время эволюционировали самостоятельно. Тем не менее, несмотря на оригинальность, эти группы сохранили видоспецифичный характер строения раковины, расположение локусов изоферментов и фрагментов ДНК.

В заключении нами была рассчитана эффективная численность исследуемых групп улиток. Она рассчитывалась по формуле, учитывающей уровень инбридинга в популяции [18]:

$$Ne = \frac{N}{1 + F}$$

Результаты расчетов приведены в табл. 7. Ввиду того, что определение общей численности особей в исследуемых популяциях связано с определенными трудностями, для получения сопоставимых данных мы вычислили отношение эффективного размера выборки к ее общему объему. В дальнейшем полученные индексы можно будет использовать для вычисления *Ne* в больших популяциях, когда их общая численность будет определена. Согласно полученным данным соотношение *Ne/N* для большинства популяций *Br. fruticum* и *Ch. tridens* укладывается в общий диапазон доли



Ne, предложенный Кроу, Мортонем и Кимурой [19, 20]. Авторы определили, что для большинства организмов доля *Ne* составляет в среднем 0,75, а для многих популяций человека лежит в диапазоне 0,69-0,95. Вместе с тем, обращает внимание высокий уровень инбридинга в уральской популяции *Ch. tridens*, где доля *Ne* приближается к минимальному значению для предложенной формулы (0,5).

Работа выполнена при финансовой поддержке программы РНПВШ № 2.2.3.1/ 9731, РФФИ № 09-04-97513 р_центр_а., Министерства образования и науки РФ ГК П 1050.

Список литературы

1. Матеев П. В., Макеева В. М. Полиморфная система эстераз и пространственная структура вида у кустарниковой улитки (*Bradybaena fruticum* Mull.) // Журн. общ. биол. – 1977. – Т. 38. – № 6. – С. 908-913.
2. Хохуткин И.М. О наследовании признака «опоясанности» в естественных популяциях наземного брюхоногого моллюска *Bradybaena fruticum* (Mull.) // Генетика. – 1979. – Т. 15. – № 5. – С. 868-871.
3. Хохуткин И.М. Структура изменчивости видов на примере наземных моллюсков. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 175 с.
4. Зейферт Д.В. Действие естественного отбора на генетическую структуру популяций наземного моллюска *Bradybaena fruticum* (Mull.) // Журн. общ. биол. – 1987. – Т. 48. – № 4. – С. 549-554.
5. Макеева В.М., Белоконов М.М., Малюченко О.П. Оценка состояния генофонда природных популяций беспозвоночных животных в условиях фрагментарного ландшафта Москвы и Подмосковья (на примере кустарниковой улитки *Bradybaena fruticum* (Müll) // Генетика. – 2005. – № 11. – С.1495-1510.
6. Снегин Э.А. Оценка состояния популяционных генофондов наземных моллюсков в условиях влияния горно-обогатительных комбинатов на примере *Bradybaena fruticum* Müll (Gastropoda, Pulmonata) // Экологическая генетика. – 2010. – Т. VIII. – № 2. – С. 45-55.
7. Гребенников М.Е. Реликтовые популяции *Chondrula tridens* (Müll, 1974) на Среднем Урале // Актуальные проблемы биологии и экологии. – Сыктывкар, 1999. – С. 49.
8. Крамаренко С. С., Сверлова Н. В. Міжпопуляційна мінливість конхологічних ознак наземного моллюска *Chondrula tridens* (Buliminidae) Північно-західного Причорномор'я // Наук. зап. Держ. природознавч. музею. – Львів: 2006. – Т. 22. – С.105-118.
9. Снегин Э.А. К вопросу о роли принципа основателя в формировании генофондов адвентивных колоний на примере *Chondrula tridens* (Gastropoda, Pulmonata) // Зоол. журн. – 2011. – Т. 90. – № 6. – С. 643 – 648.
10. Снегин Э. А. Структура расселенности *Bradybaena fruticum* (Mollusca, Gastropoda, Pulmonata) в условиях юга лесостепной зоны Русской равнины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – 22 с.
11. Peakall R., Smouse P.E., GenAEx V5: Genetic Analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. Australian National University, Canberra, Australia. – 2001. <http://www.anu.edu.au/BoZo/GenAEx/>.
12. Miller M.P. Tools for population genetic analyses (TFPGA) 1.3. A Windows program for the analysis of allozyme and molecular population genetic data. Department of Biological Sciences Northern Arizona University, Flagstaff, USA. – 1997. <http://www.markgeneticssoftware.net>.
13. Clessin S. Aus meiner Novtäten-Mappe // Malakozoologische Blätter. – 1879. – Bd. 1. – S. 3-16.
14. Clessin S. Die Molluskenfauna Oesterreich-Ungarns und der Schweiz. – Nürnberg: 1887. – 358 s.
15. Матеев П. В. Фауна наземных моллюсков Нижнего Поволжья и ее значение для представления об истории современных лесов района // Зоол. журн. – 1950. – Т. 29, Вып. 3. – С. 193-205.
16. Nei M. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals // Genetics. – 1978. – Vol. 89. – P. 583-590.
17. Животовский Л.А. Популяционная биометрия. – М.: Наука, 1991. – 271 с.
18. Ли Ч. Введение в популяционную генетику. – М.: Мир, 1978. – 560 с.
19. Crow J. F., Morton N. E. Measurement of gene frequency drift in small population // Evolution. – 1955. – Vol. 9. – P. 202-214.
20. Crow J. F., Kimura M., An introduction to population genetics theory. – N.Y.: Harpers and Row, 1970. – 591 p.

ANALYSIS OF THE VARIABILITY OF MODEL SPECIES OF TERRESTRIAL MOLLUSCS IN THE POPULATIONS OF URAL AND SOUTH OF MID-RUSSIA UPLAND

E.A. Snegin¹

M.E. Grebennikov²

*¹Belgorod State National
Research
University*

*Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

E-mail: snegin@bsu.edu.ru

*²Institute of Plant and Animal
Ecology UrB RAS*

*8 Marta St., 202, Ekaterinburg,
620144, Russia*

E-mail: gme@ipae.uran.ru

Based on the analysis of morphological and genetic variability detectable by gel electrophoresis of proteins and RAPD-PCR method, we studied the state of the gene pool of the four populations *Bradybaena fruticum* Müll. (bush snail) and five populations *Chondrula tridens* Müll. (threedens snail) living in the south of Mid-Russia Upland and the Urals. The level of phenotypic and genotypic diversity has been estimated, genetic and automatic processes in populations have been considered and vectors of natural selection have been identified. The calculation of the effective number of the groups has been performed.

Key words: land snails, population gene pool, Mid-Russia Upland, the Ural region.

ГНЕЗДОВЫЕ АДАПТАЦИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ПТИЦ В УСЛОВИЯХ БОБРОВСКОГО ПРИБИТЮЖЬЯ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

А.Ю. Соколов

Заповедник «Белогорье»

Россия, 309342, Белгородская обл., пос. Борисовка, пер. Монастырский, 3

E-mail: falcon209@mail.ru

Приводится анализ гнездовых адаптаций у птиц в условиях Воронежской области. Некоторые из этих адаптаций на данной территории проявились в последние 20 лет. В большей степени они характерны для синантропных видов и видов, населяющих антропогенно трансформированные ландшафты.

Ключевые слова: гнездовая адаптация, виды птиц, трансформированные биотопы, условия гнездования.

Введение

По мере нарушения вследствие антропогенной трансформации естественных ландшафтов и появления при этом новых искусственных элементов, таких, например, как искусственные водоемы, лесополосы и другие насаждения, карьеры и т.п., у отдельных видов птиц возникают гнездовые адаптации как форма приспособления к новым условиям. Кроме того птицы параллельно с синантропизацией все активнее используют для гнездования различные постройки человека, а также всевозможные технические сооружения. Некоторые из таких адаптаций в условиях Бобровского Прибитюжья проявились в последние два десятилетия.

Материал и методы исследований

Данные собирались при непосредственном периодическом обследовании основных типов естественных и антропогенно трансформированных биотопов на территории центральной части Воронежской области (Бобровский, частично Таловский и Аннинский районы) в ходе пеших экскурсий в период с 1989 по 2010 гг. Ежегодная протяженность таких экскурсий составляла от 150 до 300 км. Основная часть исследований проводилась непосредственно в гнездовой период.

Результаты исследований и их обсуждение

В ходе своих исследований в середине XIX века Н.А. Северцов [1] отметил на гнездовании в населенных пунктах на территории Прибитюжья 11 видов птиц. Пять из них – ушастая сова (*Asio otus*), серая ворона (*Corvus cornix*), серая славка (*Sylvia communis*), славка-завирушка (*Sylvia curruca*) и полевой воробей (*Passer montanus*) гнездились исключительно в садах. Постройки человека для гнездования использовались лишь шестью видами (см. табл. 1).

Таблица 1

Видовой состав птиц, гнездящихся в постройках человека по данным исследований разных периодов

Название вида	Экологическая группировка	Северцов, 1950	Огнев, Воробьев, 1923	Барабаш-Никифоров, Семага, 1963	Современные данные
1	2	3	4	5	6
Сизый голубь – <i>Columba livia</i>	С	+	+	+	+
Домовый сыч – <i>Athene noctua</i>	С	+	+	+	+
Серая неясыть – <i>Strix aluco</i>	Д				+
Черный стриж – <i>Apus apus</i>	С		+	+	+

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Удод – <i>Upupa epops</i>	С			+	+
Деревенская ласточка – <i>Hirundo rustica</i>	С	+	+	+	+
Воронок – <i>Delichon urbica</i>	С	+	+	+	+
Белая трясогузка – <i>Motacilla alba</i>	Л			+	+
Галка – <i>Corvus monedula</i>	С	+	+	+	+
Серая мухоловка – <i>Muscicapa striata</i>	Д			+	+
Об. горихвостка – <i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Д			+	+
Горихвостка-чернушка – <i>Phoenicurus ochruros</i>	С				+
Большая синица – <i>Parus major</i>	Д			+	+
Домовый воробей – <i>Passer domesticus</i>	С	+	+	+	+
Полевой воробей – <i>Passer montanus</i>	С		+	+	+
Всего		6	8	13	15

Условные обозначения: Д – дендрофилы, Л – лимнофилы, С – склерофилы.

Позже к ним добавились черный стриж, удод, белая трясогузка, серая мухоловка, обыкновенная горихвостка, большая синица, полевой воробей [2, 3]. Как видно из приведенных данных, две трети видов, гнездящихся в постройках человека, относятся к экологической группировке склерофилов. В природных условиях для гнездования им необходимы обнажения преимущественно твердых горных пород с наличием расщелин, ниш, карнизов и т.д. В последние годы этот список на территории Воронежской области пополнился еще двумя видами – серой неясытью и горихвосткой-чернушкой.

Последняя в Бобровском Прибитюжье, где она является почти исключительно синантропным видом, впервые отмечена в 1990 г. На 1992 г. численность гнездящихся птиц в квадрате ES3 по УТМ (50×50 км), включающем г. Бобров и большую часть Бобровского административного района немногим превышала 10 пар [4]. Первоначально птицы гнездились исключительно на высотных бетонно-кирпичных постройках. С середины 1990-х годов численность этого вида начала расти [5]. В настоящее время плотность гнездящихся особей на территории г. Боброва доходит до 5-6 пар/км² [6]. Известные случаи гнездования в естественных биотопах Воронежской области единичны [7].

Гнездование серой неясыти – типичного дуплогнездника – в постройках человека для Воронежской области впервые отмечено в Каменной степи [8]. В Бобровском Прибитюжье известно гнездование одной пары в течение ряда лет на водонапорной башне на территории с. Хреновое, у опушки Хреновского бора [9]. Подобные случаи известны и для других регионов [10, 11, 12].

Некоторые виды птиц начали охотно использовать для гнездования опоры линий электропередачи. Наиболее показательным примером в этом отношении являются врановые (*Corvidae*). Одним из первых к гнездованию на опорах высоковольтных ЛЭП перешел ворон (*Corvus corax*). Возможно, данное обстоятельство способствовало заметному росту его численности на юге лесостепной зоны. На территории района исследований отмечены также случаи гнездования на опорах ЛЭП серой вороны и грача (*Corvus frugilegus*). Два последних вида при этом используют для постройки гнезд исключительно металлические решетчатые конструкции; их же в подавляющем большинстве использует и ворон.



В полых бетонных опорах высоковольтных ЛЭП устраивают гнезда галки, образуя иногда небольшие полуколонияльные поселения. В последние годы в некоторых регионах отмечены аналогичные гнездовые адаптации у таких видов, как сизоворонка (*Coracias garrulus*) и клинтух (*Columba oenas*) [13, 14, 15]. Немаловажным является то факт, что оба вида в обозримом прошлом в большинстве регионов лесостепной зоны перешли в категорию редких, отчасти, возможно, из-за недостатка гнездопригодных биотопов [16, 17, 18 и др.]. В частности в отношении клинтуха как один из возможных негативно повлиявших факторов на территории Бобровского Прибитюжья рассматривалось сведение значительных площадей старовозрастных дубрав [19]. Встречи клинтухов в репродуктивный период (май-июнь) в агроценозах вдали от лесных массивов в Прибитюжье регистрируются с 2005 г. Все они приурочены к участкам с наличием высоковольтных линий электропередачи с бетонными опорами, что вполне может свидетельствовать о проявлении описанной адаптации и в условиях данного района.

Типичным дуплогнездником, гнездящимся в дуплах, выдолбленных различными видами дятлов (*Dendrocopos sp.*), а также нередко в искусственных гнездовых являлся обыкновенный поползень (*Sitta europaea*). В 2008 г. в окрестностях пос. Дугинка Бобровского района наблюдалось гнездование поползня в бетонной опоре железнодорожной ЛЭП. Птицы проникали во внутреннюю полость опоры через небольшое боковое отверстие, образовавшееся в верхней ее части, по всей видимости, вследствие частичного разрушения нестандартно тонкой стенки.

Как еще одну форму адаптаций можно рассматривать гнездование в нетипичных для вида биотопах. В различной степени такие проявления присущи многим видам. Наиболее интересны в этом отношении следующие примеры.

Характерными местообитаниями степного луня (*Circus macrourus*) на территории Центрального Черноземья до середины XX века являлись степные участки, балочные бурьянники и терновники, сельскохозяйственные поля [3]. Активная трансформация естественных открытых ландшафтов в середине-конце XX века привела к катастрофическому снижению численности степного луня в Черноземье. В конце XX века гнездование степного луня в Воронежской области достоверно не регистрировалось; единственный случай отмечен в 2004 г. [20, 21].

В 2007 г. отмечена сравнительно массовая инвазия степного луня на территории региона [22]. Во всех случаях пары гнездились (или пытались гнездиться) на заросших высокостебельной водно-болотной растительностью небольших водоемах, расположенных в открытых ландшафтах (подобно болотным луням (*Circus aeruginosus*)). Гнезда при этом располагались на заламах рогоза или кочках, окруженных водой (при глубине от 0,5 до 2 м). В частности на территории Бобровского района одна пара предприняла неудачную попытку гнездования на степном озере, и еще одна успешно вывела птенцов на одном из водоемов комплекса для искусственной биологической очистки сточных вод [23].

Обыкновенный канюк (*Buteo buteo*) в середине XIX века в центральной части Воронежской области встречался исключительно на пролете [1]. Позже он начал активно заселять территорию региона, встречаясь на гнездовании исключительно в лесных массивах [2, 3]. В конце 1980-х годов отмечены гнездящиеся пары канюков в широких старовозрастных лесополосах в Каменной степи [24]. В настоящее время канюк в Прибитюжье и соседних районах широко осваивает и довольно узкие средневозрастные полезащитные насаждения, гнездясь при этом иногда на сравнительно небольшой высоте на молодых деревьях [25].

В последние десятилетия рядом специалистов отмечено активное проникновение на территорию населенных пунктов различных размеров ушастой совы [26, 27, 28 и др.]. Не является исключением в этом плане и Бобровское Прибитюжье. На территории г. Боброва гнездование ушастых сов наблюдается с 1995 г. [9]. При дефиците гнездовых построек, основными поставщиками которых в данном случае являются сорока (*Pica pica*) и серая ворона, совы нередко по несколько лет размножаются в одних и тех же гнездах, что в целом не типично для птиц, обитающих в естественных биотопах.

Заключение

Как видно приведенных данных, полученных на примере Бобровского Прибитюжья, гнездовые адаптации в большей степени характерны для синантропных видов и видов, населяющих антропогенно трансформированные ландшафты. Очевидно, и в дальнейшем следует ожидать как проявления собственно новых адаптивных приспособлений, так и появления их у новых видов птиц.

Список литературы

1. Северцов Н.А. Периодические явления в жизни зверей, птиц и гад Воронежской губернии. – М.: АН СССР, 1950. – 308 с.
2. Огнев С.И., Воробьев К.А. Фауна наземных позвоночных Воронежской губернии. – М.: Новая деревня, 1923. – 225 с.
3. Барабаш-Никифоров И.И., Семаго Л.Л. Птицы юго-востока Черноземного центра. – Воронеж: ВГУ, 1963. – 210 с.
4. Hagemajjer W.J., Blair M.J. (ed.) The EBCC Atlas of European Breeding Birds. – T. and A.D. Poyser. – London, 1997. – 903 p.
5. Соколов А.Ю. Птицы Бобровского Прибитюжья // Труды Воронежского гос. заповедника. – Воронеж: ВГПУ, 2007. – Вып. 25. – С. 133-193.
6. Соколов А.Ю. К вопросу о синантропизации некоторых видов птиц в условиях центральной части Воронежской области // Орнитология в Северной Евразии. Мат-лы XIII междунар. орнитологической конф. Северной Евразии. – Оренбург: ОГПУ, 2010. – С. 290-291.
7. Венгеров П.Д., Нумеров А.Д., Сапельников С.Ф. Фауна и население птиц меловых обнажений Воронежской области // Труды Воронежского гос. заповедника. – Воронеж: ВГПУ, 2007. – Вып. 25. – С. 109-132.
8. Турчин В.Г. Население сов Каменной степи // Тезисы 6-ой межвузовской науч. конф. молодых учёных. – Липецк, 1992. – С. 193.
9. Соколов А.Ю., Химин А.Н. Совы Центральной части Воронежской области // Совы Северной Евразии. – М., 2009. – С. 287-289.
10. Мальчевский А.С., Пукинский Ю.Б. Птицы Ленинградской области и сопредельных территорий. – Л.: ЛГУ, 1983. – Т.1. – 480 с.
11. Никифоров М.Е., Яминский Б.В., Шкляров Л.П. Птицы Белоруссии. – Минск: Вышэйшая школа, 1989. – 479 с.
12. Завьялов Е.В., Якушев Н.Н., Табачишин В.Г., Мосолова Е.Ю. Вопросы экологической сегрегации серой и длиннохвостой неясытей на севере Нижнего Поволжья // Совы Северной Евразии. – М., 2009. – С. 122-125.
13. Гаврилюк М.Н. Гнездование клинтуха в бетонных столбах в Черкасской области // Беркут, 2009. – Т. 18, вып. 1-2. – С. 209-210.
14. Ветров В.В. Новые гнездящиеся птицы Луганской области и новые гнездовые адаптации // Птицы бассейна Северского Донца. Мат-лы 15 науч. конф. рабочей группы по птицам бассейна Северского Донца, посвящ. памяти И.А. Кривицкого. – Донецк: ДНУ, 2010. – Вып.15. – С. 74-76.
15. Белик В.П., Ветров В.В., Милобог Ю.В. Ренессанс клинтуха в Восточной Европе: демографический потенциал новой адаптации // Стрепет (Фауна, экология и охрана птиц Южной Палеарктики). – Ростов н/Д, 2010. – Т. 8, вып. 1. – С. 70-74.
16. Власов А.А., Миронов В.И. Редкие птицы Курской области. – Курск, 2008. – 126 с.
17. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные: офиц. издание. – Белгород, 2005. – 532 с.
18. Красная книга Липецкой области. Животные. – Воронеж: Истоки, 2006. – Т. 2. – 256 с.
19. Соколов А.Ю. О тенденциях изменения численности некоторых видов птиц в фауне Бобровского Прибитюжья // Стрепет (Фауна, экология и охрана птиц Южной Палеарктики). – Ростов н/Д, 2005. – Т. 3, вып. 1-2. – С. 51-56.
20. Венгеров П.Д. Современное состояние степного луня (*Circus macrourus*) в Воронежской области // Мат-лы раб. совещ. по проблемам ведения региональных Красных книг. – Липецк: ЛГПУ, 2004. – С. 103-106.
21. Венгеров П.Д. Птицы и малоиспользуемые сельскохозяйственные земли Воронежской области. – Воронеж: Кривичи, 2005. – 152 с.
22. Сапельников С.Ф., Венгеров П.Д., Нумеров А.Д., Соколов А.Ю. Степной лунь в Воронежской области в 2007 году // Изучение и охрана хищных птиц Северной Евразии. Материалы V междунар. конф. по хищным птицам Северной Евразии. – Иваново: ИвГУ, 2008. – С. 299-304.



23. Соколов А.Ю. Гнездование степного луня в Бобровском Прибитюжье Воронежской области // Мат-лы регионального совещ. «Проблемы ведения Красной книги». – Липецк: ЛГПУ, 2008. – С. 136-138.

24. Турчин В.Г. Видовой состав и распределение хищных птиц в Каменной Степи. Тез. конф. молодых ученых. Липецк, 1990. – С. 172.

25. Соколов А.Ю. О гнездовании обыкновенного канюка в лесополосах в условиях центральной части Воронежской области // Современные проблемы зоологии позвоночных и паразитологии. Материалы II междунар. науч. конф. «Чтения памяти проф. И.И. Барабаш-Никифорова». – Воронеж: ВГУ, 2010. – С. 234-235.

26. Воронецкий В.И. Синантропизация ушастой совы в Восточной Европе и факторы, определяющие этот процесс // Мат-лы III конф. по хищным птицам Восточной Европы и Северной Азии. – Ставрополь, 1999. – Ч.2. – С. 45-48.

27. Бригадирова О.В. Особенности экологии и динамики численности ушастой совы в городских парках Тульской области // Совы Северной Евразии. – М., 2009. – С. 46-49.

28. Нумеров А.Д., Мирошникова Ю.Ю. Гнездовая экология и спектр питания ушастой совы в Воронежской области // Совы Северной Евразии. – М., 2009. – С. 6-11.

NESTING ADAPTATIONS SOME BIRD SPECIES IN BITYUG RIVER VALLEY CONDITIONS (VORONEZH REGION)

A.Yu. Sokolov

«Belogorie» Reserve

*Monastyrsky Lane, 3, Borisovka
Set., Belgorod Region, 309342,
Russia*

E-mail: falcon209@mail.ru

An analysis of bird nesting adaptations in the Voronezh Region is presented. Some of adaptations in this territory showed in the last 20 years. They are more characteristic of synanthropic species and species inhabiting anthropogenically transformed landscapes.

Key words: nesting adaptations, bird species, transformed biotope, nesting conditions.

ДИНАМИКА ФАУНЫ И НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ НА ЗАЛЕЖАХ В ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОНАХ

С.И. Больных¹
П.Д. Венгеров²

¹ *Лебединский педагогический колледж
Россия, 399620, Липецкая область, г. Лебединь,
ул. Мира, д. 1*

*E-mail:
siva@lebedyan.lipetsk.ru*

² *Воронежский государственный природный биосферный заповедник*

*Россия, 394080, г. Воронеж, ст. Графская, Воронежский заповедник
E-mail: pvengerov@yandex.ru*

В статье приведены результаты изучения динамики фауны и населения птиц на сельскохозяйственных залежах лесостепной и степной природных зон. Показано, что обилие птиц на залежах увеличивается в южном направлении в 2-3 раза. Вскрываются причины неравномерного распределения населения птиц на залежах степной зоны.

Ключевые слова: залежи, сукцессия, степь, целина, население птиц.

Введение

Выведение значительной площади сельскохозяйственной пашни из севооборота вследствие экономического кризиса на рубеже XX – XXI веков вызвало интерес ученых к проблемам динамики видового биоразнообразия в ходе залежной сукцессии. Особенно активизировались геоботанические и орнитологические исследования. Относительно динамики фауны и населения птиц в ходе демутации известны статьи и монографии, обобщающие исследования в регионах Европейской России в пределах лесной зоны [1, 2, 3]; лесостепной зоны [4, 5]; степной зоны [4,6]. Кроме того, аналогичные исследования проведены в Зауралье [7, 8] и Дальнем Востоке [9].

Содержание публикаций отражает преимущественно экологические аспекты динамики авифауны сельхозугодий и залежей. Накопление материалов соответствующей тематики позволяет выявить некоторые географические закономерности динамики фауны и населения птиц в ходе сукцессии на залежах в пределах лесостепной и степной природных зон.

Материал и методика

Наши исследования проведены по стандартным методикам [10] в Центре Европейской России на территориях Липецкой области, целиком расположенной в границах северной лесостепи, и сопредельной Воронежской области, большая часть которой расположена в южной лесостепи, а самая южная и меньшая по площади часть – в северной степи. Также мы использовали сведения о динамике населения птиц в ходе залежной сукцессии в сухих степях Саратовского Заволжья, детально изученной М. Л. Опариным и О. С. Опариной [6].

Результаты и обсуждение

Несмотря на то, что процесс демутации имеет для разных территорий свои зональные и фациальные отличия, большинство ученых выделяют четыре стадии залежной сукцессии, близкие к следующей обобщенной схеме:

1 стадия – бурьянистая, возраст 1-3 года. Ее основу формируют типичные полевые сорняки: осот полевой (*Sonchus arvensis*), полынь горькая (*Artemisia absinthium*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*), мелколестник канадский (*Erigeron canadensis*), латук компасный (*Lactuca serriola*) (в степной зоне – татарский (*L. tatarica*), молочай прутьевидный (*Euphorbia virgata*) и др.

2 стадия – корневищных растений с разреженными остатками бурьяна, возраст 5-7 лет. Доминируют пырей ползучий (*Elytrigia repens*) и полынь горькая, в степной зоне полынь австрийская (*Artemisia austriaca*). Роль полыней возрастает по мере усиления засушливости. Происходит внедрение злаков и разнотравья.

3 стадия – злаково-разнотравная, возраст 9-15 лет. Объединяет различные по возрасту залежи, включающие в лесостепной зоне различные сочетания луговых злаков и разнотравья, а в степной – типчака (*Festuca valesiaca*), мятлика узколистного (*Poa angustifolia*), ковыля Лессинга (*Stipa lessingiana*), полыни австрийской.

4 стадия – вторичная целина, близка к зональной растительности. В лесостепи это луговая разнотравная степь, в степи – типчаково-ковыльная степь. В нашем исследовании сведения о вторичной целине и собственно целине объединены, по причине их флористической схожести и недостатка авифаунистических сведений для разграничения данных биотопов.

Проективное покрытие растительностью в ходе сукцессии на залежах лесостепной зоны постепенно и закономерно увеличивается, достигая показателя, близкого к 100 % на конечной стадии демутации (рис. 1). В степной зоне наблюдается резкое повышение проективного покрытия травостоя от 30–40% на первой стадии сукцессии до 60–70% на второй стадии. Затем происходит его закономерное уменьшение до 40–45%. На целинных землях проективное покрытие колеблется в пределах 20–50% [6].

Высота растительного покрова на залежах в лесостепной зоне очень изменчива. Высокорослая сорная растительность достигает на первой стадии сукцессии высоты 1-1.5 метра. Такой покров на этой стадии формирует не только свежий растительный подрост, но и густой прошлогодний бурьян. В процессе демутации травостой постепенно понижается к стадии вторичной целины до 60 см и ниже (рис. 2). В степной зоне высота растительного покрова повышается от первой стадии сукцессии ко второй, достигая 70 см, затем постепенно понижается. Минимум достигается на целине и составляет 10–25 см [6].

Надо заметить, что сорта озимой пшеницы (*Triticum aestivum*), выращиваемые в Липецкой области, более высокорослые – от 15 см в начале мая до 110 см в середине июня при проективном покрытии до 70%, чем в степной зоне – от 20 до 50 см при проективном покрытии до 40–45% [6]. Также и высота растительного покрова залежей и целины в степях примерно в 2 раза ниже, чем в лесостепной зоне Липецкой области. Соответственно ниже и высота бурьяна.

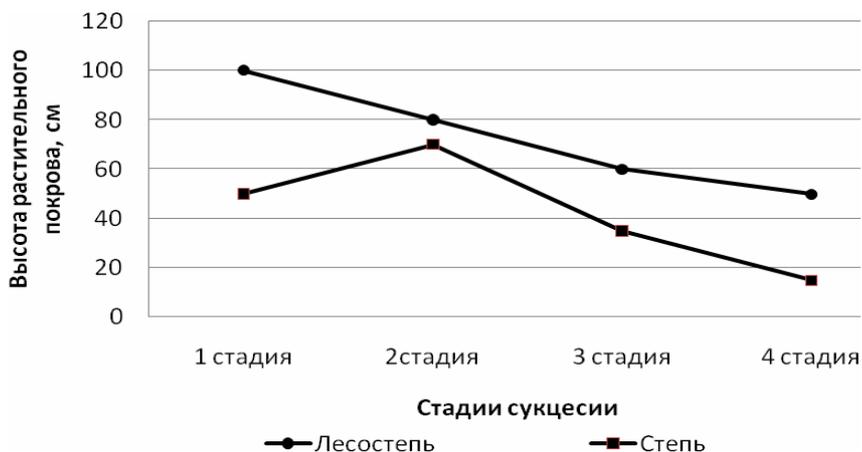


Рис. 1. Изменение проективного покрытия растительностью залежей в лесостепной и степной зонах в процессе сукцессии

Авифауна сельскохозяйственных культур и залежей лесостепной и степной природных зон имеют много общего. В посевах сельскохозяйственных культур в лесостепной зоне на территории Липецкой области зарегистрированы 8 видов, в степной зоне – 10 видов. Небольшие отличия связаны с тем, что наряду с типичными представителями сельхозугодий – полевым жаворонком (*Alauda arvensis*), желтой трясогуз-

кой (*Motacilla flava*), перепелом (*Coturnix coturnix*), коростелем (*Crex crex*) и другими птицами в степном Заволжье гнездятся такие немногочисленные виды, как журавль красавка (*Anthropoides virgo*), дрофа (*Otis tarda*), стрепет (*Tetrax tetrax*). Последние два вида очень редко встречаются в Воронежской области, в Липецкой области они исчезли еще в первой половине XX века.

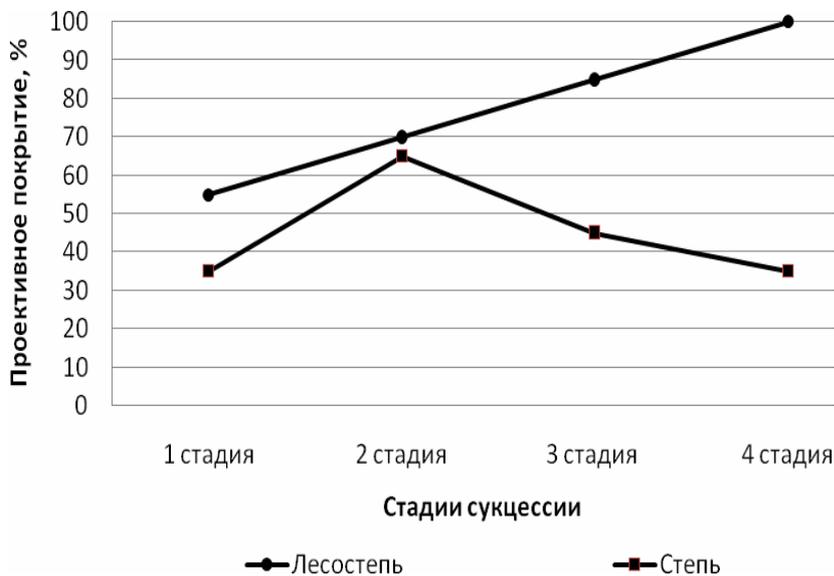


Рис. 2. Изменение высоты растительного покрова на залежах в лесостепной и степной зонах в процессе сукцессии

Перестройка орнитокомплексов в ходе сокращения сельскохозяйственного производства в обеих природных зонах также имеет общую направленность. Она выражается в увеличении видового богатства авифауны на залежных землях по отношению к агроценозам. Всего на залежах Липецкой области зарегистрированы 24 гнездящихся вида, в степях – 26 видов.

Сходна также динамика населения птиц в ходе залежной сукцессии. На рис. 3 представлены изменения суммарного населения птиц в Липецкой области, целиком расположенной в пределах северной части лесостепной зоны, и в Воронежской области, отдельно в лесостепной и степной зонах.



Рис. 3. Динамика суммарного населения птиц (пар/км²) на залежах Липецкой и Воронежской областей

Наименьшей суммарной численностью птиц во всех зонально-территориальных сочетаниях обладают посеы озимой пшеницы. На залежах суммарная численность птиц, относительно низкая в сплошных бурьянистых высокостебельных зарослях первой стадии сукцессии, по мере их разрежения и формирования более сомкнутого травяного подроста сначала возрастает, достигая максимума на второй стадии, но затем, по мере формирования вторичной целины, падает. В ряде случаев наибольшее население свойственно бурьянистой стадии, закономерно понижающееся к конечной стадии.

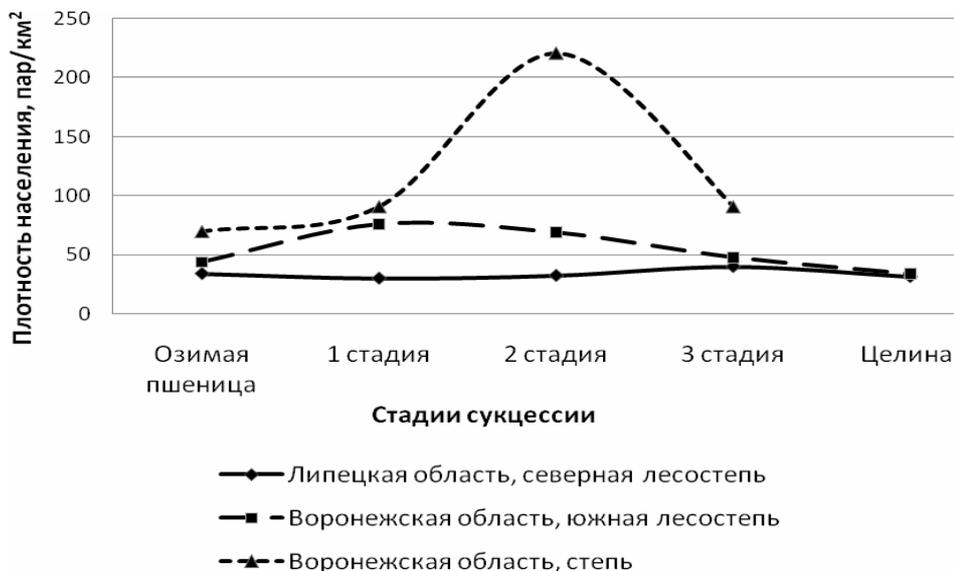


Рис. 4. Динамика населения полевого жаворонка (пар/км²) на залежах Липецкой и Воронежской областей

Основные отличия авифауны двух регионов связаны с увеличением общей численности птиц в меридиональном направлении. Сравнивая на рис. 3 численность птиц в северной лесостепи, в южной лесостепи и в степи, приходим к выводу, что суммарная численность птиц увеличивается к югу в два-три раза.

На залежах второй стадии сукцессии численность птиц достигает максимума во всех рассматриваемых зонально-территориальных сочетаниях, при этом в направлении возрастания засушливости выраженность максимума увеличивается. В северной лесостепи (Липецкая область) этот показатель составляет 142,6 пар/км², в южной лесостепи (Воронежская область) 231,0 пар/км², а на севере степной зоны (Воронежская область) – до 429 пар/км² [4, 5]. В формировании населения на этой стадии в степной зоне участвуют полевой жаворонок, луговой чекан (*Saxicola rubetra*), серая славка (*Sylvia communis*), садовая овсянка (*Emberiza hortulana*). При этом суммарное население в посевах озимой пшеницы и на целинных землях различается незначительно.

Основной вклад в возрастание суммарного населения птиц в степной зоне вносит увеличение численности главного доминанта сельскохозяйственных орнитокомплексов – полевого жаворонка (рис. 4). В Липецкой области его средняя численность колеблется на залежах незначительно – от 30 до 40 пар/км². В южной лесостепи размах изменений численности жаворонка значительно возрастает. При этом минимум населения приходится на посеы озимой пшеницы, конечные стадии залежной сукцессии и целину. В этих биотопах численность рассматриваемого вида в лесостепной зоне Липецкой и Воронежской областей примерно одинакова. На полынно-пырейных залежах южной лесостепи средняя численность полевого жаворонка резко возрастает до 80 пар/км². Но особенно высокой численности (221 пара/км²) он достигает на залежах второй стадии сукцессии в степной зоне, превышая аналогичный показатель, свойственный северной лесостепи, более чем в 5 раз. При этом следует заметить, что в степной зоне в посевах озимой пшеницы и на злаково-разнотравной залежи числен-

ность жаворонка меньше, но все равно она примерно в 2-3 раза выше, чем в северной лесостепи [4].

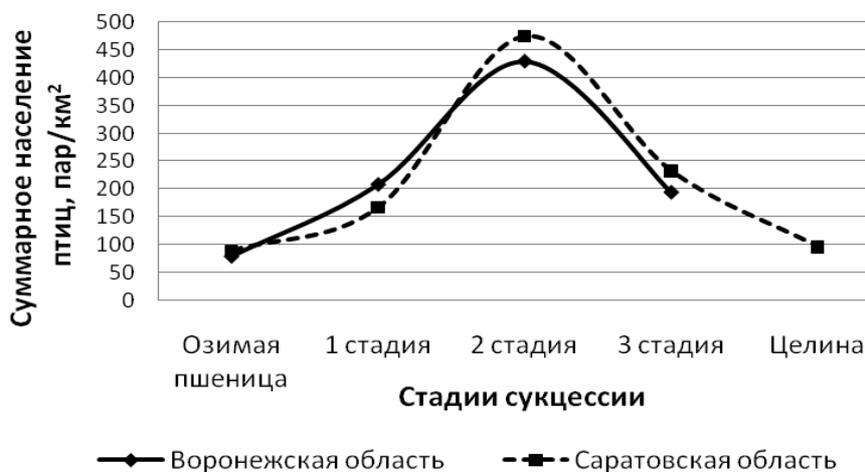


Рис. 5. Динамика суммарного населения птиц (пар/км²) на залежах в степях Воронежской и Саратовской областей

На материале из Ростовской области сходную динамику ранее обнаружил В.П. Белик [11]. В частности он пишет, что суммарная численность разных видов жаворонков увеличивается по мере продвижения с севера на юго-восток, в засушливые районы: «Так, в разнотравно-злаковых степях северной половины Ростовской области средняя плотность населения всех видов жаворонков составляет 85,7 пар/км², в центральных и южных районах она поднимается до 139,3 пар/км², а в юго-восточных районах достигает 173,0 пар/км²». Далее автор отмечает, что в комплексных степях долины реки Маныч общее население жаворонков может достигать 533 пар/км².

Желтая трясогузка обнаруживает диаметрально противоположную, чем жаворонков, динамику. Плотность населения этого вида падает в направлении усиления засушливости. Например, если на залежах Липецкой области ее население в среднем достигает 60 пар/км², а в лесостепной зоне Воронежской области 53 пар/км², то в степной зоне она становится малочисленным видом – 4-14 пар/км².

В степном Заволжье на смену желтой трясогузке, которая гнездится здесь также с небольшой численностью, приходит ее более ксерофильный вариант – желтолобая трясогузка (*Motacilla lutea*), достигающая на некоторых полях с озимыми средней численности 56 пар/км² [6].

Что касается других содоминантов полевого жаворонка на сельскохозяйственных землях – лугового чекана и серой славки – то их численность подвержена сильным колебаниям в зависимости от пригодности биотопа для гнездования. Наиболее привлекательны для них бурьянистые залежи. В благоприятных условиях численность этих видов может достигать высоких значений как в лесостепной, так и в степной зоне в пределах сравниваемых регионов. Эти виды не обнаруживают столь выраженного изменения численности вдоль какого-либо климатического градиента, как это характерно для полевого жаворонка и желтой трясогузки.

Динамика населения птиц в ходе залежной сукцессии на сельскохозяйственных землях степной зоны Саратовской области сходна с таковой в степной зоне Воронежской области (рис. 5). В Саратовской области формирование второй стадии демуляции растительного покрова, как и в степной зоне Воронежской области, сопровождается наиболее резким увеличением суммарной численности птиц, достигающей 475 пар/км². Однако, если в Воронежской области высокую численность на второй стадии залежной сукцессии формирует полевой жаворонков, то в заволжских степях это происходит за счет распространения на залежи северной бормотушки (*Hippolais caligata*), весьма редкой в Воронежской и Липецкой областях, и садовой овсянки. Численность бормотушки достигает 137 пар/км², в то время как полевой жаворонков занимает всего

лишь вторую позицию – 127 пар/км². Также для этой стадии характерна высокая численность садовой овсянки – 120 пар/км² [6]. В Липецкой и Воронежской областях садовая овсянка на залежах также имеет невысокую численность. Остальное население составляют луговой чекан (53 пары/км²) и серая славка (37 пар/км²). В ходе дальнейшего восстановления растительности общая плотность населения птиц столь же резко понижается. При этом резко падает численность всех представителей, кроме полевого жаворонка, который составляет основу населения на всех последующих стадиях сукцессии.

Причины необычайно высокой численности птиц на залежах второй стадии сукцессии в степной зоне и меньшей численности в лесостепной зоне саносятся заметными при сопоставлении динамики высоты и проективного покрытия растительности (рис. 1 и 2). В лесостепной зоне изменение этих двух показателей имеет диаметрально противоположную направленность. Уменьшение высоты травостоя в процессе сукцессии компенсируется увеличением его проективного покрытия. Вследствие этого биотопические качества залежей для размножения птиц остаются примерно одинаковыми. Как следствие, население птиц изменения в небольших пределах.

В степной зоне динамика проективного покрытия и динамика высоты растительности по направленности совпадают, накладываясь друг на друга. Максимумы двух показателей приходятся на вторую стадию сукцессии. Следовательно, биотопические качества именно залежи второй стадии сукцессии являются наиболее благоприятными для гнездования птиц. Виды, распространение которых на целине связано со степными кустарниками (бормотушка, серая славка, луговой чекан, садовая овсянка), распространяются на относительно высокорослые заросли залежей второй стадии сукцессии, что, наряду с высокой плотностью населения полевого жаворонка, формирует столь многочисленное суммарное население птиц.

Залежи других стадий, обладающие меньшей высотой травостоя и проективным покрытием, характеризуются резким снижением биотопических качеств для птиц. Наименее благоприятна для гнездования целина, поэтому здесь и гнездятся лишь такие приспособленные ксерофилы, как полевой жаворонок и каменка-плясунья (*Oenanthe isabellina*). В результате на залежах степной зоны наблюдаются значительные колебания населения птиц.

Выводы

1. Видовое разнообразие птиц на залежах в лесостепной и степной природных зонах сходно. В лесостепной зоне основу населения составляют полевой жаворонок, желтая трясогузка, луговой чекан и серая славка. В степной зоне желтую трясогузку в качестве доминантов заменяют бормотушка и садовая овсянка.

2. Динамика численности птиц на залежах лесостепной и степной зон имеет сходный характер: от первой ко второй стадиям сукцессии численность возрастает, на последующих стадиях снижается, достигая минимума на вторичной целине.

3. В лесостепной зоне биотопические качества залежей в ходе сукцессии изменяются слабо, так как динамика высоты и проективного покрытия растительности имеют противоположные тренды. В степной зоне динамика высоты и проективного покрытия растений совпадают, накладываясь друг на друга. Вследствие этого возникает резкая неравноценность залежей различных стадий сукцессии для гнездования птиц.

4. Обилие птиц на залежах возрастает в направлении увеличения засушливости. На залежах второй стадии сукцессии этот рост наиболее высок, что связано с увеличением неравноценности биотопических качеств залежей разных стадий в степи и, как следствие, перераспределением населения птиц.

Список литературы

1. Мельников В.Н., Хрулева О.Б. Динамика населения птиц в ходе зарастания заброшенных сельхозугодий в Восточном Верхневолжье // Развитие современной орнитологии в

Северной Евразии: Труды XII Международной орнитологической конференции Северной Евразии. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2006. – С. 416–423.

2. Свиридова Т.В., Волков С.В., Гринченко О.С., Зубакин В.А., Конторщиков В.В., Коновалова Т.В., Кольцов Д.Б. Влияние интенсивности сельскохозяйственной деятельности на птиц в агроландшафтах северного Подмосквья // Развитие современной орнитологии в Северной Евразии: Труды XII Международной орнитологической конференции Северной Евразии. – Ставрополь: Изд-во СГУ, 2006. – С. 371–397.

3. Мищенко А.Л., Суханова О.В. Динамика численности птиц в ходе сукцессионных изменений сельхозугодий центральной России // Динамика численности птиц в наземных ландшафтах. Материалы Российского научного совещания: Москва, ИПЭЭ им. А. Н. Северцова РАН, 21 – 22 февраля 2007 г. – М.: ИПЭЭ РАН, 2007. – С. 133–142.

4. Венгеров П.Д. Птицы и малоиспользуемые сельскохозяйственные земли Воронежской области (перспективы восстановления лугово-степной орнитофауны). – Воронеж: Изд-во ООО «Кривичи», 2005. – 152 с.

5. Больных С.И., Венгеров П.Д. Особенности динамики фауны и населения птиц в ходе восстановительных сукцессий на залежах в Липецкой области // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 1. – С.66–71.

6. Опарин М.Л., Опарина О.С. Динамика населения наземногнездящихся птиц в ходе залежной сукцессии растительности в дерновинно-злаковых степях Заволжья // Поволжский экологический журнал. – 2006. – № 2/3. – С. 154–163.

7. Коровин В.А. Динамика населения птиц степного агроландшафта в связи с изменениями в характере землепользования // Достижения и проблемы орнитологии Северной Евразии на рубеже веков. Тр. Международн. конф. «Актуальные проблемы изучения и охраны птиц Восточной Европы и Северной Азии». – Казань, 2001. – С. 469–478.

8. Коровин В.А. Птицы в агроландшафтах Урала. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2004. – 504 с.

9. Волковская-Курдюкова Е.А., Курдюков А.В. Итоги изучения орнитокомплексов малоиспользуемых сельскохозяйственных земель Южного Приморья. // Вестник ОГУ. – 2008. – № 6. – С. 129–137.

10. Приедниекс Я., Куресоо А., Курлавичус П. Рекомендации к орнитологическому мониторингу в Прибалтике. – Рига: Зинатне, 1986. – 66 с.

11. Белик В.П. Основные особенности и закономерности формирования летнего населения жаворонков в лугово-степных ландшафтах Юго-Восточной Европы // Чтения памяти профессора В.В. Станчинского. – Смоленск, 2000. – С. 110-114.

DYNAMICS OF FAUNA AND THE POPULATION OF BIRDS ON THE FALLOW LANDS IN FOREST-STEPPE AND STEPPE ZONES

S.I. Bolnykh¹

P.D. Vengerov²

¹*Lebedyan Teacher Training
College Mira St., 1, Lebedyan,
Lipetsk Region, 399620, Russia
E-mail: siva@lebedyan.lipetsk.ru*

²*Voronezh State Natural
Biospheric Reserve*

*Grafskaya Station, Voronezh,
394080, Russia*

E-mail: pvengerov@yandex.ru

In the article the dynamics of fauna and the population of birds on the agricultural fallow lands of forest-steppe and steppe zones are tracked. It is shown that the population of birds on fallow lands in southern direction is doubled or trebled. The reasons for the uneven distribution of the population of birds on fallow lands of steppe zones are revealed.

Key words: fallow lands, succession, steppe, virgin lands, population of birds.



КОНЦЕНТРАЦИЯ ПРОТОПОРФИРИНА У ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ПТИЦ ПО МЕСТУ РАСПОЛОЖЕНИЯ И СКРЫТНОСТИ ГНЕЗД

П.Д. Венгеров
С.А. Родионова

*Воронежский
государственный
природный биосферный
заповедник*

*Россия, 394080, г. Воронеж,
ст. Графская, госзаповедник,
центральная усадьба*

E-mail: pvengerov@yandex.ru

Изучена концентрация протопорфирина (микрограмм на 1 см² скорлупы) у 50 видов птиц отряда Passeriformes, относящихся к 14 семействам. Этому пигменту принадлежит ведущая роль в формировании покровительственной окраски яиц. Среднее значение концентрации протопорфирина увеличивается в ряду экологических групп птиц, выделенных по месту расположения и скрытности гнезд: гнездящиеся в дуплах и норах (13.5±4.5, n=11); гнездящиеся в кустарниках (26.6±3.3, n=10); гнездящиеся в кронах (40.2±5.4, n=16), гнездящиеся на земле (57.4±11.0, n=13). Соответственно в данном ряду роль покровительственной окраски в защите кладок от хищников возрастает. Концентрация протопорфирина может служить количественным критерием эволюционных изменений окраски яиц в связи со сменой места расположения гнезд.

Ключевые слова: окраска яиц у птиц, концентрация протопорфирина, экологические группы птиц, эволюция окраски яиц.

Введение

Известно, что окраску яиц у птиц формируют в основном два пигмента – биливердин и протопорфирин [1]. Они относятся к широко распространенным циклическим тетрапиррольным природным пигментам. Протопорфирин входит в группу свободных порфиринов, а биливердин является желчным пигментом из группы билинов [2]. Биливердин обуславливает фоновую окраску скорлупы и имеет голубой, синий и зеленый цвета, а цвет протопорфирина варьирует от желтого и коричневого до красного, он образует обычно рисунок в виде различных пятен, точек, штрихов и линий, но может участвовать и в создании фоновой окраски (самостоятельно или совместно с биливердином).

Птицы реализуют множество приемов, защищающих их кладки от хищников. Помещают гнезда в норах, дуплах, других укрытиях, куда доступ хищников сильно затруднен, или прячут в густых ветвях или траве, делая их незаметными. Другие птицы строят полностью или частично открытые гнезда на земле или воде, в случае опасности заранее покидают их, яйца прикрывают строительным материалом или оставляют открытыми, полагаясь на их криптическую окраску. Есть виды, которые сидят на гнездах очень плотно, сходят только в случае крайней опасности, они сохраняют кладки благодаря покровительственной окраске своего оперения. Наконец, множество видов активно защищают гнезда от хищников. У названных экологических групп птиц приспособительное значение окраски яиц неодинаково [3].

Межвидовая изменчивость окраски яиц у воробьинообразных (Passeriformes) в пределах семейств дроздовые (Turdidae) и вьюрковые (Fringillidae) в значительной мере обуславливается местом расположения гнезд и степенью скрытности кладок [4, 5, 6, 7]. Поэтому имеет смысл провести подробный сравнительный анализ окраски яиц у экологических групп птиц, выделенных по месту расположения гнезд, куда закономерно попадают представители различных семейств. В данном случае в качестве количественного показателя окраски мы принимаем концентрацию протопорфирина, выраженную в абсолютных значениях (микрограмм на 1 см² скорлупы), поскольку именно этот пигмент в основном ответственен за ее покровительственную функцию. Методика определения концентрации протопорфирина изложена нами в предыдущей работе [8].

Концентрация протопорфирина установлена у 50 видов воробьинообразных, принадлежащих к 14 семействам. Как известно, места расположения гнезд у птиц характеризуются высокой межвидовой изменчивостью, нередко наблюдается и сильная внутривидовая изменчивость. Поэтому выделение по данному признаку экологических групп сопряжено с определенными трудностями и границы между ними не всегда четкие. С местом расположения гнезда часто тесно связаны его доступность и заметность для хищников, осуществляющих избирательную элиминацию кладок, что и приводит к эволюционным изменениям окраски. Следовательно, такие параметры, как место расположения, скрытность и доступность гнезд должны рассматриваться совместно.

Исходя из сказанного, нами условно выделены следующие экологические группы у изученных видов воробьинообразных. 1. Нишегнездные птицы: гнезда полностью скрытые, обычно трудно доступные для большинства хищников, расположены в дуплах, норах, глубоких нишах и иных подобных местах. 2. Кустогнездные: гнезда хорошо скрытые, но более доступные для хищников, расположены относительно низко на деревьях и кустарниках или среди низких стеблей трав. 3. Кроногнездные: открытые или слабо скрытые, доступные для многих хищников гнезда, расположенные относительно высоко на деревьях и кустарниках или высоких стеблях трав. 4. Наземногнездные птицы: хорошо скрытые, доступные для хищников гнезда, расположенные на земле.

Прежде чем перейти к анализу концентрации протопорфирана у выделенных групп, определим ее известные и возможные пределы изменчивости. Понятно, что минимальное значение будет стремиться к нулю, оно свойственно первичным норникам и дуплогнездникам [9], у которых скорлупа яиц чисто белая или молочного цвета. Среди исследованных нами птиц минимальное значение (0.44 мкг на 1 см² скорлупы) обнаружено у горихвостки-чернушки (*Phoenicurus ochruros*), откладывающей белые яйца, но иногда с голубоватым оттенком или едва различимыми пятнышками. Максимальное для воробьинообразных значение (143.9 мкг) оказалось у лесного конька (*Anthus trivialis*), яйца которого обычно имеют очень плотный рисунок. Однако у некоторых ржанкообразных (*Charadriiformes*) концентрация протопорфирина еще выше, наибольшая – у чибиса (*Vanellus vanellus*) – 218.9 мкг на 1 см² [8]. Как видим, диапазон изменчивости рассматриваемого показателя очень большой.

Первую экологическую группу образуют 11 видов птиц, устраивающие свои гнезда, как правило, в скрытых местах (таблица). Здесь есть виды, гнездящиеся только в дуплах – мухоловка-пеструшка (*Ficedula hypoleuca*) и мухоловка-белошейка (*F. albicollis*), в дуплах и других подобных местах, в том числе норах – большая синица (*Parus major*), обыкновенный скворец (*Sturnus vulgaris*), полевой воробей (*Passer montanus*), в дуплах и всевозможных нишах, в корнях деревьев – обыкновенная горихвостка (*Phoenicurus phoenicurus*), зарянка (*Erithacus rubecula*), белая трясогузка (*Motacilia alba*), в постройках человека, трещинах и нишах скал (горихвостка-чернушка), в норах, кучах камней – обыкновенная каменка (*Oenanthe oenanthe*), под отставшей корой и в трещинах стволов деревьев – обыкновенная пищуха (*Certhia familiaris*).

Окраска яиц у разных видов этой экологической группы варьирует. У горихвостки-чернушки, как уже упоминалось, яйца белые, протопорфирин обнаружен в крайне низкой концентрации. У обыкновенной горихвостки, обыкновенной каменки, обоих видов мухоловок и обыкновенного скворца присутствует только фоновая окраска скорлупы, она голубого цвета разной интенсивности, рисунка нет или он встречается очень редко и при этом едва заметен. Тем не менее, протопорфирин в небольшой концентрации у этих видов в скорлупе есть, от 4.2 мкг на 1 см² у обыкновенной каменки до 6.8 мкг у обыкновенного скворца. У большой синицы, обыкновенной пищухи и особенно у зарянки рисунок на скорлупе выражен, концентрация протопорфирина увеличивается, соответственно, до 9.5, 10.2 и 17.4 мкг. Максимальные ее значения наблюдаются у белой трясогузки и полевого воробья, соответственно 39.0 и 45.7 мкг, у которых скорлупа покрыта достаточно густым рисунком. Среднее значение концентрации



протопорфирина в данной экологической группе наименьшее среди всех выделенных групп и составляет 13.5 ± 4.5 мкг на 1 см^2 скорлупы.

Наиболее высоким оно оказалось у четвертой экологической группы, т. е. у птиц, гнездящихся скрыто на земле – 57.4 ± 11.0 . Всего здесь 13 видов. Различие между минимальным и максимальным значениями концентрации протопорфирина очень большое: у лугового чекана (*Saxicola rubetra*) – 10.3 мкг, у лесного конька – 143.9 мкг. Оно вполне соответствует окраске. Если у лесного конька на скорлупе всегда есть густой или сплошной рисунок, то у лугового чекана на интенсивном зеленовато-голубом фоне рисунок или отсутствует, или выражен слабо. Высокой концентрацией протопорфирина (более 100 мкг) в данной группе отличаются также полевой жаворонок (*Alauda arvensis*) и тростниковая овсянка (*Emberiza schoeniclus*). Близка к среднему значению она у обыкновенного соловья (*Luscinia luscinia*), садовой овсянки (*Emberiza hortulana*) и желтоголовой трясогузки (*Motacilla citreola*), заметно ниже среднего ($34.7-41.3$ мкг) – у обыкновенной овсянки (*Emberiza citrinella*), северной бормотушки (*Hippolais caligata*), желтой трясогузки (*Motacilla flava*) и пеночки-трещотки (*Phylloscopus sibilatrix*). Еще меньшая концентрация анализируемого пигмента у варакушки (*Luscinia svecica*) – 21.5 мкг и пеночки-теньковки (*Phylloscopus collybita*) – 27.0 мкг, но тем не менее, она в 1.6-2 раза превышает среднее значение по первой экологической группе.

Таблица

Значения концентрации протопорфирина (микрограмм на 1 см^2) у воробьинообразных

Виды птиц	n	min	max	Среднее значение
1	2	3	4	5
1. Нишегнездные				
1. Горихвостка-чернушка	4	0.4	0.5	0.44 ± 0.03
2. Обыкновенная каменка	4	3.4	5.0	4.2 ± 0.4
3. Мухоловка-пеструшка	14	4.1	5.0	4.6 ± 0.1
4. Мухоловка-белошейка	4	4.5	5.0	4.8 ± 0.1
5. Обыкновенная горихвостка	9	4.5	6.9	5.8 ± 0.2
6. Обыкновенный скворец	8	6.7	6.9	6.8 ± 0.02
7. Большая синица	12	8.0	11.2	9.5 ± 0.3
8. Обыкновенная пищуха	5	9.7	10.4	10.2 ± 0.1
9. Зарянка	8	15.1	19.0	17.4 ± 0.5
10. Белая трясогузка	12	38.1	40.6	39.0 ± 0.2
11. Полевой воробей	15	43.0	46.8	45.7 ± 0.2
2. Кустогнездные				
1. Коноплянка	8	10.6	11.7	11.2 ± 0.1
2. Обыкновенная чечевица	4	12.7	13.2	12.9 ± 0.1
3. Обыкновенная зеленушка	16	14.8	15.3	15.1 ± 0.03
4. Обыкновенный жулан	36	21.1	26.9	24.4 ± 0.3
5. Ястребиная славка	10	27.9	30.5	28.9 ± 0.3
6. Черноголовая славка	9	31.1	33.6	31.8 ± 0.3
7. Славка-завирушка	4	30.5	32.9	31.9 ± 0.5
8. Садовая славка	17	31.3	35.6	32.9 ± 0.3
9. Болотная камышовка	4	32.1	33.7	33.0 ± 0.4
10. Серая славка	11	42.2	45.5	43.4 ± 0.3
3. Кроногнездные				
1. Черноголовый щегол	11	14.1	16.3	14.8 ± 0.2
2. Певчий дрозд	10	17.5	30.7	23.0 ± 1.2
3. Обыкновенная иволга	4	24.4	25.1	24.7 ± 0.2
4. Рябинник	9	24.3	27.9	26.6 ± 0.5
5. Чернолобый сорокопут	10	25.1	28.6	26.7 ± 0.4
6. Белобровик	8	23.6	31.9	27.6 ± 1.1
7. Серая мухоловка	6	27.3	28.3	27.8 ± 0.2
8. Черный дрозд	9	26.5	30.8	29.2 ± 0.5
9. Сойка	10	35.9	37.5	36.6 ± 0.2

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
10. Зяблик	12	36.3	39.2	37.8 ± 0.3
11. Деряба	4	38.4	38.5	38.4 ± 0.03
12. Обыкновенный дубонос	5	39.5	40.6	40.1 ± 0.2
13. Грач	10	57.6	58.6	58.1 ± 0.1
14. Сорока	10	64.9	66.9	65.6 ± 0.2
15. Серая ворона	4	67.1	67.8	67.4 ± 0.1
16. Дроздовидная камышовка	4	97.3	99.4	98.2 ± 0.5
4. Наземногнездные				
1. Луговой чекан	4	9.9	10.8	10.3 ± 0.2
2. Варакушка	9	18.8	23.8	21.5 ± 0.6
3. Пеночка-теньковка	4	26.7	27.6	27.0 ± 0.2
4. Обыкновенная овсянка	6	33.8	35.7	34.7 ± 0.3
5. Северная бормотушка	10	38.2	39.8	39.3 ± 0.2
6. Желтая трясогузка	4	40.3	41.2	40.8 ± 0.2
7. Пеночка-трещотка	8	39.9	42.7	41.3 ± 0.3
8. Обыкновенный соловей	9	45.7	51.9	48.1 ± 0.7
9. Желтоголовая трясогузка	10	50.2	54.9	52.7 ± 0.5
10. Садовая овсянка	9	67.8	69.3	68.7 ± 0.25
11. Тростниковая овсянка	11	100.4	101.9	101.0 ± 0.1
12. Полевой жаворонок	12	115	119.5	117.4 ± 0.4
13. Лесной конек	16	118.5	170.0	143.9 ± 6.3

Вторую экологическую группу составляют 10 видов птиц, гнездящихся скрыто среди густых ветвей деревьев и кустарников или стеблей трав. Среднее значение концентрации протопорфирина – $26.6 \pm 3,3$, что в 2.2 раза меньше, чем у птиц, гнездящихся на земле и в 2 раза больше, чем у птиц, гнездящихся в дуплах и норах. Минимальное значение во второй группе имеет коноплянка (*Acanthis cannabina*) – 11.2 мкг, максимальное – серая славка (*Sylvia communis*) – 43.4 мкг. Близка к минимальной концентрация пигмента у других вьюрковых – обыкновенной чечевицы (*Carpodacus erythrinus*) и обыкновенной зеленушки (*Chloris chloris*), а к средней – у болотной камышовки (*Acrocephalus palustris*), обыкновенного жулана (*Lanius collurio*) и славок – ястребиной (*Sylvia nisoria*), садовой (*S. borin*), славки-завирушки (*S. curruca*) и черно-головой славки (*S. atricapilla*). В целом эта группа по изучаемому показателю выглядит более гомогенной, чем две предыдущие.

У гнездящихся более открыто на деревьях, кустарниках и высоких стеблях трав птиц третьей экологической группы концентрация протопорфирина увеличивается в 1,5 раза, среднее значение по 16 видам составляет 40.2 ± 5.4 мкг. Наибольшая она у дроздовидной камышовки (*Acrocephalus arundinaceus*) – 98.2 мкг, а наименьшая – у черноголового щегла (*Carduelis carduelis*) – 14.8 мкг. В 1.6-2 раза выше минимального количество данного пигмента у обыкновенной иволги (*Oriolus oriolus*), чернолоблого сорокопуга (*Lanius minor*), серой мухоловки (*Muscicapa striata*) и всех видов дроздов – певчего (*Turdus philomelos*), рябинника (*T. pilaris*), белобровика (*T. iliacus*), черного (*T. merula*), кроме дерябы (*T. viscivorus*). У сойки (*Garrulus glandarius*), зяблика (*Fringilla coelebs*), обыкновенного дубоноса (*Coccothraustes coccothraustes*) и дерябы оно близко к среднему значению. Напротив, заметно выше среднего значения концентрация протопорфирина ($58.1-67.4$ мкг) у врановых – серой вороны (*Corvus cornix*), грача (*C. frugilegus*) и сороки (*Pica pica*).

Таким образом, имеет место закономерное повышение средней концентрации протопорфирина в обозначенном ряду экологических групп воробьиных птиц: нишегнездные – кустогнездные – кроногнездные – наземногнездные (рисунок). Статистически достоверны ($p < 0.01$ или 0.05) различия между нишегнездной и всеми остальными группами, между кустогнездной группой с одной стороны и кроногнездной и наземногнездной группами – с другой ($p < 0.05$ или 0.02). Не значимы различия между кроногнездными и наземногнездными птицами. Однако для последних харак-



терны максимальные значения концентрации пигмента среди всех изученных воробьинообразных: у тростниковой овсянки, полевого жаворонка и лесного конька. Соответственно в данном ряду роль покровительственной окраски в защите яиц от хищников возрастает.

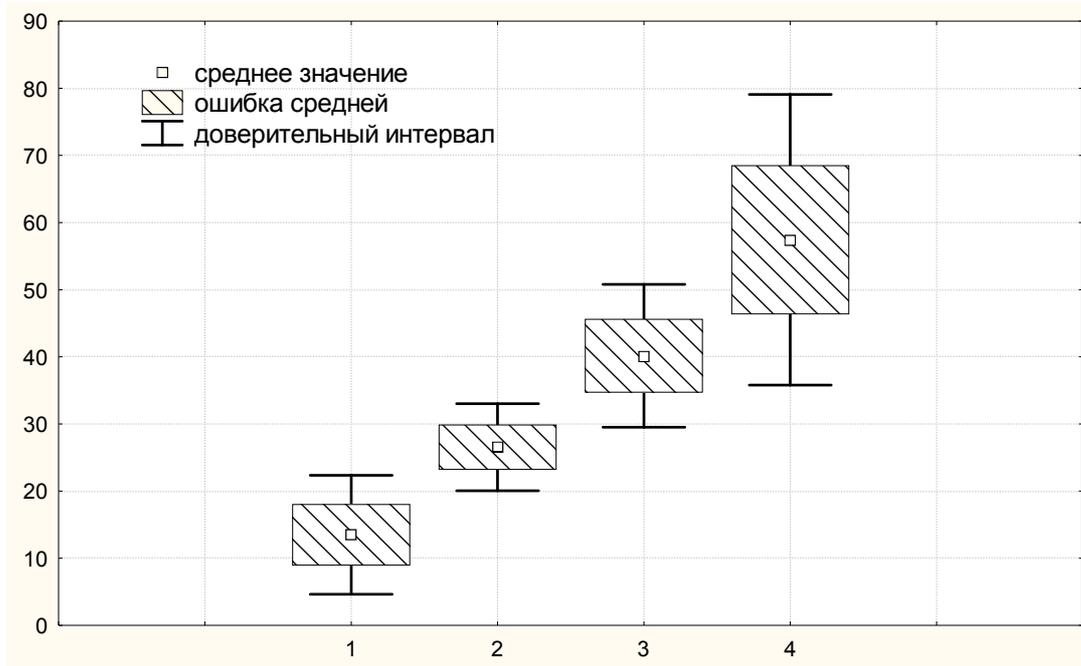


Рис. Средние значения (микрограмм на 1 см²) концентрации протопорфирина у экологических групп птиц: 1 – нишегнездные, 2 – кустогнездные, 3 – кроногнездные, 4 – наземногнездные

Вместе с тем и в пределах отдельных экологических групп концентрация протопорфирина может значительно изменяться. Так, среди нишегнездных птиц обращает на себя внимание необычайно высокая концентрация протопорфирина у полевого воробья, среди кустогнездных – у серой славки, среди кроногнездных – у дроздовидной камышовки. У наземногнездных птиц выделяются низкой концентрацией пигмента луговой чекан, варакушка и пеночка-теньковка, а у кроногнездных – черноголовый щегол. Это свидетельствует о неоднородном видовом составе выделенных экологических групп. Кроме того, помимо места расположения гнезда, на окраску яиц оказывают влияние и другие, иногда трудно учитываемые факторы. Рассмотрим это на примере перечисленных видов.

Различные виды воробьев строят шаровидные или ретортовидные гнезда, имеющие узкий вход сбоку или сверху. Такой тип постройки сформировался в условиях открытого гнездования, однако он сохранился при переходе к закрытому гнездованию в норах, дуплах и других нишах благодаря эффекту филогенетической инерции [10, 11]. Типичные шаровидные гнезда сооружают все гнездящиеся в укрытиях виды родов воробьи (*Passer*) и земляные воробьи (*Pyrilauda*) [11]. Многие виды настоящих воробьев, в том числе полевой, могут гнездиться открыто на деревьях [12]. Вероятно, они освоили закрытый способ гнездования относительно недавно.

Отсюда мы можем полагать, что высокая концентрация протопорфирина у полевого воробья связана с его исторически недавним переходом к закрытому гнездованию и, вероятно, эффектом филогенетической инерции, который распространяется и на окраску яиц. Однако процесс разрушения пигментации скорлупы яиц все таки идет. На недостаток пигмента в организме самки указывает тот факт, что в кладках этого вида последние по очередности снесения яйца часто менее пигментированы или полностью лишены рисунка [13, 14]. К этому следует добавить, что все виды из родов снежные воробьи (*Montifringilla*), гнездящиеся глубоко в щелях скал, и земляные воробьи (*Pyrgilauda*), гнездящиеся исключительно в норах, откладывают непигменти-

рованные яйца [11], видимо, в связи с давним и прочным освоением закрытого способа гнездования.

Серая славка устраивает гнезда среди стеблей трав или на невысоких кустарниках и деревьях на высоте 15-30 см от земли. Они всегда скрыты растительностью, заметить их трудно. Данный вид способен располагать гнезда и непосредственно на земле, подобно конькам и жаворонкам [15, 16], т. е. по названным экологическим особенностям стоит очень близко к наземногнездящейся группе птиц. Это делает понятной высокую концентрацию протопорфирина у серой славки относительно других кустогнездных видов.

Основными местообитаниями дроздовидной камышовки являются густые заросли высокостебельного тростника на прибрежных участках рек, озер, и прудов. Открытые, чашеобразные, с глубоким лотком гнезда она закрепляет между стеблями тростника на высоте около 1 м от воды. В отличие от других видов камышовок, тщательно прячущих гнезда в траве и кустарниках, и которых вполне можно отнести к кустогнездной группе птиц, гнезда дроздовидной камышовки хорошо заметны, достаточно легко обнаруживаемы. Поэтому этот вид больше соответствует кроногнездной группе, тем более, что иногда строит гнезда и на деревьях, растущих у водоемов [17].

Яйца дроздовидной камышовки имеют сложную насыщенную окраску, которая выполняет покровительственную функцию в условиях открытого расположения гнезд. Этот вид тесно связан с пойменными и околородными биотопами, являющимися излюбленными местообитаниями для серой вороны и сороки – выступающих в роли главного элиминирующего фактора, приводящего к отбору на покровительственную окраску яиц [5]. Вероятно, этой особенностью можно объяснить высокую концентрацию протопорфирина у дроздовидной камышовки.

Для варакушки характерна довольно высокая межкладковая изменчивость окраски яиц. В одних кладках яйца могут быть зеленовато-голубыми, почти как у лугового чекана, а в других – оливковыми, как у соловья. Протопорфирин откладывается диффузно, поэтому даже его относительно небольшого количества достаточно для создания маскирующего эффекта. К тому же, насыщенный зеленовато-голубой цвет может быть вполне криптическим среди зеленой растительности [4, 18]. Именно такой фоновый цвет скорлупы свойствен яйцам лугового чекана, нередко встречается и рисунок в виде буроватых, обычно размытых, пятнышек. К этому следует добавить, что луговой чекан и варакушка никогда не располагают гнезда сравнительно открыто, что наблюдается в некоторых условиях, например, у полевого жаворонка и лесного конька, а всегда очень тщательно прячут их среди прошлогодней подстилки и растущей зеленой травы.

Пеночка-теньковка, как и все пеночки, в отличие от других воробьинообразных, гнездящихся на земле, строит закрытые гнезда в виде шалашика с боковым входом. В связи с этим кладки у пеночек всегда хорошо скрыты от глаз хищников и у них наблюдается депигментация скорлупы. Так, из 12 видов пеночек, гнездящихся на территории стран СНГ, у шести видов яйца белые, а у остальных на белом фоне имеются бурые, красноватые или фиолетовые пятнышки различной густоты [17]. Степень редукции окраски неодинакова у различных видов, что, вероятно, обусловлено их конкретными экологическими особенностями и прессом хищников. У пеночки-трещотки, например, яйца пигментированы заметно сильнее.

Черноголового щегола располагает гнезда обычно на горизонтальных ветвях высоких деревьев на значительном расстоянии от главного ствола на высоте от 2 до 6 и более метров. От других кроногнездных птиц его отличает маскировка гнезд. Они, как правило, спрятаны в густой листве, кладки закрыты сверху, хищникам не видны. Поэтому отбор на покровительственную окраску яиц более слабый, отсюда низкая концентрация протопорфирина.

В настоящее время выделяют следующие факторы, определившие эволюцию окраски птичьих яиц: влияние хищников, взаимодействие гнездовых паразитов и их хозяев, роль пигментов в отражении прямого солнечного света; роль пигментов в повышении прочности скорлупы, взаимодействие брачных партнеров в выращивании потомства. Действие названных факторов в той или иной форме проявляется на уров-



не отрядов, семейств, видов внутри семейств, межкладковой и внутриккладковой изменчивости в пределах одного вида. Ведущим из них является отбор, производимый хищниками. Выбор места для гнезда и связанный с ним риск атаки со стороны хищников в наибольшей степени объясняют эволюцию внешнего вида яиц [18].

Птицы характеризуются высокой пластичностью в расположении гнезд. В их эволюции возможен переход от закрытого к открытому гнездованию, затем вторичный переход к закрытому расположению гнезд, аналогичные явления наблюдаются в отношении гнездования на деревьях, на земле или среди стеблей трав. Они неизбежно сопровождаются ослаблением или усилением селективной роли хищников в отношении окраски яиц и соответственно ее изменением. Количественным выражением данных изменений служит концентрация пигментов, прежде всего, протопорфирина. Представленные материалы по экологическим группам воробьинообразных достаточно убедительно демонстрируют эти процессы, происходящие за длительное время.

Список литературы

1. Tammes P.M.L. Bird's egg shells, colour prints of nature // *Ardea*. – 1964. – Vol. 52, № 1-2. – P. 99-110.
2. Бриттон Г. Биохимия природных пигментов. – М.: Изд-во «Мир», 1986. – 422 с.
3. Котт Х. Приспособительная окраска животных. – М.: Изд-во Иностранной литературы, 1950. – 543 с.
4. Lack D. The significance of the colour of turdine eggs // *Ibis*. – 1958. – Vol. 100. – P. 145-166.
5. Леонович В. В. Оологические признаки и филогенетика птиц // *Успехи современной биологии*. – 1996. – Т. 116, вып. 5. – С. 552-563.
6. Родионова С. А., Венгеров П. Д., Землянухина О. А. К изучению пигментации яиц подсемейства дроздовые (Turdinae, Passeriformes) // *Труды Воронежского государственного заповедника*. – Воронеж: ВГПУ, 2007. – Вып. XXV. – С. 205-216.
7. Венгеров П. Д., Родионова С. А. Межвидовая изменчивость пигментации скорлупы яиц в семействе вьюрковые (Fringillidae, Passeriformes) // *Современные проблемы зоологии позвоночных и паразитологии. Материалы II Международной научн. конф., посвящ. 115-летию со дня рождения проф. И.И. Барабаш-Никифорова*. 11-13 марта 2010 г. – Воронеж: ВГУ, 2010. – С. 81-89.
8. Родионова С. А., Венгеров П. Д. Количественная оценка пигментации скорлупы яиц птиц: определение концентрации протопорфирина // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки*. – 2010. – № 3 (74). – Вып. 10. – С. 56-60.
9. Маловичко Л. В., Константинов В. М. Сравнительная экология птиц-норников: экологические и морфологические адаптации. – Ставрополь – Москва: Изд-во СГУ, 2000. – 288 с.
10. Collias N. E., Collias E. C. Evolution of nest-building in the weaverbirds (Ploceidae) // *Univ. Californ. Publ. Zool.* – 1964. – № 73. – 199 p.
11. Иваницкий В. В. Воробьи и родственные им группы зерноядных птиц: поведение, экология, эволюция. – М.: КМК Scientific Pres, 1997. – 147 с.
12. Судиловская А. М. Семейство ткачиковые. // *Птицы Советского Союза / Под общ. ред. Г. П. Дементьева и Н. А. Гладкова*. – М.: Изд-во «Советская наука», 1954. – Т. 5. – С. 306-374.
13. Mackrodt P. Vom abweichend gefärbten Ei in den Gelegen des Haus- und Feldsperlings // *Ber. Offenbach. Ver. Naturk.* – 1967-1968. – № 75. – S. 14-16.
14. Briesemeister E., Clausing P. Eimaße des Feldsperlings im Brutverlauf // *Falke*. – 1987. – Bd. 34, № 11. – S. 360-365.
15. Волчанецкий И.Б. Семейство славковые. // *Птицы Советского Союза / Под общ. ред. Г.П. Дементьева и Н.А. Гладкова*. – М.: Изд-во «Советская наука», 1954. – Т. 6. – С. 330-388.
16. Рябицев В.К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: Справочник-определитель. 3-е изд., испр. и доп. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2008. – 634 с.
17. Птушенко Е.С. Семейство славковые. // *Птицы Советского Союза / Под общ. ред. Г.П. Дементьева и Н.А. Гладкова*. – М.: Изд-во «Советская наука», 1954. – Т. 6. – С. 146-330.
18. Kilner R.M. The evolution of egg colour and patterning in birds // *Biol. Rev.* – 2006. – Vol. 81, № 3. – P. 383-406.

CONCENTRATION OF PROTOPORPHYRIN IN ECOLOGICAL GROUPS OF BIRDS ACCORDING TO THE LOCATION AND CONCEALMENT OF NESTS

P.D. Vengerov
S.A. Rodionova

Voronezh State Nature Biosphere Reserve

Voronezh reserve, Voronezh, 394080, Russia

E-mail: pvengerov@yandex.ru

The concentration of protoporphyrin (micrograms per 1cm² of shells) has been studied in 50 species of birds the Passeriformes order, belonging to 14 families. This pigment has a leading role in the formation of protective coloring of eggs. The median concentration of protoporphyrin increases in the number of ecological groups of birds according to the location and concealment of nests: nesting in hollows and burrows (13.5 ± 4.5 , $n = 11$), nesting in bushes (26.6 ± 3.3 , $n = 10$) nesting in the crowns (40.2 ± 5.4 , $n = 16$), nesting on the ground (57.4 ± 11.0 , $n = 13$). Accordingly, in this series the role of protective coloration increases to protect the nests from predators. The concentration of protoporphyrin may serve as a quantitative measure of evolutionary change in the color of eggs due to the change in the location of nests.

Key words: birds' eggs coloration, the concentration of protoporphyrin, environmental groups of birds, the evolution of egg coloration.



ХИМИЯ

УДК 661.183.2:539.25: 620.187

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА АДСОРБЦИОННО-АКТИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ КОКСОВОЙ ПЫЛИ

С.А. Андриянцева¹
А.В. Бондаренко²

*Липецкий государственный
технический университет
Россия, 3980006, г. Липецк,
ул. Московская, 30
E-mail: Fylhbzywtdf@mail.ru*

Исследованы способы термохимической активации коксовой пыли, определены адсорбционные свойства полученного материала. Выполнен полный факторный эксперимент по плану-матрице композиционного ротатабельного равномер-планирования второго порядка для определения оптимальных условий сернокислотной обработки для получения окисленного промежуточного продукта. С использованием атомно-силовой микроскопии исследована морфология поверхности образцов.

На основе полученных данных предложен способ повышения сортности товарного толуола путем сорбции примесей, полученным адсорбционно-активным материалом.

Ключевые слова: коксовая пыль, сернокислотная термохимическая активация, планирование эксперимента, адсорбционные характеристики, атомно-силовая микроскопия, морфологи поверхности, повышение сортности толуола.

Введение

Углеродные материалы – ценное сырье для получения эффективных промышленных сорбентов. Такие материалы подвергают окислительной модификации путем сочетания методов химической и термической обработки с целью увеличения сорбционной емкости, удельной поверхности, химической устойчивости, пористости, общего содержания поверхностных кислородсодержащих групп.

Известно, что окисление угля раствором H_2SO_4 приводит к увеличению общего содержания поверхностных кислородсодержащих групп и к глубокой деструкции угля, о чем свидетельствует существенная потеря массы образца [1, 2].

Объекты и методы исследования

В данной работе приводятся результаты исследования влияния сернокислотной термообработки на адсорбционную способность углеродных материалов.

В качестве сырья для получения адсорбционно-активных материалов на основе углерода применялась коксовая пыль – отход коксового производства. Коксовая пыль представляет собой мелкодисперсный (размер частиц 0.09-0.4 мм) гидрофобный материал с содержанием углерода, превышающим 90% масс.

Предлагается сернокислотная термообработка коксовой пыли с целью предварительного окисления углеродной матрицы и дальнейшая термообработка для достижения эффекта терморасширения.

В технологии получения терморасширенного углеродного материала, выделяются два этапа: 1) активирование при 400°C при в присутствии серной кислоты; 2) термообработка при 950°C [3]. Для выявления влияния методов активации были определены равновесная статическая активность по бензолу, осветляющая способность по метиленовому голубому и активность по йоду. Для определения морфологии поверхности образцов проведено исследование поверхности их частиц с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ). На основании полученных результатов предложено использование полученных сорбентов в предлагаемом методе повышения сортности товарного толуола.

Результаты и их обсуждение

Для определения оптимальных условий сернокислотной термообработки проведен полный факторный эксперимент по плану-матрице композиционного ротатбельного униформ-планирования второго порядка 2^2 [4,5]. В качестве независимых переменных выбраны температура термообработки и концентрация окислителя. Уровни варьирования переменных представлены в таблице 1.

Таблица 1

Уровни варьирования переменных

№ п/п	Факторы	Концентрация, % (x_1)	Температура, °C (x_2)
1	Основной уровень (0)	40	415
2	Интервал варьирования (Δx)	15	235
3	Верхний уровень (+1)	55	650
4	Нижний уровень (-1)	25	180
5	Звездные точки: $+\alpha$ (+1.414) $-\alpha$ (-1.414)	61 19	750 83

Свойства полученного материала оценивались по следующим параметрам: выход продукта; влажность; выход летучих; зольность; сернистость; адсорбционная емкость по бензолу; йодное число; осветляющая способность по метиленовому голубому; истинная плотность; пористость.

Уравнения второго порядка исследовали на экстремум (максимум) как многомерную задачу в рассматриваемом диапазоне значений переменных, что позволило определить оптимальные условия процесса для каждого параметра (табл. 2).

Таблица 2

Математические модели и оптимальные условия термического окисления коксовой пыли

Параметр	Уравнение $x_1 = \frac{C - x_0}{\Delta x_1}, x_2 = \frac{t - x_0}{\Delta x_2}$	Оптимальные условия	
		концентрация	температура, °C
1	2	3	4
Выход	$y = 91.8 + 1.1627x_1^2$	40	415
Влажность	$y = 1.88 + 0.4164x_1 + 0.18x_1x_2 - 0.199x_1^2 - 0.852x_2^2$	56.47	677.26
Сернистость	$y = 5.8 - 1.94x_1 + 2.55x_2 - 2.75x_1x_2 + 2.48x_1^2 + 1.22x_2^2$	32.49	36.65
Адсорбционная емкость по бензолу	$y = 0.056 + 0.023x_1 + 0.009x_2 - 0.003x_1x_2 - 0.006x_1^2 - 0.008x_2^2$	67.95	465.06
Йодное число	$y = 23.8 - 5.418x_2 + 3.75x_1x_2 + 4.91x_1^2$	67.95	465.06



Окончание таблицы 2

1	2	3	4
Осветляющая способность по метиленовому голубому	$y=59.4-5.493 \times x_2-13.15 \times x_1^2-9.817 \times x_2^2$	40	349.44
Истинная плотность	$y=3.9+0.195 \times x_1 \times x_2+0.454 \times x_1^2+0.499 \times x_2^2$	40	415
Пористость	$y=39.4-3 \times x_1 \times x_2$	40	415

Таким образом, оптимальные значения изменения концентрации серной кислоты находятся в интервале значений $40 \div 67.95\%$, оптимальной принимается верхняя граница изменения интервала. $C = 68\%$ масс. Оптимальная температура термообработки составляет 415°C .

Далее исследовалась эффективность последующей термообработки адсорбционно-активного материала (ААМ) для достижения эффекта терморасширения. Предлагаемый способ обработки коксовой пыли базируется на технологии получения терморасширенного графита. Основой для получения расширенного графита являются слоистые соединения графита, т.е. соединения внедрения. Возможность образования таких соединений обусловлена особой пространственной структурой кристаллитов графита. Наличие слоистой структуры дает возможность для проникновения различных реагентов между слоями плоских сеток [6].

Из слоистого соединения при восстановлении или водной промывке реагент удаляется не полностью. При этом образуются остаточные соединения, из которых реагент не может быть удален ни простым промыванием, ни катодным восстановлением. Разрушение их требует энергичного нагрева. При термической обработке ($800\text{--}1200^\circ\text{C}$) остаточных соединений происходит деструкция материала, разрыв межплоскостных связей, постепенное удаление реагента.

Оптимальные условия позволили получить окисленный углеродный материал, который был подвергнут термообработке при 950°C в течение 1.5 часов, выход которого составляет 80% в расчете на исходный образец.

Для выявления влияния методов активации были определены равновесная статическая активность по бензолу, осветляющая способность по метиленовому голубому, отражающая адсорбцию в мезопорах, и активность по йоду, характеризующая микропористость [7]. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3

Характеристика адсорбционных параметров углеродного сорбента

Образец	Равновесная статическая активность по C_6H_6 (г), г/100 г	Осветляющая способность по метиленовому голубому, %	Активность по йоду
Исх. К. П.	0.55	29	8
КП- H_2SO_4 – 415°C	1.36	37	31
КП- H_2SO_4 – 950°C	4.96	150	42

Результаты показали, что термоокисление незначительно влияет на переходную пористость и не влияет на микропористость материала, последующая термообработка существенно влияет на появление микропор и в 5 раз увеличивают переходную пористость. Поэтому данный материал может быть использован в качестве адсорбента в области начальных значений относительного давления органических соединений.

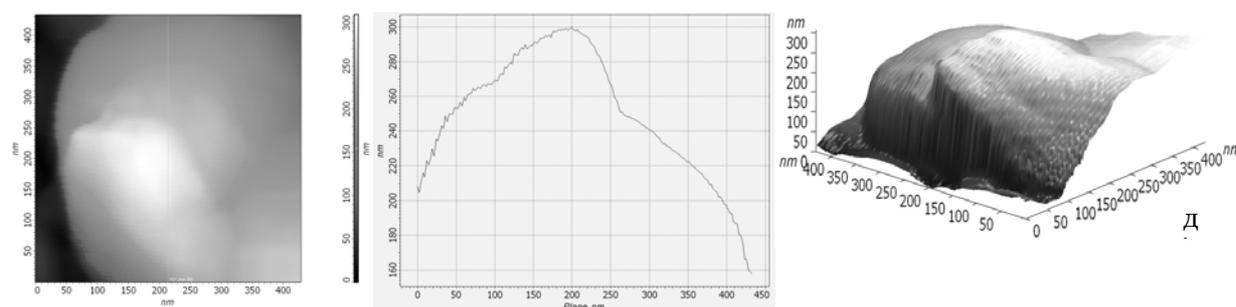
Морфология поверхности образцов исследована методом атомно-силовой микроскопии (АСМ). Установлены различия в структуре поверхности коксовой пыли и полученного из нее ААМ. Результаты измерений, полученные с помощью зондового микроскопа, представляли собой геометрические образцы (режим «топографии») в виде двумерных и трехмерных цифровых изображений поверхности [8, 9].

Электронная микрофотография, микропрофиль и 3D-изображение частицы коксовой пыли представлены на рис. 1.

Микрофотография и 3D-изображение исходной коксовой пыли демонстрирует достаточно гладкую поверхность образца. Микропрофиль не показывает наличия пор.

Микропрофили поверхности образца КП- $H_2SO_4 - 400^\circ C$ свидетельствует о возрастании количества и объема пор. 3D-изображение отчетливо показывает чешуйчатое строение активированного материала (Рис. 2).

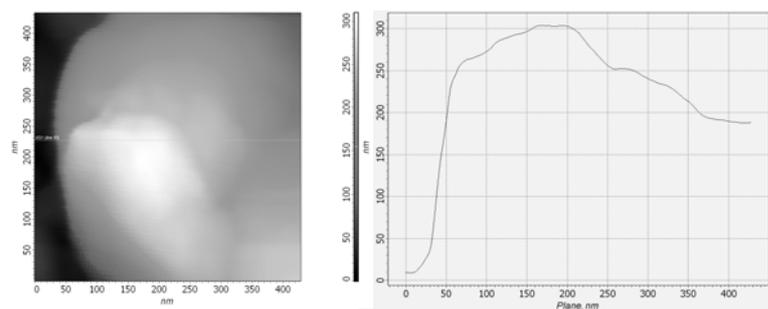
Внешний вид поверхности образца КП- $H_2SO_4 - 950^\circ C$ свидетельствует о возрастании количества и объема пор. Пористость образуется в межслоевом пространстве, о чем свидетельствуют поперечный и продольный микропрофили поверхности. При повышении температуры до $950^\circ C$ при активации, помимо углубления поверхностных пор, наблюдается еще и увеличение межпорового пространства, что позволяет судить о присутствии эффекта терморасширения (Рис. 3).



а)

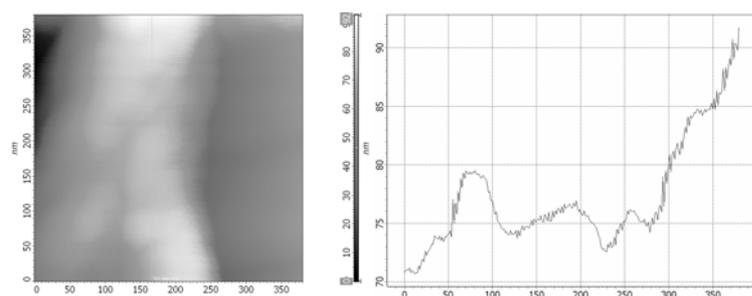
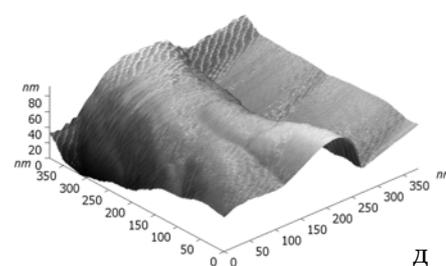
б)

Рис. 1. Электронная микрофотография (а, в), поперечный (б) и продольный (г) микропрофили, и 3D-изображение частицы исходной коксовой пыли (д)



в)

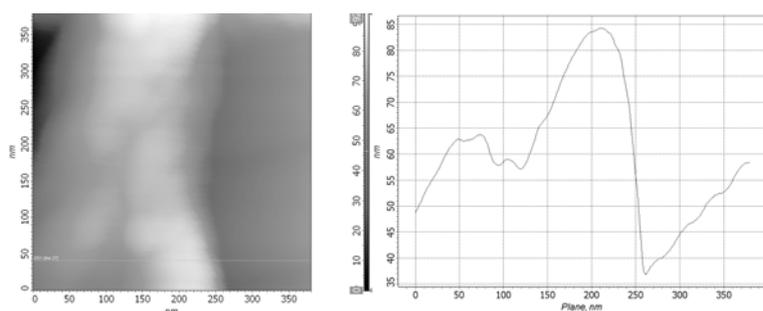
г)



а)

б)

Рис. 2. Электронная микрофотография (а, в), поперечный (б) и продольный (г) микропрофили, и 3D-изображение частицы КП- $H_2SO_4 - 400^\circ C$ (д)



в)

г)

Апробировано применение образца КП- $H_2SO_4 - 950^\circ C$ для повышения качества товарного толуола.

Одним из товарных продуктов КХП ОАО «НЛМК» является толуол. Данный продукт производится в соответствии с требованиями ГОСТ 9880-76. Настоящий стандарт устанавливает требования к каменноугольному и сланцевому толуолу, изготовленному для нужд народного хозяйства и для поставки на экспорт, согласно которому массовая доля посторонних веществ, в основном предельных углеводородов, должна составлять менее 1% [10]. В настоящее время данный показатель превышает на многих предприятиях. Поэтому для повышения качества толуола предлагается использовать адсорбционную обработку. Чистоту и качество толуола контролируют методами *газо-жидкостной* хроматографии.

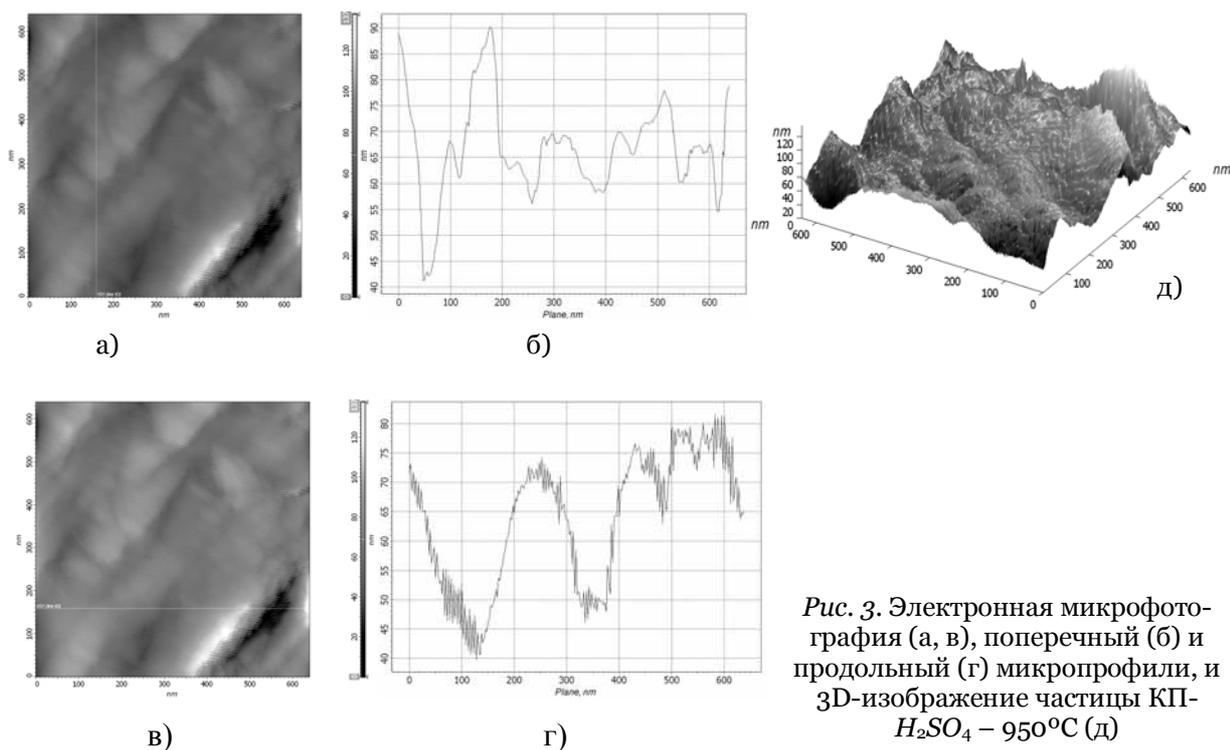


Рис. 3. Электронная микрофотография (а, в), поперечный (б) и продольный (г) микропрофили, и 3D-изображение частицы КП- $H_2SO_4 - 950^\circ C$ (д)

Для исследования селективности материала готовились растворы гептана в толуоле различных концентраций, в которые добавляли определенное количество ААМ. Адсорбционная способность материалов в растворе гептан-толуол отражена на рис. 4.

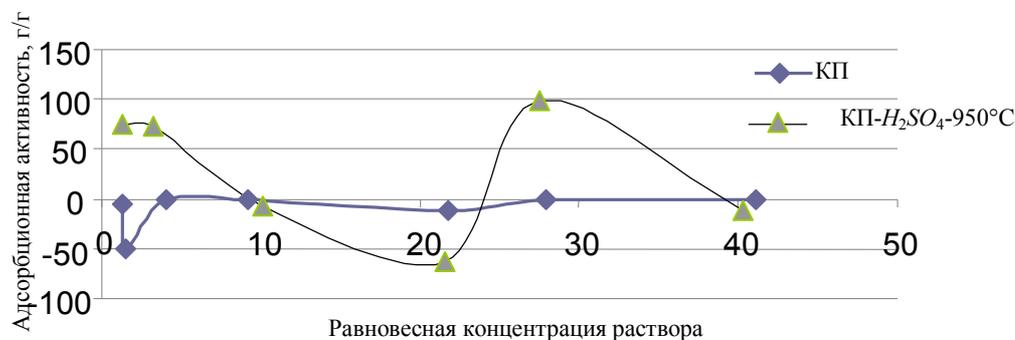


Рис. 4. Изотермы адсорбции гептана из раствора его в толуоле

Полученные изотермы показали, что в начальном интервале концентраций активированный образец адсорбирует преимущественно гептан. По графику можно предположить, что чем меньше концентрация гептана в толуоле, тем больше селективность к нему у КП- H_2SO_4 -950°C. Исходная коксовая пыль сорбирует преимущественно толуол.

Адсорбционно-активный материал КП- H_2SO_4 -950°C можно рекомендовать при очистке от примесей товарного толуола.

Для определения эффективности очистки в колбы вместимостью 50 мл наливали по 25 мл толуола и добавляли навеску сорбента (масса навески варьировалась в интервале 0-5 г/100 мг толуола). Через сутки производили отбор проб. Анализ на хроматографе «Кристалл 2000М».

По результатам хроматографического анализа определены концентрации равновесных растворов, построена зависимость остаточной концентрации предельных углеводородов от массы сорбента (рис. 5) и изотерма сорбции предельных углеводородов из товарного толуола при 200°C (рис. 6).

Из графиков видно, что кроме высокой адсорбционной ёмкости, изотерма образца КП- H_2SO_4 -950°C. пропорциональна количеству сорбента и имеет восходящий характер, что говорит о преимуществе физической сорбции.

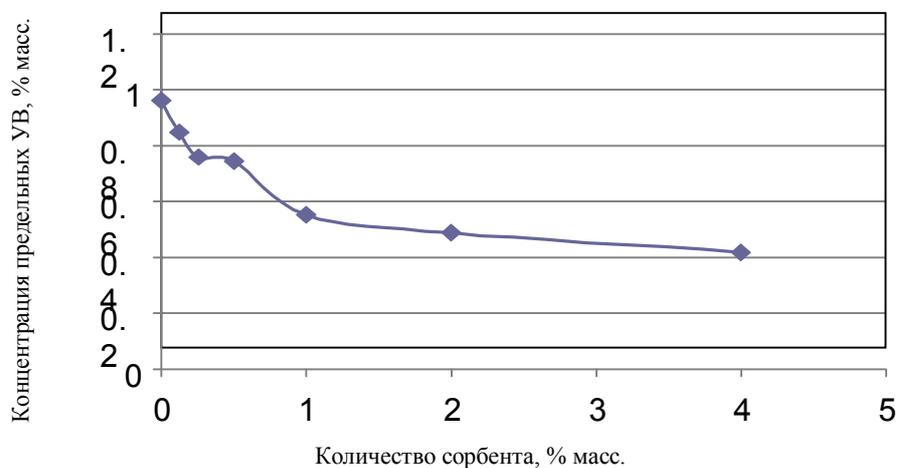


Рис. 5. Изменение содержания предельных углеводородов в зависимости от количества сорбента

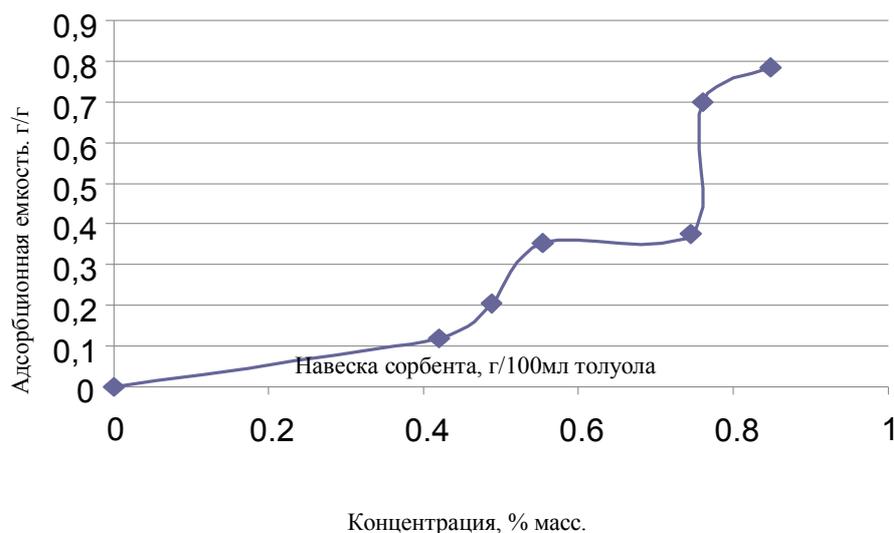


Рис. 6. Изотермы адсорбции предельных углеводородов из товарного толуола образцом КП- H_2SO_4 -950°C.



Для поглощения предельных углеводородов следует использовать добавку сорбента в расчете 0,5 г на 100 мл толуола, т.е. 0,5 кг на 100 л толуола. Данное количество сорбента можно добавлять непосредственно в ёмкости для хранения толуола. Отбор товарного толуола следует производить через фильтрующую перегородку.

Выводы

1. В работе рассмотрена возможность использования в качестве сырья для получения адсорбционно-активных углеродных материалов отхода коксохимического производства – мелкодисперсной коксовой пыли. Предложена технология активирования, исследованы адсорбционные свойства полученных углеродных сорбентов. Таким образом, в результате исследований предложен метод получения адсорбционно-активных материалов из коксовой пыли – отхода производства кокса.

2. Определены оптимальные условия сернокислотной термообработки при получении промежуточного продукта.

3. Доказано наличие эффекта терморасширения в активированной коксовой пыли.

4. Апробировано применение полученного углеродного материала для повышения сортности товарного толуола. Установлено, что в большей степени адсорбционно-активный материал $KП-H_2SO_4-950^\circ C$ можно рекомендовать при очистке от примесей товарного толуола. Оптимальной выбрана дозировка сорбента в количестве 0,5 г на 100 мл толуола (или 0,5 кг на 100 л).

Список литературы

1. Мухин В.М., Тарасов А.В., Клушин В.Н. Активные угли России / Под общ. ред. проф. д-ра техн. наук А.В. Тарасова. – М.: Металлургия, 2000 – 352 с.
2. Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
3. Yehaskel A. Activated carbon. Manufacture and Regeneration. - Hoesy Data Corporation, Park Ridge, New Jersey, U.S.A, 1978. – 327 p.
4. Филоненко Ю.Я., Корчагин В.А. Основы научных исследований. – Липецк: ЛЭГИ, 2006. – 88 с.
5. Андриянцева С.А., Рогатнев Р.Г., Бондаренко А.В. Термическое окисление коксовой пыли как способ повышения сорбционной активности // Экология ЦЧО РФ. – 2009. – №1 (22). – С. 9-14.
6. Кузнецов Б.Н., Щипков М.Л., Чесноков Н.В.. Получение пористых углеродных материалов высокоскоростным нагревом и предварительной химической модификацией антрацитов // Химия в интересах устойчивого развития. - 2005. - № 13. – С. 521–529
7. Колышкин Д.А. Михайлова К.К. Активные угли (свойства и методы испытаний). Справочник. - Л.: ХИМИЯ, 1972. - 56 с.
8. Синецына О.В., Яминский И.В. Зондовая микроскопия поверхности графита с атомным разрешением. // Успехи химии. – 2006. – №1. – С. 8-17.
9. Андриянцева С.А., Бондаренко А.В., Денисов И.С., Микроскопический анализ морфологии поверхности углеродных материалов // Экология ЦЧО РФ. – 2009. – №2 (23). – С. 10-18.
10. ГОСТ 9880-76. Толуол каменноугольный и сланцевый. – М., Госстандарт, 1976.

SYNTHESIS AND QUALITY OF SORBENTS DERIVED FROM COKE DUST

The methods of coke dust chemical activation were analyzed, and adsorption qualities of the material were determined. Overall factor experiment according to composition rotatable plan-matrix of second order for defining of sulfuric-acid formation optimal conditions was realized. It was done for getting of oxidized intermediate product. The morphology of surface forms with the application of atomic-power microscopy was examined.

On the basis of the obtained statistics the method of toluol upgrading by means of admixture absorption by active material was produced.

Key words: coke dust, acid thermo chemical activation, design of experiments, features of adsorption, atomic power microscopy, morphology of feature, upgrading of toluene.

S.A. Andrijantseva
A.V. Bondarenko

Lipetsk State Technical University
Moscovskaya St, 30, Lipetsk, 398006,
Russia
E-mail: Fylhbzywtdf@mail.ru

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПРОДУКТОВ ОБОГАЩЕНИЯ ПРИРОДНЫХ МОНТМОРИЛЛОНИТСОДЕРЖАЩИХ ГЛИН

А.И. Везенцев¹

Е.В. Кормош²

И.М. Здоренко²

Л.Ф. Голдовская-Перистая¹

*¹ Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85,*

E-mail: vezentsev@bsu.edu.ru

*² Белгородский университет
потребительской кооперации*

*Россия, 308023, г. Белгород,
ул. Садовая, 116 а*

E-mail: kormosh-e@mail.ru

Изучение сырьевых ресурсов белгородской области для создания на их основе высокоэффективных наносорбентов с целью повышения эффективности очистки сточных вод имеет важное теоретическое и прикладное значение. Уточнены минералогические характеристики монтмориллонитсодержащих глин Белгородской области и проведено выделение из исходного сырья функционально активных фракций с целью повышения сорбционной емкости. Проанализированы адсорбционные свойства нативных и обогащенных пород по отношению к различным ионам тяжелых металлов.

Ключевые слова: глины, обогащение, тяжелые металлы, адсорбция, удельная поверхность, очистка воды.

Введение

Среди большого числа факторов, формирующих здоровье человека, важную роль играют факторы окружающей среды. Промышленная деятельность человека привела к загрязнению водоемов вредными веществами: металлами в ионной форме, нефтепродуктами, токсическими синтетическими веществами и другими загрязнителями.

В последние годы особое значение приобрело загрязнение гидросферы группой поллютантов, получивших общее название «тяжелые металлы». Их главным природным источником являются породы (магматические и осадочные) и породообразующие минералы. Техногенными источниками тяжелых металлов являются горнодобывающая промышленность, черная и цветная металлургия, цементное производство, машиностроительные, металлообрабатывающие, приборостроительные и другие предприятия [1, 2].

Общетоксичные, эмбриотропные и мутагенные эффекты тяжелых металлов хорошо изучены. Известно, что длительное их поступление в организм с водой и пищей в относительно низких дозах может привести к задержке и накоплению металлов в органах и тканях, а впоследствии к развитию интоксикаций, сопровождающихся нарушением функционирования центральной нервной системы, внутренних органов, изменением активности ряда ферментов, блокированием *ОН*-групп белковых молекул и другими изменениями. В ряде случаев отмечено, что неблагоприятные последствия на организм эти элементы оказывают уже в концентрациях, близких к естественным условиям в пресноводных и морских водоемах.

В настоящее время, когда очистка воды стала одним из самых распространенных технологических процессов, вопросы ее усовершенствования особенно актуальны. Для очистки воды все большее применение находят неуглеродные сорбенты естественного и искусственного происхождения [4-7]. Использование таких сорбентов обусловлено достаточно высокой емкостью, избирательностью и катионообменными свойствами некоторых из них [8]. Практика работы систем водоочистки показывает, что сорбционная обработка целесообразна как «финишная» операция после механической и других более дешевых видов очистки воды от грубодисперсных, коллоидных и части растворенных примесей [9, 10]. Обычная оптимальная последовательность



процессов физико-химической очистки: аэрация – коагуляция – отстаивание (флоатация) – фильтрование – сорбция.

Широко распространенными, экологически безвредными являются адсорбенты на углеродной основе, силикагели, различные силикаты слоистой и ленточной структуры [11, 12]. Сочетая сорбционные свойства этих адсорбентов и различные способы обработки их поверхности, можно достичь максимального извлечения загрязняющих веществ [13]. Способность глин поглощать тяжелые металлы *Zn*, *Cu*, *Pb*, *Ni*, *Hg*, *Cd* и другие в ионной форме основано на их высокой сорбционной и ионообменной активности [14].

Научно-обоснованный и экономически целесообразный выбор глинистых материалов, способных сорбировать примеси органического и неорганического происхождения, связан с поиском недефицитных природных материалов и изучением возможностей их модифицирования.

Изучение сырьевых ресурсов Белгородской области для создания на их основе эффективных сорбентов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов имеет важное теоретическое и практическое значение.

Объекты и методы исследования

С целью получения сорбентов были исследованы монтмориллонитсодержащие глины киевской свиты месторождения «Поляна» Шебекинского района. Используемым образцам глин присвоена следующая маркировка: ГИШ-1 и ГИШ-2.

Для повышения сорбционной способности глин применили метод обогащения – способ модифицирования глин, направленный на удаление пустой породы и увеличение содержания сорбционно-активного минерала монтмориллонита гравитационным методом.

Микроструктурные исследования нативных и обогащенных глин проводили с помощью ионно-электронного растрового микроскопа Quanta 200 3D.

Для выявления морфологических и структурных особенностей глин применили комплекс методов просвечивающей электронной микроскопии. Исследования проведены на микроскопе JEM-100, оснащенный гониометром с углами наклона образца на $\pm 60^\circ$ и энергодисперсионной приставкой KEVEX-5100.

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводили на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3, модернизированном специалистами НПП «Буревестник» г. Санкт-Петербурга и Лаборатории перспективных разработок (Perspective Equipment Laboratory) г. Москвы.

Для изучения сорбционных свойств глин использовали модельные растворы соответствующих солей металлов *Fe* (III), *Cu* (II) и *Pb* (II) с концентрацией ионов 0.1 ммоль/л и стандартный сорбат органических веществ – краситель метиленовый голубой. Соотношение сорбента к раствору составляло 1 г на 50 мл раствора. Концентрацию ионов металлов и красителя в растворе после сорбции определяли фотоэлектроколориметрическим методом на приборе КФК-3-01, по соответствующим методикам.

Результаты и их обсуждение

Методом РФА, электронографического и электрономикроскопического изучения показано, что минералогический состав исследуемых глин представляет собой полиминеральную систему и основным минералом является монтмориллонит. Для ГИШ-1 монтмориллонит идентифицирован по отражениям 1.47, 1.12, 0.451, 0.25, 0.169, 0.167, 0.149 нм. Положение рефлекса $d_{001}=1.47$ нм указывает, что монтмориллонит представлен преимущественно кальциевой и магниевой формой. Наличие рефлекса $d_{020}=0,451$ нм свидетельствует о диоктаэдрической структуре монтмориллонита. Для глины ГИШ-2 монтмориллонит представлен отражениями 1.64, 1.54, 1.497, 1.236, 0.454, 0.258, 0.167 нм. Рефлекс $d_{001}=1.236$ нм характеризует натриевую форму монтмориллонита. В качестве сопутствующих минералов в обоих образцах присутствуют низкотемпературный кварц, иллит, кальцит, клиноптилолит, каолинит, полевые шпаты.

Увеличить сорбционную способность природных глин возможно удалением пустой породы – кварцевого песка и других неглинистых сорбционно-неактивных минералов. Для этого использовали метод гравитационного обогащения. Отмучиванием природных глин получены обогащенные образцы с размером частиц менее 50, 10, 5 и 1 мкм.

На рис.1. представлены рентгеновские дифрактограммы глины ГИШ-2, фракции менее 10 мкм и 1 мкм. Из данных РФА следует, что сорбционно-активные минералы монтмориллонит, клиноптилолит присутствуют практически во всех пробах, однако их максимальное содержание во фракциях, с размером частиц менее 1 мкм. В небольших количествах присутствуют кварц, полевые шпаты, иллит, аморфный кремнезем.

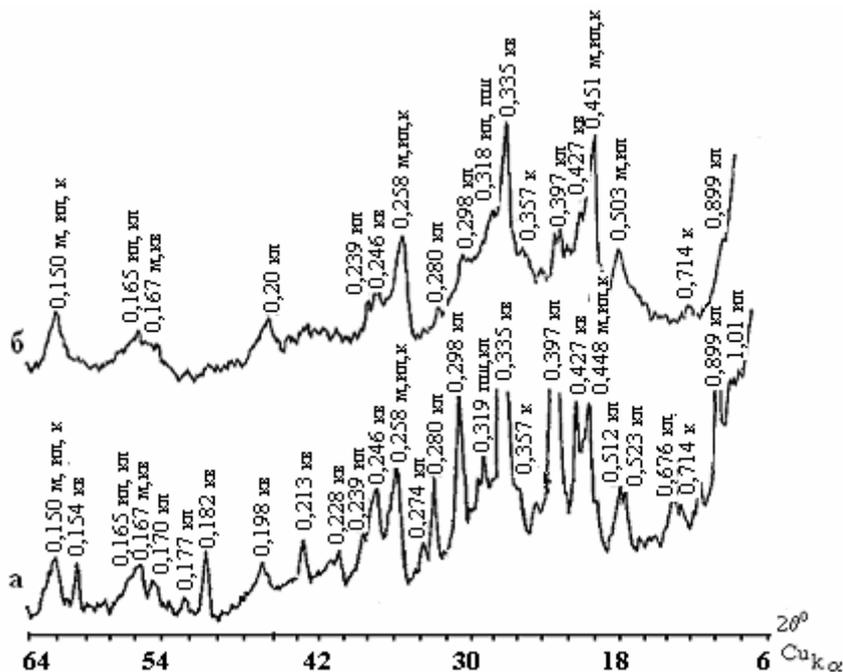


Рис. 1. Рентгеновские порошковые дифрактограммы глины ГИШ-2: а-фракция менее 1 мкм, б-фракция менее 10 мкм

Массовая доля монтмориллонита в обогащенных образцах представлена в табл. 1.

Таблица 1

Содержание монтмориллонита в обогащенных глинах, масс.%

Образец	Размер частиц, мкм				
	природный	менее 50	менее 10	менее 5	менее 1
ГИШ-1	43.0-43.3	44.8-45.1	54.8-55.4	58.0-59.1	72.3-74.3
ГИШ-2	49.8-50.1	53.2-54.3	59.8-60.2	61.3-62.3	94.5- 95.2

Заметно увеличение содержания монтмориллонита в обогащенных образцах по сравнению с природными глинами. В целом, обогащение позволило увеличить содержание монтмориллонита до 74 и 95 масс. %. для фракции с размером частиц менее 1 мкм.

Химический анализ глин фракции менее 10 мкм позволил установить уменьшение содержания SiO_2 на 19.2 и 22.1%, TiO_2 на 39.4 и 50% и увеличение Al_2O_3 на 24.4 и 32.8%, MgO на 3.81 и 7.64%, Fe_2O_3 на 45.5 и 48.7 масс.% для глин ГИШ-2 и ГИШ-1 соответственно (табл. 2).



Таблица 2

**Химический состав природных и обогащенных глин
(размер фракции менее 10 мкм)**

Оксиды	ГИШ-1		ГИШ-2	
	Природная	Обогащенная	Природная	Обогащенная
SiO_2	66.3	56.3	62.4	51.6
Al_2O_3	9.80	17.4	12.4	19.3
FeO	0.41	0.28	0.22	0.24
Fe_2O_3	3.41	5.65	3.95	7.25
CaO	7.94	5.78	4.72	3.40
Na_2O	0.28	1.61	0.66	5.16
K_2O	2.50	2.40	1.81	3.10
MgO	1.45	2.34	2.27	2.36
P_2O_5	0.05	0.04	0.06	0.05
TiO_2	0.46	0.23	0.71	0.43
ППП	7.40	7.97	10.80	7.11

Удельная поверхность обогащенных глин, вычисленная по скорости фильтрации воздуха через слой дисперсного материала, увеличивается с уменьшением размера частиц (табл. 3).

Таблица 3

Удельная поверхность различных фракций природных глин, Суд, м²/кг

Образец	Размер частиц, мкм				
	природный	менее 50	менее 10	менее 5	менее 1
ГИШ-1	798	872	915	1018	1210
ГИШ-2	920	995	1074	1130	1290

Развитая поверхность обогащенных образцов глины ГИШ-2, а также более высокое содержание обменных катионов, находящихся в обменных позициях кристаллической решетки монтмориллонита, позволяют предположить более высокие сорбционные свойства этой глины.

Для предварительной оценки сорбционной способности обогащенных глин определена адсорбционная способность (осветляющая способность) в отношении красителя метиленового голубого. Сорбцию метиленового голубого проводили из раствора с начальной концентрацией 1500 мг/л.

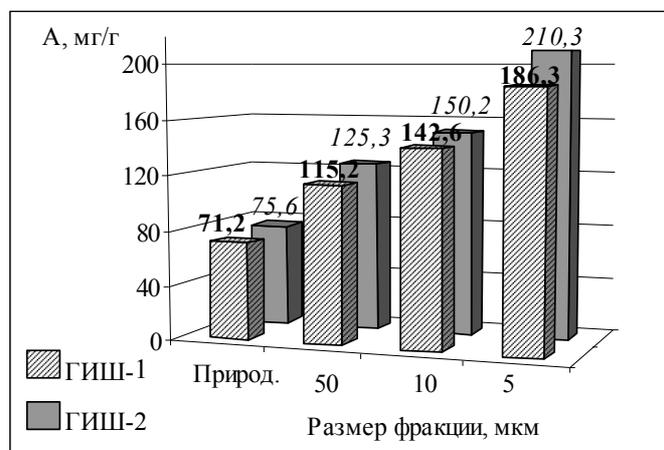


Рис. 2. Адсорбционная способность по метиленовому голубому

Увеличение адсорбционной способности по метиленовому голубому в среднем в 2,6 раза для глин ГИШ-1 и ГИШ-2 с размером частиц менее 5 мкм (рис.2) можно объяснить следующим образом. Молекула метиленового голубого имеет достаточно большие линейные размеры – 1,5 нм, поэтому большая адсорбция красителя связана с увеличением удельной поверхности обогащенных образцов (табл. 3).

Для выявления влияния размера глинистых частиц на сорбционные свойства глин было проведено изучение сорбции ионов Fe^{3+} на обогащенных образцах с размером частиц менее 50, 10, 5, 1 мкм.

Установлено изменение массы поглощенных ионов Fe^{3+} обогащенными глинами (рис.3). Так, для глины ГИШ-1 масса сорбированных ионов Fe^{3+} возрастает от 0.22 мг (время установления равновесия $\tau = 90$ мин) до 0.24 мг ($\tau = 60$ мин), 0.25 мг ($\tau = 60$ мин), 0.28 мг ($\tau = 45$ мин), 0.28 мг ($\tau = 30$ мин) с уменьшением размера фракций глинистых частиц до 50, 10, 5, 1 мкм соответственно. У глины ГИШ-2 масса сорбированных ионов Fe^{3+} обогащенными образцами составляет 0.25 мг ($\tau = 45$ мин), 0.26 мг ($\tau = 15$ мин), 0.28 мг ($\tau = 45$ мин), 0.28 мг ($\tau = 15$ мин) для фракций с размером частиц менее 50, 10, 5, 1 мкм соответственно.

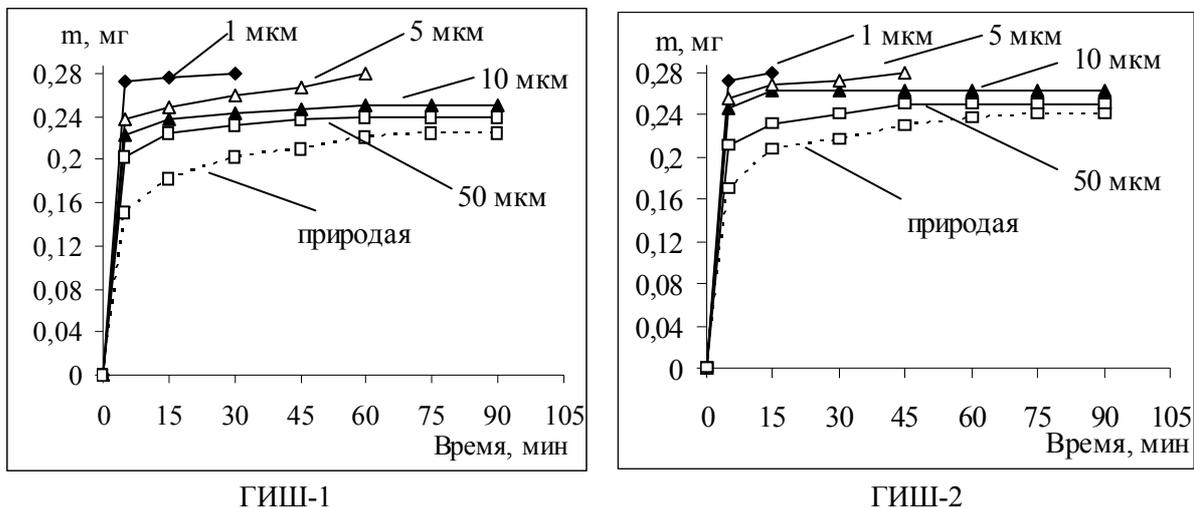


Рис.3. Кинетическая зависимость массы сорбированных ионов Fe^{3+} обогащенными глинами в сравнении с природной

Возрастание массы поглощенных ионов Fe^{3+} с уменьшением размера фракций глинистых частиц связано с повышением массовой доли монтмориллонита в обогащенных образцах, что способствовало увеличению доли обменных катионов в структуре монтмориллонита, способных замещаться на катионы металлов из раствора.

Сорбцию ионов Fe^{3+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} изучали на обогащенных глинах с размером фракции глинистых частиц менее 10 мкм (рис.4). По данным гранулометрического анализа установлено, что в глине ГИШ-1 фракция частиц менее 10 мкм составляет 45.6 масс.%, в глине ГИШ-2 – 68.9 масс.%.

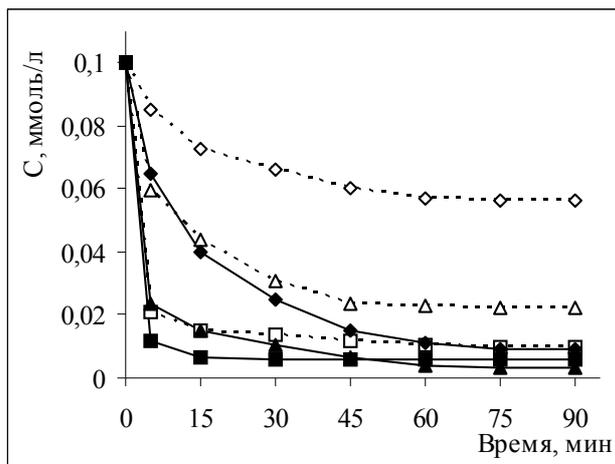


Рис. 4. Кинетическая зависимость снижения концентрации ионов тяжелых металлов:

..... ГИШ-1, — ГИШ-2
 ■ Fe^{3+} , ▲ Cu^{2+} , ◇ Pb^{2+}

Обогащенная глина ГИШ-1 снижает концентрацию ионов Cu^{2+} в 1.23 раза, ионов Pb^{2+} в 1.14 раз лучше природной, при установлении сорбционного равновесия через 75 мин эксперимента. Образец обогащенной глины ГИШ-2 снижает концентрацию ионов Cu^{2+} в 5.77 раз, ионов Pb^{2+} в 4.77 раз лучше природной, при установлении сорбционного равновесия через 75 мин. Таким образом, обогащение глин привело к увеличению адсорбционной способности к ионам Fe^{3+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} .

Проанализировано изменение количества поглощенных ионов Cu^{2+} , Pb^{2+} обогащенными глинами.



Количество сорбированных ионов Cu^{2+} возрастает от 0.233 мг ($\tau = 60$ мин) до 0.250 мг ($\tau = 60$ мин) для глины ГИШ–1 и от 0.263 мг ($\tau = 75$ мин) до 0.31 мг ($\tau = 75$ мин) для глины ГИШ–2. Количество поглощенных ионов Pb^{2+} увеличивается от 0.37 мг ($\tau = 75$ мин) до 0.45 мг ($\tau = 75$ мин) для глины ГИШ–1 и от 0.88 мг ($\tau = 60$ мин) до 0.93 мг ($\tau = 45$ мин) для глины ГИШ–2.

Заключение

Уточнен химико-минералогический состав и сорбционная способность природных и обогащенных монтмориллонитсодержащих глин месторождения “Поляна” Белгородской области по отношению к ионам Fe^{3+} , Cu^{2+} и Pb^{2+} . Показано, что сорбционная способность повышается в 1,5-3 раза по отношению к ионам тяжелых металлов с уменьшением размера фракции глинистых частиц при обогащении. Это связано с повышением доли глинистой составляющей, с увеличением содержания сорбционно-активного минерала монтмориллонита до 74,5 – 95,2 масс.%, а также с увеличением удельной поверхности образцов.

Список литературы

1. Голдовская Л.Ф. Химия окружающей среды. – 2-е изд. – М.: Мир; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 295 с.
2. Лозановская И.Н., Орлов Д.С., Садовникова Л.К. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении. – М.: Высш.шк., 1998. – 287 с.
3. Грушко Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. – Ленинград: Химия, 1979. – 157 с.
4. Везенцев А.И., Трубицын М.А., Романщак А.А. Сорбционно – активные породы Белгородской области // Горный журнал. – 2004. – № 1. – С. 51–52.
5. Danilenko N.B., Sizov S.V. Absorption of Cr(II), Hg(II), As(III) ions from water by Al_2O_3 nanopowder // Modern technique and technologies: 9th International Scientific and Practical Conference of Student, Post-graduates and Young Scientists. – Tomsk, 2003. – С. 25–27.
6. Филоненко Ю.Я., Глазунова И.В., Бондаренко А.В. Адсорбция: теоретические основы, адсорбенты, адсорбционные технологии. – Липецк: ЛЭГИ, 2004. – 104 с.
7. Сухарев Ю.И., Кувыкина Е.А. Неорганические иониты и возможности их применения для очистки окружающей водной среды от техногенных загрязнений // Известия Челябинского научного центра УрО РАН. – 2001. – № 13. – С. 63–67.
8. Везенцев А.И., Трубицын М.А., Романщак А.А. Разработка эффективных сорбентов на основе минерального сырья Белгородской области // Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Белгород, 11-14 окт. 2004 г. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2004. – С. 29–33.
9. Даниленко Н.Б., Савельев Г.Г., Сизов С.В. Адсорбенты на основе волокнистого оксида алюминия // Сорбенты как фактор качества жизни и здоровья : материалы Всерос. науч. конф. с междунар. участием, Белгород, 11-14 окт. 2004 г. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2004. – С.49–53.
10. Когановский А.М. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – Киев: Наукова думка, 1983. – 238 с.
11. Глоба Л.И., Никовская Г.Н., Ротмистров М.Н. Интенсификация коагуляционной очистки воды от микроорганизмов природными сорбентами // Химия и технология воды. – 1986. – Т.8, №1. – С. 48–51.
12. Тажкенова Г.К., Урмашев Б.А., Уразалин А.К. Изучение процесса поглощения ионов тяжелых металлов углерод-минеральными сорбентами // Горение и плазмохимия: Матер. II Междунар. симп., Алматы, 17-19 сент. 2003 г. – Алматы: Казак ун-т, 2003. – С. 214–219.
13. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. – Киев: Наукова Думка, 1981. – с. 208.
14. Лисичкин Г. В. Химическое модифицирование поверхности минеральных веществ // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 4. – С. 52–56.

ADSORPTION PROPERTIES OF ENRICHMENT PRODUCTS OF NATURAL MONTMORILLONITE CLAYS

A.I. Vezentzev¹

E.V. Kormosh²

N.M. Zdorenko²

L.F. Goldovskaja-Peristaja¹

*¹Belgorod State National Research
University*

Russia, 308015, Belgorod, Pobedy St., 85

E-mail: vezentsev@bsu.edu.ru

*²Belgorod University of Consumer
Cooperation*

*Russia, 308023, Belgorod,
Sadovaja St., 116 a*

E-mail: kormosh-e@mail.ru

Study of primary resources of Belgorod region for creating on their basis high-performance nano sorbents to increase the effectiveness of sewage water purification is of high theoretical and applied importance. Mineralogical properties of montmorillonite clay of Belgorod region were improved and functional active fractions were extracted from the basic material to increase sorption capacity. Adsorption properties of natural and enriched clay with respect to different ions of heavy metals were analyzed.

Key words: clay, enrichment, heavy metals, adsorption, specific surface, water purification.



ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА АКТИВАЦИИ ГЛИН ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ¹

С.Н. Дудина

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы 85*

E-mail: dudina@bsu.edu.ru

Одним из наиболее перспективных направлений в очистке сточных вод является использование природных минералов в качестве сорбентов. Поскольку глины с низким содержанием глинистой составляющей наиболее распространены в природе, то возможность использования глин с переменным составом находится в центре нашего внимания. Использование электромагнитной активации природных глин для повышения сорбционной активности в отношении ионов тяжелых металлов и ее механизм показаны в статье.

Ключевые слова: глины, тяжелые металлы, сорбция, активация.

Введение

Постоянное увеличение объемов сточных вод (СВ) обусловленное ростом хозяйственной деятельности, развитием промышленности, сельского хозяйства и транспорта, создает повышенную потенциальную опасность для окружающей среды. В последние годы во много раз возросла антропогенная и техногенная нагрузка на водные объекты. Одним из наиболее распространенных загрязнителей окружающей среды являются ионы тяжелых металлов (ИТМ). Последние обладают свойствами токсикантов кумулятивного и аддитивного характера, способных оказывать мутагенное и канцерогенное действие на живые организмы. Основными источниками загрязнения природных вод ТМ являются СВ гальванических цехов, предприятия горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии, машиностроительные заводы.

Известные способы очистки СВ от ИТМ основаны на коллоидно-химических процессах флокуляции, адсорбции, соосаждения и т.д. В то же время большинство из них являются дорогостоящими, сложными в исполнении, ориентируются на импортное оборудование и дефицитные реагенты. В связи с этим особый интерес представляют недорогие и эффективные способы очистки СВ, основанные на использовании отходов промышленности, местного сырья и минералов в качестве сорбентов.

Из природных минералов для водоочистки широко используют глины бентонитовые, монтмориллонитовые, каолинитовые и др. Повышения сорбционной емкости обычных природных глин, являющихся доступным и широко распространенным материалом, можно достичь путем их активации электромагнитным излучением [1-2].

Исследовано воздействие электромагнитных полей (ИК- и УФ- обработка) на сорбционную способность глин. При этом установлено, что ИК – активация позволяет увеличить ее в 1.4-1.8 раз, а УФ-активация в 1.8-2.7 раз. Следует отметить, что наименьший эффект активации зафиксирован при обработке каолинитовой глины и составил 1.4 раза при ИК-активации и 1.8 раз при УФ-активации [2].

Для оценки механизма активации разных видов обработки на изменение сорбционной емкости глин, использовали РФА (рис. 1), кондуктометрический, электрокинетический методы изучения глин до и после обработки.

Полученные данные показывают, что параметры кристаллической решетки остаются без изменения, фракционный состав (рис. 2), определенный на лазерном анализаторе Zetasizer Nano ZC (Malvern Instruments) и удельная поверхность, определенная на автоматический анализатор удельной площади поверхности и пористости TriStar II 3020 также практически не изменились. Это свидетельствует о том, что измене-

¹ Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы

ние сорбционной емкости при воздействии ИК- и УФ- излучения обусловлено изменениями в поверхностном слое и межслоевом пространстве глинистых минералов.

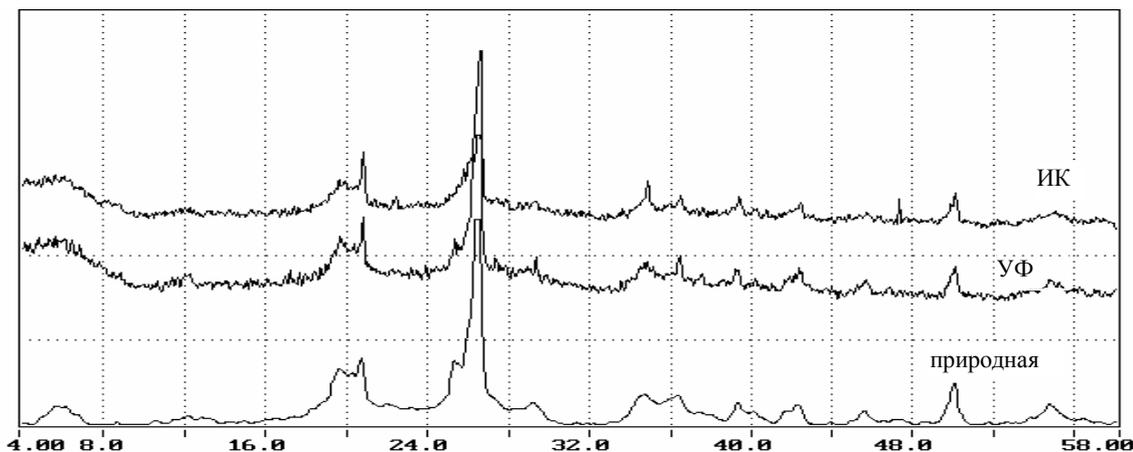


Рис. 1. Рентгенограмма сравнения УФ, ИК-обработанных и природных глин

Таблица 1

Фракционный состав природных и активированных глин

Массовая доля, %	D, мкм									
	<5	<10	<20	<50	<80	<100	<150	<200	<400	<600
Природная	30.2	20.3	21.4	13.2	6.4	2.7	3.4	1.3	1.1	-
Уф-обработ	32.8	21.7	21.3	12.1	5.6	2.2	2.6	0.9	0.8	-
ИК-обработ	30.8	21.7	22.3	13.1	5.6	2.2	2.6	0.9	0.8	-

ИК- и УФ- активация оказывает влияние на различные формы связанной воды в глинистых минералах. Изучение зависимости потери массы образцами при ИК- активации показывает (рис.2), что в ходе обработки образцов глин ИК- излучением происходит снижение массы всех бентонитовых образцов до 10%, каолиновой глины – 5% . Такое изменение массы может быть объяснено переходом связанной воды в паробразное состояние и удалением из структуры кристалла. Вероятность более глубоких изменений структуры минералов невелика, так как не происходит изменения минералогического и фракционного состава образцов.

Подтверждением возможности протекания этих процессов являются ИК- спектры природных и активированных глин (рис. 3). Прямым спектральным критерием дегидратации является уменьшение интенсивности в спектре полосы поглощения деформационных колебаний молекул воды с частотой 1600-1645 см⁻¹. Снижение интенсивности полосы поглощения в области 3750-4000см⁻¹ говорит о снижении количества свободной физически сорбированной воды, а в области 3240-3500см⁻¹–об уменьшении количества полимолекулярно-сорбированной и капиллярно конденсированной воды.

В случае ИК-активации наблюдается увеличение интенсивности полосы поглощения с частотой 600-650см⁻¹ и 820-870см⁻¹ , что говорит об увеличении на поверхности минералов количества свободных ОН-групп. При УФ-активации в этой области спектра фиксируется уменьшения количества гидроксильных групп в ходе регидроксилирования поверхности с образованием силоксановых мостиков. Протекание таких процессов в глинистых минералах при ИК- и УФ-активации увеличивает их обменную емкость, что подтверждается увеличением эффективности очистки СВ от ИТМ.

Различия в результатах воздействия ИК- и УФ-излучения подтверждаются так же результатами по определению степени вымывания ионов щелочных и щелочноземельных металлов из кристаллической решетки глинистых минералов. Так, если содержание этих металлов в фильтрате после ИК-активации практически не изменяется, то после УФ-обработки их содержание в фильтрате ощутимо увеличивается (табл. 2), что

свидетельствует о значительно большем ослаблении связей этих катионов с кристаллической решеткой.

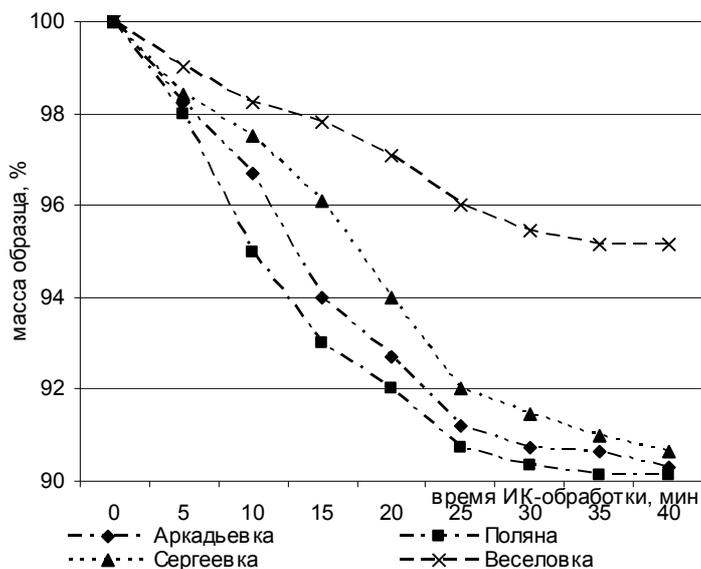


Рис. 2. Потеря массы образцов глин при ИК- активации

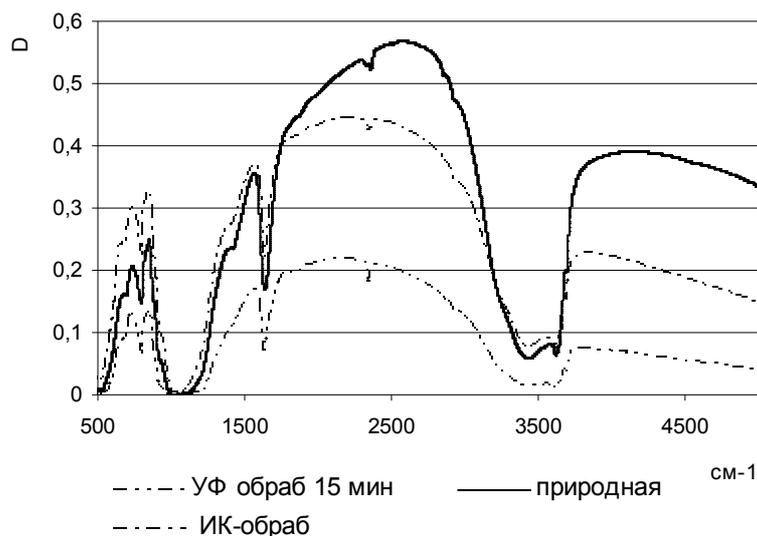


Рис. 3. ИК-спектр природной и активированных глин

Таблица 2

Катионный состав фильтрата

Катионы мг/л	Образец глины					
	Аркадьевка		Сергеевка		Поляна	
	Природная	УФ-обр.	Природная	УФ-обр	Природная	УФ-обр
Натрий	1.50	1.85	1.26	1.95	1.10	1.78
Калий	0.21	0.24	0.23	0.46	0.23	0.44
Кальций	0.49	0.59	1.48	2.47	5.43	5.53
Магний	0.12	0.17	0.78	0.85	0.78	0.93
Алюминий	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04	≤0.04

Отмеченное изменение состава и структуры межслоевой дисперсионной среды должно приводить к изменению электроповерхностных свойств. Как показали исследования электрокинетического (ξ -) потенциала, при ИК- и УФ-обработке, ξ -потенциал смещается в отрицательную область (рис. 4).

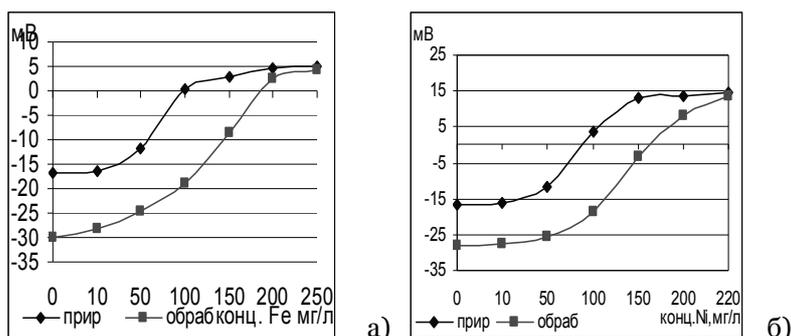


Рис. 4. Зависимость ξ -потенциала от концентрации ИТМ: а) железо; б) никель

Как видно из характера зависимости ξ -потенциала от концентраций ИТМ выход на насыщение для УФ-обработанных глин наблюдается в области 230-250 мг/л, что соответствует образованию насыщенного мономолекулярного слоя по данным изотерм адсорбции. Аналогичная закономерность наблюдается для изменения ξ – потенциала при концентрации никеля 70-80 мг/л для природных и 150-180 мг/л – для активированных глин. В ходе сорбции ИТМ наблюдается перезарядка поверхности глинистых частиц. Изоэлектрические точки зафиксированы при следующих концентрациях ИТМ: $[Fe^{3+}] = 99$ мг/л (природная) и 179 мг/л (обработанная) (рис. 4 а); $[Ni^{2+}] = 86$ мг/л (природная) и 169 мг/л (обработанная) (рис. 4 б).

Следует отметить, что конечное значение ξ -потенциала при формировании мономолекулярного адсорбционного слоя имеет одинаковое значение как для природных так и для обработанных глин.

Таким образом в ходе изучения механизма активации глин электромагнитным излучением установлено, что по сравнению с нативными образцами ИК- и УФ-активация уменьшает содержание свободно связанной воды в структуре глинистых минералов. В то же время ИК-активация уменьшает долю капиллярно-связанной воды и увеличивает количество свободных ОН-групп на поверхности минералов. УФ-активация значительно снижает как количество капиллярно-связанной воды, так и количество свободных ОН-групп на поверхности. Показано, что УФ-обработка приводит к ослаблению связи обменных катионов с кристаллической решеткой глин, в результате чего ощутимо увеличивается вымывание щелочных и щелочноземельных металлов. Выявлено, что изменение структуры и состава межслоевой дисперсионной среды приводит к смещению электрокинетического потенциала в отрицательную. В ходе сорбции ИТМ наблюдается перезарядка поверхности глинистых частиц.

Список литературы

1. Гладких Ю.П., Ядыкина В.В., Завражина В.И./Влияние Уф-облучения на физико-химическую активность кварцевого песка и процессы формирования цементно-песчаного бетона // Коллоидный журнал. – 1989. – Т. 51, №3. - С. 445-450.
2. Дудина С.Н. Сорбция из растворов ионов Fe^{3+} и Ni^{2+} природными и активированными глинами // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. – 2010. – № 9 (80). – Вып. 11. – С. 131-136.

INVESTIGATION OF THE MECHANISM OF ACTIVATION OF CLAY BY ELECTROMAGNETIC EFFECTS

S.N. Dudina

Belgorod State University
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia
E-mail: dudina@bsu.edu.ru

One of the most perspective trends of sewage waters purification is the usage of natural minerals as sorbents. As clays with a low content of minerals are the most frequently found in nature, the possibility of using clays with a variable content is in the focus of our attention. Using an electromagnetic activation of natural clays and its mechanism are shown in the article.

Key words: clay, heavy metals, sorbition, activation.



РЕГУЛИРОВАНИЕ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАОЛИНОВЫХ И ГЛИНИСТЫХ СУСПЕНЗИЙ КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ

А.А. Слюсарь¹

О.А. Слюсарь¹

Н.М. Здоренко²

¹ *Белгородский государственный технологический университет*

Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

E-mail: o.slusar@mail.ru

² *Белгородский университет потребительской кооперации*

Россия, 308023, г. Белгород, ул. Садовая, 116 а,

E-mail: zdnatali@yandex.ru

Изучено влияние отдельных компонентов и комплексных добавок на реологические свойства и агрегативную устойчивость каолиновых и глинистых суспензий. Показано, что при определенном соотношении некоторых компонентов наблюдается значительное усиление разжижающей способности по сравнению с предполагаемым аддитивным действием. Исследован характер совместной адсорбции компонентов добавок и влияния на электрокинетические свойства каолиновых и глинистых суспензий.

Ключевые слова: комплексные добавки, суспензии, реологические свойства, агрегативная устойчивость, электрокинетические свойства.

Введение

Наиболее актуальными проблемами коллоидной химии является регулирование агрегативной устойчивости и процессов структурообразования водных минеральных суспензий. В производстве строительных материалов и керамики для регулирования процессов структурообразования и реологических свойств минеральных суспензий применяют разжижающие химические добавки, которые позволяют целенаправленно изменять электроповерхностные и реологические свойства глинистых суспензий [1].

Известно, что индивидуальные добавки малоэффективны в сложных минеральных суспензиях, поэтому наиболее целесообразно применять комплексные модификаторы в сложных многокомпонентных минеральных суспензиях, к которым можно отнести суспензии на основе каолинов, глин и т.д. [2, 3].

Однако ассортимент таких добавок и объем их производства невелик, а механизм действия комплексных добавок изучен не достаточно. Поэтому получение новых эффективных комплексных разжижающих добавок, изучение механизма их действия, регулирование агрегативной устойчивости и реологических свойств высококонцентрированных минеральных суспензий, исследование влияния добавок на свойства керамического шликера и керамики представляет большой как теоретический, так и практический интерес.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования был выбран один из составов керамического шликера, применяемого для производства санитарно-керамических изделий. Основными компонентами этого шликера являются Глуховецкий каолин, глина Веско гранитик, глина Веско керамик, поэтому именно их использовали для исследования.

Исходные суспензии готовили с водосодержанием 0.6 близким к критической концентрации структурообразования или оптимальной влажности.

Реологические параметры суспензии каолина исследовали на реометре «Реотест-2М». Для сравнения исследовали аналогичные комплексы на основе С-3 и реотана, – широко применяемого итальянского разжижителя глинистых суспензий, а также известный комплекс СБ-5+ТПФН.

Электрокинетический потенциал суспензий определяли по потенциалу протекания.

Для определения агрегативной устойчивости таких дисперсных систем применяли метод седиментационного анализа. В результате исследований были получены дифференциальные кривые распределения частиц по радиусам. По максимуму на дифференциальных кривых находили наивероятнейший радиус частиц, а по характеру кривых судили о влиянии добавок на степень полидисперсности суспензий. Определяли размеры частиц дисперсной фазы при различных концентрациях добавок.

Результаты и их обсуждение

Нами было исследовано влияние различных пластифицирующих добавок и их различных комплексов на реологические свойства суспензий, т.к. они напрямую связаны с агрегативной устойчивостью. Установлено, что при определенном соотношении компонентов комплексных добавок к минеральным суспензиям (каолины, глины) наблюдается явление синергизма – взаимное усиление действия компонентов при их совместном введении. Для суспензий каолина (рис. 1) наибольший разжижающий эффект (τ_0 снижается до минимальных значений) наблюдается при введении в суспензию СБ-ФФ и ТПФН в соотношении 1 : 4, соответственно.

Исследования показали, что оптимальное соотношение мало зависит от вида добавок на основе оксифенолфурфурольных олигомеров (кривая 2), доля которых составляет также около 20-25 масс. %.

Однако эффект снижения предельного динамического напряжения сдвига при оптимальном сочетании компонентов СБ-ФФ и ТПФН на 15-20 Па больше, чем при использовании известной добавки. Это объясняется большей долей гидроксигрупп в элементарном звене молекулы СБ-ФФ, чем в СБ-5.

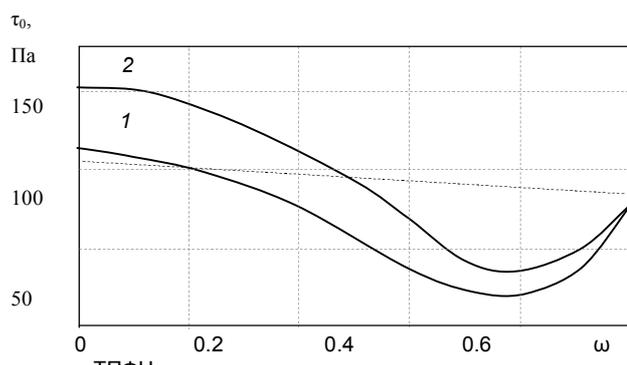


Рис. 1. Зависимость τ_0 суспензии каолина от состава комплексных добавок:
1 – СБ-ФФ+ТПФН;
2 – СБ-5+ТПФН

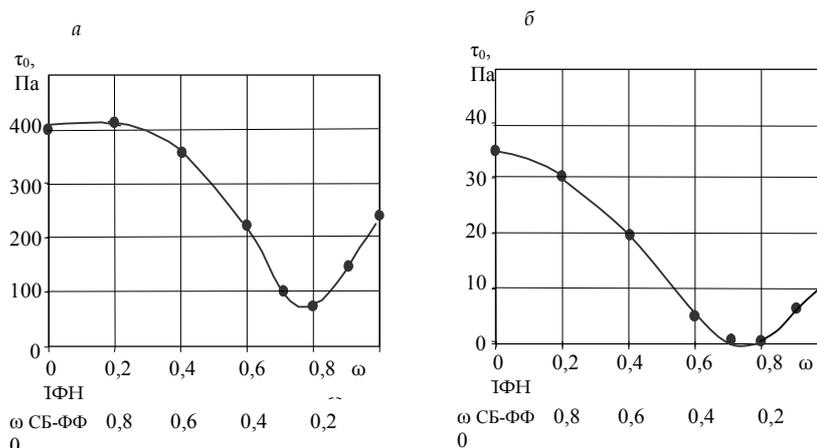


Рис. 2. Влияние соотношения компонентов комплексной добавки СБ-ФФ+ТПФН на предельное динамическое напряжение сдвига τ_0 суспензии каолина: при $V/T = 0.5$ и содержании добавки 0.2% (а); при $V/T = 0.7$ и содержании добавки 0.1% (б)



Оптимальное соотношение компонентов предлагаемой комплексной добавки существенно не зависит от соотношения дисперсной фазы и дисперсионной среды и количества добавки.

На рис. 2 даны кривые зависимости предельного динамического напряжения сдвига от соотношения компонентов СБ-ФФ и ТПФН в добавке при другом содержании добавки и значениях V/T , равных 0.5 и 0.7.

Установлено, что для добавки С-3+ТПФН также наблюдается явление синергизма в суспензиях каолина, но оптимальным является соотношение компонентов С-3 и ТПФН, когда доля С-3 в добавке близка к 15%.

Однако эффективность такого комплекса ниже, чем на основе СБ-ФФ. При определенном сочетании компонентов реотана и ТПФН также наблюдается некоторое улучшение разжижающих свойств полученной добавки, однако это улучшение менее выражено, оптимум находится при другом соотношении реотан : ТПФН, близком к соотношению 2:3 соответственно. Действие компонентов комплекса на реологию каолина близко к аддитивному, что объясняется сходным (электростатическим) механизмом действия обоих компонентов добавки.

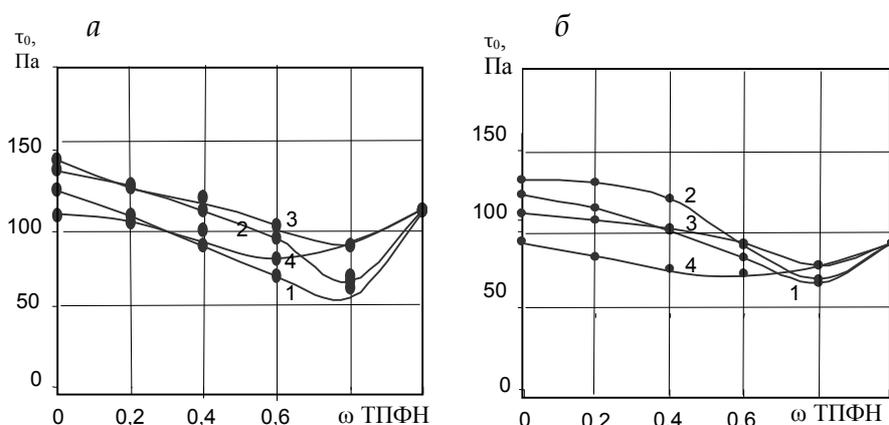


Рис. 3. Влияние соотношения компонентов комплексной добавки на предельное динамическое напряжение сдвига τ_0 суспензии глины Веско гранитик (а), глины Веско керамик (б): 1 – СБ-ФФ+ТПФН; 2 – СБ-5+ТПФН; 3 – С-3+ТПФН; 4 – реотан+ТПФН

Влияние соотношения компонентов на предельное динамическое напряжение сдвига глин представлено на рис. 3. Как видно из рисунка, оптимальное соотношение компонентов так же, как и для каолина, составляет 1:4. Однако улучшение реологических параметров при таком соотношении проявляется в меньшей степени, чем в суспензиях каолина, что очевидно вызвано снижением доли алюмоокислородных соединений в составе глин по сравнению с каолином. Меньше проявляется синергизм в суспензиях глины Веско керамик, имеющей меньшую долю глинозема и большую долю кварца.

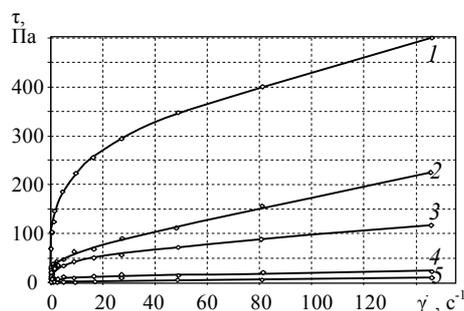


Рис. 4. Реологические кривые суспензии каолина с различными концентрациями комплексной добавки на основе СБ-ФФ 1 – без добавок; 2 – 0.1%; 3 – 0.2%; 4 – 0.4%; 5 – 0.6%

Добавки оказывают максимальное влияние на реологические параметры, на наш взгляд, при таком соотношении компонентов, когда наиболее полно проявляется электростатическое отталкивание между частицами, обусловленное в большей степени ТПФН, и действие структурных сил, преимущественно за счет добавки на основе СБ-ФФ или С-3, имеющих объемные ароматические кольца с хорошо сольватируемыми функциональными группами. На рис. 4 представлены реологические кривые суспензии каолина с различными концентрациями комплексной добавки на основе СБ-ФФ.

Кривые, полученные для суспензий с содержанием комплексных добавок более 0,3%, показывают, что реологические свойства суспензий приближаются к реологическим свойствам жидкообразных систем, для описания которых применимо уравнение Ньютона. Аналогичные зависимости были получены и для глин с комплексными добавками, но при большем содержании добавок.

При введении щелочных добавок на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров и добавок ТПФН наблюдается рост значения pH среды. Для объяснения механизма действия добавок необходимо было определить влияние значения pH на изменение реологических параметров суспензий. Для этого были проведены отдельные исследования, в которых в суспензии, не содержащие добавок, вводили $NaOH$ до определенных значений pH , измеряли реологические параметры суспензий (табл. 1). Из таблицы видно, что изменение pH среды при введении в суспензию разработанных комплексных добавок на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров не является определяющим фактором влияния добавок на изменение реологических параметров суспензии каолина. Исследования показали, что для суспензий исследуемых глин влияние pH среды также относительно не велико.

Одним из факторов агрегативной устойчивости лиофобных дисперсных систем является электростатический фактор. О сравнительной величине сил электростатического отталкивания при исследованиях обычно судят по величине электрокинетического потенциала (ζ -потенциала) поверхности дисперсных частиц. Исследовали влияние добавок на ζ -потенциал суспензии каолина, а также суспензий дробленого кварцевого песка и дробленого глинозема, которые использовали в качестве модельных систем.

Таблица 1

Влияние добавок на реологические параметры и pH среды суспензий каолина ($v/\tau = 0.65$)

Параметры суспензии	Вид и концентрация добавки (С,м%)					
	Без добавок	СБ-ФФ, (0,1%)	ТПФН (0,1%)	Комплекс СБ-ФФ+ТПФН (0,1%)	$NaOH$ ($5.7 \cdot 10^{-5}$ моль/л)	$NaOH$ ($1.4 \cdot 10^{-4}$ моль/л)
pH	8.0	8.4	8.3	8.4	8.5	9.0
τ_0 , Па	240	106	95	11	210	210
$\eta_{пл}$, Па·с	0.50	0.28	0.25	0.15	0.32	0.32

Максимальное количество каждой добавки составляло 0.12% от массы твердой фазы для кремнезема и 0.3% для глинозема. При таком содержании наиболее интенсивно изменяются реологические параметры суспензий. На рисунке 5 показано влияние массовой доли индивидуальных добавок от этого числа (кривые 1 и 2) и массового соотношения компонентов в комплексной добавке при ее постоянном содержании 0.12% (кривая 3) на величину ζ -потенциала. Пунктиром дана расчетная кривая при независимом аддитивном влиянии добавок на ζ -потенциал. Как видно из рисунка, расчетная и экспериментальная кривые практически совпадают, что говорит об аддитивном влиянии на ζ -потенциал компонентов данной комплексной добавки при их совместном введении. В довольно широком интервале соотношений компонентов (оптимум 60-80% ТПФН) абсолютное значение электрокинетического потенциала суспензий выше, чем при введении индивидуальных добавок. При таком сочетании компонентов σ_a может быть достигнута на σ_b льшая агрегативная устойчивость суспензий.

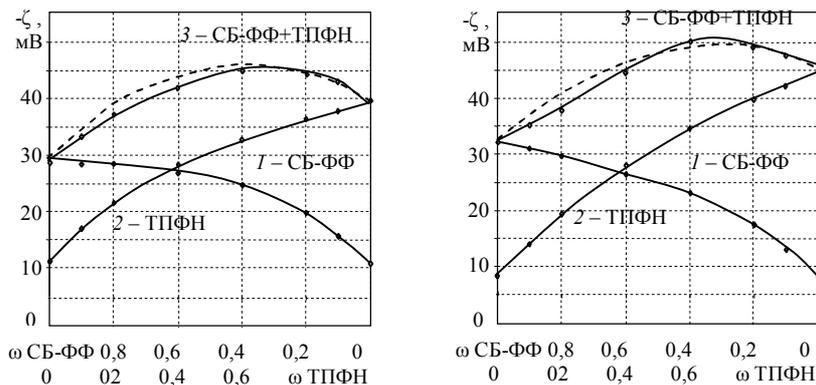


Рис. 5. Зависимость электрокинетического потенциала суспензий кремнезема (а) и глинозема (б) от содержания добавок ТПФН, СБ-ФФ и от массовой доли компонентов в комплексной добавке СБ-ФФ+ТПФН

Аналогичные кривые зависимости электрокинетического потенциала от содержания добавок получены для суспензий каолина (рис. 6). При содержании в комплексной добавке 20-30% компонента на основе флороглюцинфурфуrolных олигомеров и 70-80% ТПФН ζ -потенциал суспензий имеет наибольшее абсолютное значение. Теоретические и экспериментальные кривые удовлетворительно совпадают.

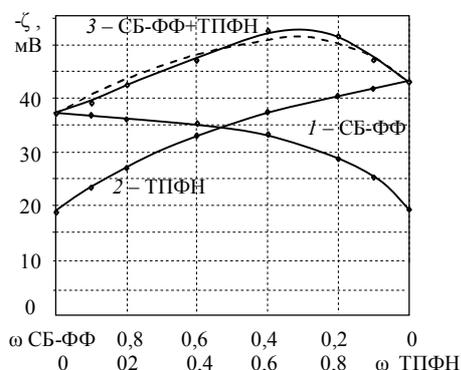


Рис. 6. Зависимость электрокинетического потенциала суспензий каолина от содержания добавок ТПФН, СБ-ФФ и от массовой доли компонентов в комплексной добавке СБ-ФФ+ТПФН

Снижение значения τ_0 суспензий каолина в области оптимального содержания компонентов в комплексной добавке более интенсивно. Изменение наблюдается в более узком интервале соотношений компонентов. Это свидетельствует о том, что на реологические свойства суспензий оказывают также влияние и другие, не электростатические силы. При введении добавок на основе флороглюцинфурфуrolных олигомеров, имеющих объемные ароматические кольца с хорошо сольватируемыми функциональными группами, могут проявляться структурные силы, роль которых может быть весьма существенной в концентрированных суспензиях, находящихся в особых «стесненных» условиях, когда частицы дисперсной фазы в местах контактов значительно сближаются.

Введение комплексных разжижающих добавок приводит к снижению суммарной энергии связи между частицами в коагуляционных структурах и к разрушению коагуляционных структур, изменению реологического характера течения от бингамовского к ньютоновскому. В разбавленных суспензиях с теми же фазами при введении добавок происходит дезагрегация – распад относительно крупных агрегатов до первичных частиц.

На рис. 7 приведены дифференциальные кривые распределения частиц для суспензий глины Веско гранитик при содержании добавок 0,5%. Как видно из рисунка, увеличение концентрации разжижающих компонентов в глинистой суспензии приводит не только к уменьшению наиболее вероятного радиуса частиц, но и наблюдается более узкое распределение частиц по радиусам, что свидетельствует о повышении агрегативной устойчивости системы.

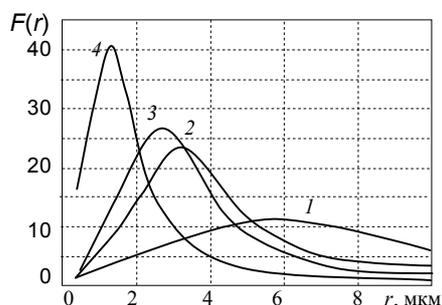


Рис. 7. Дифференциальные кривые распределения частиц по радиусам для суспензий глины Веско гранитик с добавками: 1 – без добавок; 2 – СБ-ФФ; 3 – ТПФН; 4 – комплекс СБ-ФФ+ТПФН

Аналогичные кривые были получены и для других дисперсных систем с индивидуальными и с комплексными добавками. Исследования показали, что комплексная добавка СБ-ФФ+ТПФН является более эффективным диспергатором исследуемых суспензий. На рис. 8 и 9 приведены изотермы адсорбции СБ-ФФ и ТПФН на частицах кремнезема и глинозема из растворов, содержащих как СБ-ФФ или ТПФН отдельно (кривые 1, 3), так и комплекс СБ-ФФ+ТПФН (кривые 2, 4). Как видно из рисунков, ха-

рактически изотерм адсорбции компонентов из растворов этих компонентов в исследованном интервале концентраций, близок к характеру изотерм мономолекулярной адсорбции.

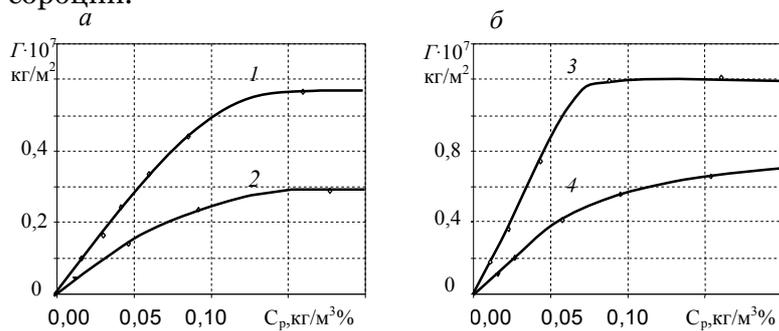


Рис. 8. Изотермы адсорбции для суспензии кремнезема (*а* – СБ-ФФ; *б* – ТПФН) из растворов: 1 – СБ-ФФ; 2 – СБ-ФФ+ТПФН; 3 – ТПФН; 4 – СБ-ФФ+ТПФН

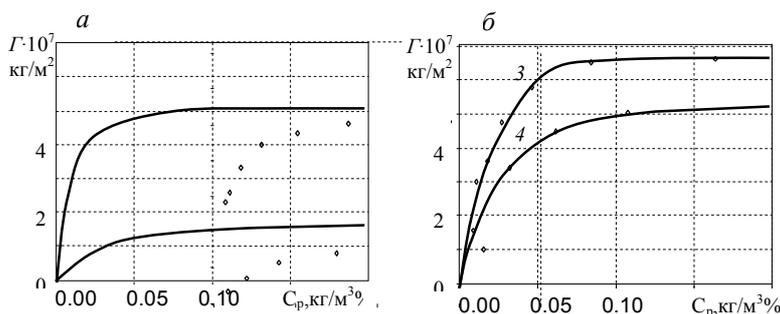


Рис. 9. Изотермы адсорбции для суспензии глинозема (*а* – СБ-ФФ; *б* – ТПФН) из растворов: 1 – СБ-ФФ; 2 – СБ-ФФ+ТПФН; 3 – ТПФН; 4 – СБ-ФФ+ТПФН

Адсорбция компонентов добавки на кремнеземе и на глиноземе различна. Емкость адсорбционного монослоя ТПФН в присутствии в растворе СБ-ФФ на глиноземе снижается (рис.9, б), но незначительно (на 15-20%). Емкость адсорбционного монослоя СБ-ФФ в присутствии ТПФН снижается (рис.9, а) на 70-75%. СБ-ФФ и ТПФН при адсорбции на глиноземе из растворов комплексов распределяются в адсорбционном слое так, что доля СБ-ФФ составляет 20-25 масс. %. Это соотношение удовлетворительно соответствует соотношению компонентов добавок в растворе, при котором наблюдается наибольшее изменение электрокинетического потенциала и реологических характеристик суспензий.

Адсорбция на частицах дисперсного кремнезема протекает при значительно больших равновесных концентрациях, а емкость монослоя на порядок меньше, чем на частицах глинозема. В присутствии второго компонента снижается емкость монослоя как СБ-ФФ, так и ТПФН пропорционально доле второго компонента.

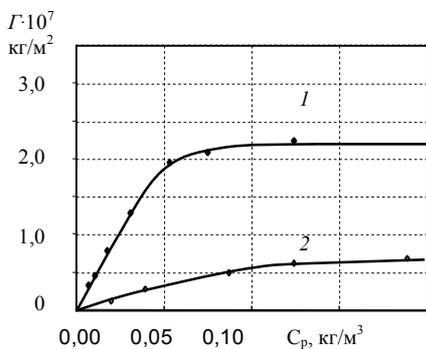


Рис. 10. Изотермы адсорбции СБ-ФФ для суспензии каолина из растворов: 1-СБ-ФФ; 2-СБ-ФФ+ТПФН

Изотермы адсорбции СБ-ФФ и СБ-ФФ в составе комплекса на частицах дисперсной фазы из суспензий каолина представлены на рис. 10.

Как видно из рисунка, изотермы адсорбции СБ-ФФ на частицах каолина из растворов СБ-ФФ также имеют типичный характер, соответствующий мономолекулярной адсорбции. Характер снижения емкости монослоя подобен тому, что наблюдалось для суспензий глинозема (рис. 9). При адсорбции из растворов комплексной добавки, доля СБ-ФФ в адсорбционном слое составляет 20-25%, что близко к содержанию в адсорбционном слое на частицах глинозема. Однако емкость адсорбционного монослоя на единицу поверхности каолина в два-три раза ниже, чем на поверхности глинозема. Еще ниже емкость монослоя СБ-ФФ на единицу поверхности исследуемых глин. Все эти данные показывают, что характер адсорбции на поверхности частиц каолина и глин определяется в основном адсорбционными центрами, свя-



занными с содержанием алюмоокислородных соединений. Соотношение $SiO_2: Al_2O_3$ в элементарной ячейке для образующих минералов: каолинита 1:1, гидрослюд 2:1. По мере снижения доли Al_2O_3 снижается емкость монослоя на поверхности исследуемых дисперсных фаз.

Заключение

Разработана новая комплексная органоминеральная добавка, содержащая флороглюцинфурфурыльные олигомеры СБ-ФФ и триполифосфат натрия, для регулирования агрегативной устойчивости и реологических свойств суспензий сложного минералогического состава с высоким содержанием алюмоокислородных соединений в составе дисперсной фазы. Установлено, что при определенном соотношении компонентов комплексной добавки наблюдается эффект синергизма – взаимное усиление действия компонентов при совместном введении в суспензии каолина, глин по сравнению с суммарным действием индивидуальных компонентов.

Адсорбция СБ-ФФ и ТПФН из растворов на частицах исследуемых суспензий носит мономолекулярный характер. При совместном введении компонентов наблюдается конкурентная адсорбция. На частицах суспензии глинозема в адсорбционном слое устанавливается соотношение СБ-ФФ : ТПФН $\approx 1 : 4$. Емкость монослоя компонентов на поверхности частиц глинозема в несколько раз выше, чем на поверхности частиц кремнезема. Доля СБ-ФФ в адсорбционном слое исследуемых суспензий каолина и глин в присутствии ТПФН составляет 20-25%, что близко к содержанию в адсорбционном слое на частицах глинозема. Емкость адсорбционного монослоя на единицу поверхности каолина и глин в два-три раза меньше, чем на поверхности глинозема. Это говорит о том, что характер адсорбции компонентов разработанной добавки на поверхности каолина и глины определяется адсорбционными центрами, связанными, в основном с содержанием алюминатных составляющих.

При оптимальных дозировках комплексных добавок реологический характер течения суспензий изменяется с тиксотропного на ньютоновский, происходит изменение критической концентрации структурообразования исследуемых каолина и глин с 42-46% до 60-65%. Более активной является предложенная комплексная добавка.

В результате адсорбции комплексных добавок снижается удельная свободная поверхностная энергия на границе твердое тело – жидкость, происходит пептизация агрегатов, уменьшение радиуса частиц в среднем до 1-2 мкм, то есть до размеров первичных частиц, максимальное снижение полидисперсности системы.

Установлено, что при определенном соотношении компонентов добавки наблюдается наибольшее увеличение абсолютного значения электрокинетического потенциала. Модельный расчет потенциальных кривых взаимодействия частиц в суспензии каолина показал, что в результате адсорбции молекул модификаторов на поверхности частиц силы отталкивания начинают преобладать над молекулярными силами притяжения, что обусловлено совместным действием электростатического и адсорбционно-сольватного факторов агрегативной устойчивости. Снижение энергии коагуляционного контакта до величин, сравнимых с энергией теплового движения, приводит к агрегативной устойчивости системы, пептизации агрегатов до первичных частиц, изменению реологического характера течения суспензии.

Список литературы

1. Слюсарь А.А., Слюсарь О.А., Здоренко Н.М. Реологические свойства и критическая концентрация структурообразования суспензий каолина с комплексными добавками // Стекло и керамика. – 2008. – №8. – С.35–36.
2. Слюсарь А.А., Слюсарь О.А., Здоренко Н.М. Комплексные разжижающие добавки для керамического шликера // Стекло и керамика – 2009. – №8. – С.29 – 30.
3. Здоренко Н.М., Горобец А.В. Новая комплексная разжижающая добавка для минеральных суспензий // Сборник международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2009. – С.163–164.

REGULATION OF COLLOID-CHEMICAL PROPERTIES OF CAOLIN AND CLAY SUSPENSIONS BY COMPLEX ADDITIVES

A.A. Slyusar¹

O.A. Slyusar¹

N.M. Zdorenko²

*¹ Belgorod Shukhov State
Technological University*

*Kostyukov St., 46, Belgorod,
308012, Russia*

E-mail: o.slyusar@mail.ru

*² Belgorod University
of Consumer's Cooperation*

*Sadovaja St., 116 a, Belgorod,
308023, Russia*

E-mail: zdnatali@yandex.ru

Influence of separate components and complex additives on rheological properties and aggregative stability of caolin and clay suspensions is studied. It is shown that at a certain parity of some components a considerable strengthening of diluting ability in comparison with prospective additive action is observed. Character of joint adsorption of components of additives and influence on electrokinetic properties of caolin and clay suspensions are investigated.

Key words: complex additives, suspensions, rheological properties, aggregative stability, electrokinetic properties.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ТИОФЕНОВ ХРОМАГРАФИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

В.И. Дейнека¹

А.М. Григорьев²

М.Ю. Третьяков¹

¹ *Белгородский государственный национальный исследовательский университет*

Россия, 308015 Белгород, ул. Победы, 85

E-mail: deineka@bsu.edu.ru

² *ГУЗ Бюро судебно-медицинской экспертизы по Белгородской области*

Россия, 308017 Белгород, ул. Волчанская, 159

Методом обращено-фазовой ВЭЖХ со спектрофотометрическим детектированием исследовано разделение природных политиофенов, характерных для ряда растений рода бархатцы и некоторых других родов семейства сложноцветные. Обсуждаются особенности разделения тиофенов в элюентах с различными органическими составляющими: ацетонитрила, ацетона и 2-пропанола. Количественное содержание тиофенов определено с использованием спектрофотометрического метода, а их строение было подтверждено методом ГЖХ с масс-спектрометрическим детектированием. Исследованы возможности определения тиофенов в экстрактах методом ТСХ на пластинах (силикагелевых) «Сорбфил» с обнаружением по яркой голубой флуоресценции в УФ свете (354 нм).

Ключевые слова: ОФ ВЭЖХ, ТСХ, ГЖХ, спектрофотометрия, масс-спектрометрия, тиофены, *Tagetes* sp.

Введение

Паразитические нематоды растений отвечают за потерю от 10 до 50% урожая многих сельскохозяйственных культур во всем мире, поэтому для снижения численности этих организмов в почве приходится использовать экологически небезопасные синтетические препараты [1]. Альтернативой использованию таких веществ может служить применение природных тиофенов, накопление которых характерно для корней ряда растений семейства сложноцветные [2], и в первую очередь такого популярного цветкового декоративного растения, как бархатцы (*Tagetes*) [3]. Особо выделим это растение, поскольку лепестки его цветков являются уникальным сырьем для производства лютеина (и зеаксантина) для медицинской промышленности [4], что позволяет рассчитывать на возможность комплексной утилизации всего растения. Кроме того, для производства тиофенов возможно использование культуральных клеточных технологий [3]. Число различных производных тиофенов довольно велико, но важнейшими из них являются соединения I–IV (схема 1).

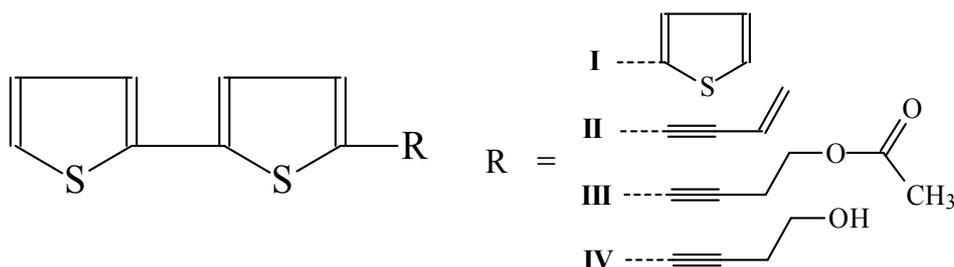


Схема 1. Строение важнейших природных тиофенов

Природные тиофены не устойчивы при УФ-облучении: обладают специфической фототоксичностью [5], флуоресцируют синим светом [6]. Для определения тиофенов с целью уточнения биосинтеза этих соединений в бархатцах известно использование капиллярной газо-жидкостной хроматографии [7, 8], причем комбинация этого метода с масс-спектрометрическим детектированием позволила определять минорные составляющие сложных смесей природных тиофенов. Тонкослойная хроматография на силикагелевых пластинах с флуоресцентным индикатором и с метанолом в качестве подвижной фазы были использованы для качественного анализа тиофенов после

опрыскивания пластин 0.4%-ным раствором изатина в концентрированной серной кислоте в УФ (254 нм) свете [9]. Заметно более простая процедура была использована в работе [8], в которой использована способность тиофенов флуоресцировать при УФ-облучении. Но ВЭЖХ в аналитических целях используется чаще. В работе, посвященной разработке быстрого метода анализа тиофенов в сложных смесях [10], предложен обращено-фазовый вариант ВЭЖХ со сложной подвижной фазой на основе смеси ацетонитрил – вода (72:28), содержащей по 10 мМ калий-фосфатного буфера (рН=3.2) и хлорида тетраметиламмония. Впрочем, в других работах использовали смеси ацетонитрила с водой без каких-либо добавок [11, 12] или метанола с водой [13].

Цель настоящей работы – систематизация хроматографических методов анализа смеси тиофенов в условиях обращено-фазовой ВЭЖХ и нормально-фазовой ТСХ.

Материалы и методы исследования

Корни растений трех видов бархатцев: отклоненных (*T. patula*), прямостоячих (*T. erecta*) и тонколистных (*T. tenuifolia*) и других растений сушили на воздухе до воздушно-сухого состояния, измельчали и экстрагировали ацетонитрилом непосредственно в ступке при разминании пестиком. Экстракт отделяли от осадка и переносили в мерную колбу, туда же добавляли вторую порцию экстракта, полученную аналогично из твердого остатка и новой порции экстрагента. Раствор в колбе доводили до метки, и перед введением в хроматограф фильтровали через мембрану фторопластовую гидрофильную МФФК-3Г (0.45 мкм).

В работе использована хроматографическая система, составленная из насоса Al-tex 110А, крана дозатора Rheodyne 7200 с петлей объемом 20 мкл. Хроматографическая колонка: 4×250 мм, Диасфер-110-С18, 5 мкм. Детектор – спектрофотометрический с варьируемой длиной волны (детектор Nicolet LC/9563). Для регистрации и обработки хроматограмм использовали ПП МультиХром 1.5.

Для разделения тиофенов по фракциям использовали ТСХ на пластинах «Сорбфилл» (10×10 см, силикагель) в подвижных фазах *n*-гексан – ацетон (10:1; $R_f = 0.59$ – фракция 1 и 10:0.05 $R_f = 0.80$ – фракция 2 и $R_f = 0.84$ – фракция 3).

Исследование фракций методом ГХ-МС: Хроматограф: Agilent 6890N. Колонка: кварцевая капиллярная EVDX-5ms (длина 25 м, внутренний диаметр 0.20 мм, толщина пленки неподвижной фазы 0.33 мкм). Газ-носитель: гелий, расход через колонку 0.8 мл/мин. Температурный режим колонки: градиент - начальная температура 50°C, выдержка 0.5 мин, подъем до 100°C со скоростью 99°/мин и выдержка 1 мин, подъем до 300°C со скоростью 35°/мин и выдержка 20 мин; время записи хроматограммы 27 мин. Испаритель: режим без деления потока (0.4 мин), температура 270°C, объем вводимой пробы 1 мкл. Интерфейс детектора: температура 290°C. Детектор: масс-спектрометрический квадрупольный Agilent 5975С. Тип ионизации: электронный удар (70 эВ). Температура ионного источника 230°C. Температура масс-фильтра 150°C. Диапазон масс: 45-550 а.е.м. Система обработки данных: MSD ChemStation E.01.00 (Agilent).

Для приготовления подвижных фаз использовали растворители: ацетон ч.д.а. ЗАО «Экос-1», ацетонитрил х.ч., ООО «ХромРесурс».

Результаты исследования и их обсуждение

ВЭЖХ тиофенов. Хроматограммы экстрактов боковых корней бархатцев трех видов, выращенных в условиях Белгорода, представлены на рис.1.

Очевидно, что набор тиофенов богаче в случае вида *T. erecta*: кроме одного основного пика, характерного для экстракта корней *T. tenuifolia*, на хроматограмме детектируются второй и третий компоненты, составляющие конкуренцию веществу II; в экстракте корней *T. patula* содержание этих компонент несколько меньше. Вещества I-III были идентифицированы с использованием разделения экстракта на три фракции тиофенов с последующим определением соединений методом ГЖХ с масс-спектрометрическим детектированием.

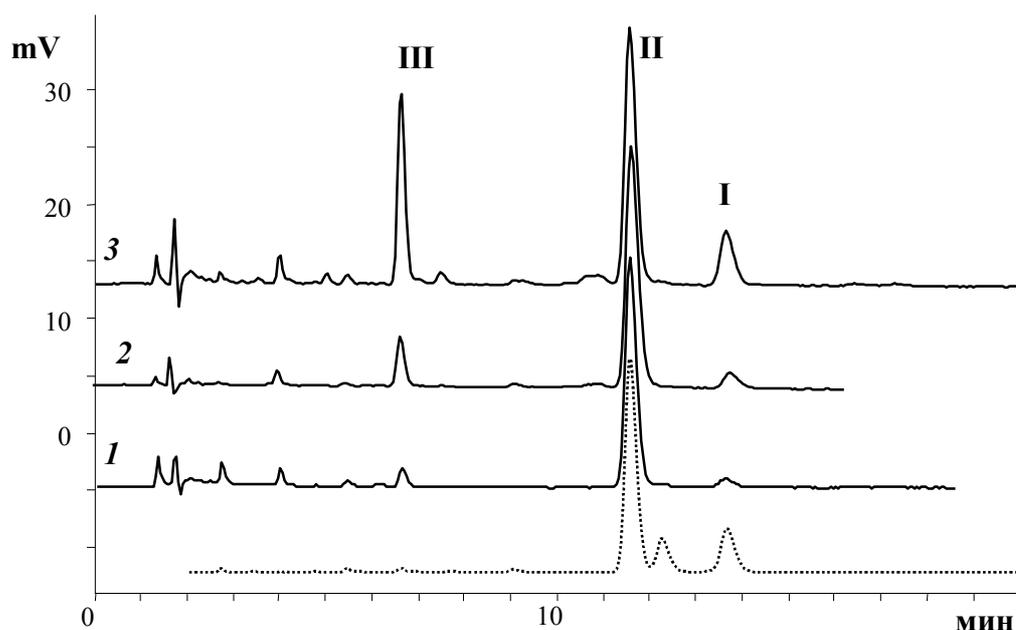


Рис. 1. Разделение тиофенов экстрактов корней растений рода *Tagetes*
 1 – *T. tenuifolia*; 2 – *T. patula*; 3 – *T. erecta*; пунктирная линия – *Echinops sphaerocephalus*.
 Колонка: 250×4 мм, Диасфер-110-С18, 5 мкм; подвижная фаза: вода – ацетонитрил (2 : 8 об.),
 1 мл/мин., детектор: 340 нм

При исследовании хроматографического поведения экстрактов корней бархатцев в различных составах подвижных фаз системы «ацетонитрил – вода» было установлено, что осложнений в разделении трех основных тиофенов (I–III) нет. Т.е. в таких случаях нет необходимости в усложнении состава подвижной фазы введением каких-либо добавок. Поскольку соединения I–III можно отнести к гидрофобным, то интерес представляла возможность существования общности в аналитической зависимости относительного удерживания пар веществ, характерная для гидрофобных соединений [14]. Такая общность может быть использована для предположительной идентификации соединений при отсутствии стандартных образцов соединений. На карте относительного удерживания [15], в которой в качестве вещества сравнения использовано производное II, представлены данные, полученные при выполнении настоящей работы, и точки, построенные по литературным данным (для других стационарных фаз), рис.2. Относительное удерживание вещества I по данным, полученным в разные дни на протяжении одного года, описывается уравнением с тангенсом угла наклона, близким к единице:

$$\lg k(\text{I}) = 0.989 \cdot \lg k(\text{II}) + 0.090, \quad (1)$$

с отклонением не более 0.003 логарифмические единицы, хотя были использованы две колонки различной длины (250 и 150 мм) с фазами Диасфер-110-С18 из различных партий сорбента, причем во втором случае колонка была без эндкеппинга. Отсутствие эндкеппинга не привело также и к отклонению точек, полученных для фазы без эндкеппинга, от общего уравнения относительного удерживания соединения III:

$$\lg k(\text{III}) = 0.909 \cdot \lg k(\text{II}) - 0.260, \quad (2)$$

что может свидетельствовать о незначительности вклада водородной связи в суммарное удерживание соединения III, несмотря на наличие сложноэфирной группировки в молекуле.

Относительно согласованности полученных зависимостей с точками, построенными по литературным данным, отметим следующее:

1) относительное удерживание соединения I по данным работы [10] с небольшим для грубого указания времени удерживания (с точностью до одного знака после за-

пятой) соответствует уравнению (1); для данных работ [12] и [13] такое отклонение несколько больше;

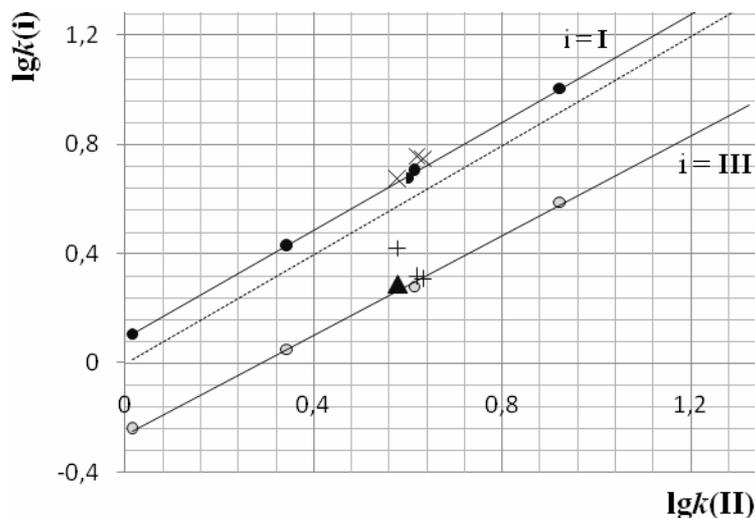


Рис. 2. Карта разделения веществ (I – III)

2) относительное удерживание соединения **III**, напротив, хорошо соответствует уравнению (2) для данных работ [12] и [13]; а по данным работы [10] этому уравнению соответствует удерживание соединения, идентифицированного как вещество **IV** (\blacktriangle); при этом увеличения удерживания вещества **III** нельзя объяснить введением в элюент ион-парной добавки. Подобная ситуация больше похожа на ошибку в идентификации тиофенов, тем более, что в экстракте существует соединение, элюирующееся между веществами **II** и **III**, хорошо заметное при детектировании при длине волны 290 нм, рис. 3.

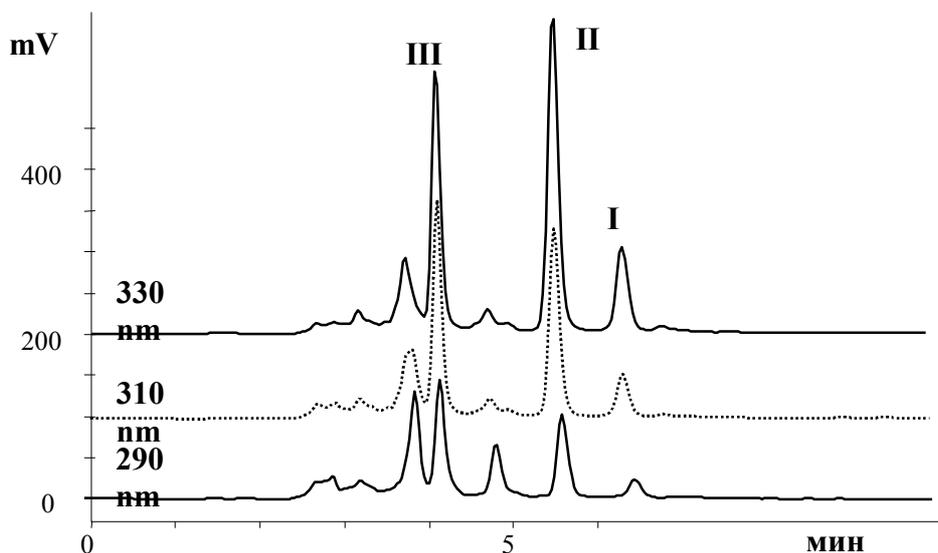


Рис. 3. Хроматограммы экстракта корней *T. erecta* при различных длинах волн
Подвижная фаза 100% ацетонитрил.

Таким образом, вероятность образования водородных связей между остаточными силанольными группами и веществом **III** не велика, но иной тип взаимодействия тиофенов со стационарными фазами исключить полностью нельзя. Однако в целом возможность переноса параметров относительного удерживания с одних стацио-



нарных фаз на другие существует, если не игнорировать возможность варьирования вкладов специфических взаимодействий «сорбат – сорбент» для каждой из рассматриваемых стационарных фаз.

Расширение числа объектов исследования на корни других растений семейства сложноцветные (*Compositae*) показало, что все-таки существует необходимость уточнения состава подвижной фазы. В частности она продиктована тем, что при исследовании тиофенов корней другого растения – *Echinops sphaerocephalus* выясняется, что в быстрых элюентах под пиком вещества **II** находился еще один компонент – **V**, строение которого в настоящей работе не устанавливали. Полное разделение **III** и **V** возможно только при содержании воды в водно-ацетонитрильных подвижных фазах более 20 об.%, рис. 4.

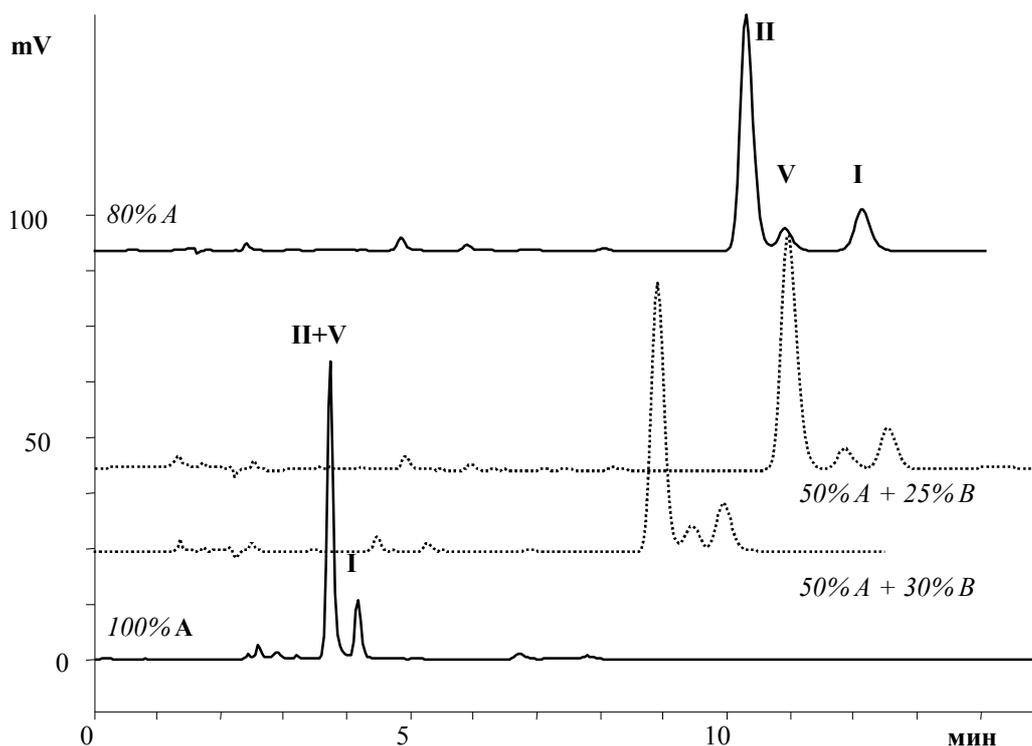


Рис. 4. Разделение веществ экстракта *Echinops sphaerocephalus*

На рисунке указаны объемные доли органических модификаторов водных подвижных фаз: А – ацетонитрил; В – ацетон. Условия записи хроматограммы см. рис.1. V – неидентифицированный компонент

Для поиска оптимальных элюентов в настоящей работе исследовали влияние добавок 2-пропанола и ацетона на разделение веществ **II** и **V**. При этом по тангенсам углов наклона зависимостей «логарифм фактора удерживания **II** как функция объемной доли модификатора» было найдено, что элюирующая сила убывает в ряду:

ацетон – 2-пропанол – ацетонитрил.

При этом только добавки ацетона изменяют селективность разделения компонентов **II** и **V**, что позволяет разделить эти вещества **II** и **V** за меньшее время хроматографирования при прочих равных условиях, рис. 4.

Следовательно, более эффективными элюентами (по сравнению со смесями ацетонитрила с водой) являются смеси воды, ацетонитрила и ацетона (например, состава 20:50:30 по объему, соответственно).

Проблему количественного определения тиофенов мы решали комбинацией спектрофотометрического и хроматографического методов с учетом того, что молярные коэффициенты экстинкции тиофенов (**I–III**) различаются не более чем на 1-2 % [16]. В работе был использован молярный коэффициент экстинкции для соединения **I**, $\epsilon(\mathbf{I}) = 24100 \text{ моль}^{-1} \cdot \text{дм}^3 \cdot \text{см}^{-1}$ [17]. Для количественного определения тиофенов в условиях ВЭЖХ выделяли концентрированную фракцию суммы соединений **I+II**, в получен-

ном концентрате определяли концентрацию тиофенов спектрофотометрическим методом; этот же концентрат затем использовали для градуировки отклика детектора, используя в дальнейшем этот же градуировочный коэффициент для веществ **I–III**. Результаты определения тиофенов в некоторых объектах представлены в табл.

Таблица

Содержание тиофенов I–III в корнях бархатцев и мордовника

Объект	Содержание тиофенов, г на 100 сухого материала			
	I	II	III	Сумма
<i>Tagetes tenuifolia</i> (бархатцы тонколистные)				
боковые корни (n = 3)	0.079 ± 0.005	0.722 ± 0.012	0.158 ± 0.003	0.959 ± 0.020
<i>T. patula</i> (бархатцы отклоненные)				
боковые корни (n = 3)	0.114 ± 0.007	0.535 ± 0.020	0.035 ± 0.005	0.684 ± 0.032
<i>T. erecta</i> (бархатцы прямостоячие)				
боковые корни (n = 7)	0.122 ± 0.005	0.172 ± 0.010	0.116 ± 0.010	0.418 ± 0.025
кора основного корня	0.012	0.071	0.827	0.911
основной корень	0.013	0.011	0.114	0.138
<i>Echinops sphaerocephalus</i> L. (мордовник шароголовый)				
боковые корни (n = 2)	0.394 ± 0.020	0.957 ± 0.005	0.018 ± 0.002	1.269 ± 0.027
кора основного корня	0.121	4.177	1.482	5.780
основной корень	0.002	0.113	0.041	0.156

Эти данные в целом согласуются с результатами работы [18] при несколько более высоком содержании тиофенов, найденном в нашей работе. Однако, во-первых, более точные результаты могут быть получены только при использовании не доступных нам стандартных образцов тиофенов, поскольку расчет содержания тиофенов при УФ-детектировании осложнен несовпадением максимумов абсорбции этих соединений, рис. 5. Во-вторых, количественные характеристики накопления тиофенов могут в значительной степени зависеть от подготовки материала (корней). Действительно, накопление этих веществ наиболее высоко именно в боковых (hair) корнях; при этом в основных корнях эти вещества локализованы во внешней части, что не удивительно, если предполагать, что биосинтез тиофенов определяется их защитной функцией. Кроме того, количественное соотношение веществ **I–III** во всех частях растения не одинаково – во внешней части основного корня преобладает соединение **III**. Наконец, накопление тиофенов в боковых корнях уменьшается при переходе от бархатцев тонколистных к бархатцам прямостоячим, что качественно также согласуется с выводами работы [19], при этом также совпадают тенденции к изменению соотношения тиофенов в экстрактах корней различных видов бархатцев.

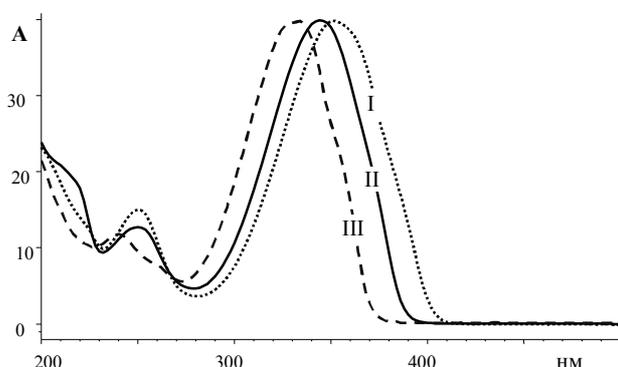


Рис. 5. Спектры соединений I–III
Растворитель: вода – ацетонитрил (20–80 об.). Спектр записан в кювете детектора

Проверяя сообщения о том, что производные тиофенов накапливаются в корнях других растений семейства сложноцветные, мы использовали разработанный метод для анализа экстрактов корней амброзии полыннолистной, пижмы обыкновенной и золотарника канадского. И только в корнях амброзии найдено соединение **I** – около 0.050 г на 100 г сухого материала (рис. 6.)

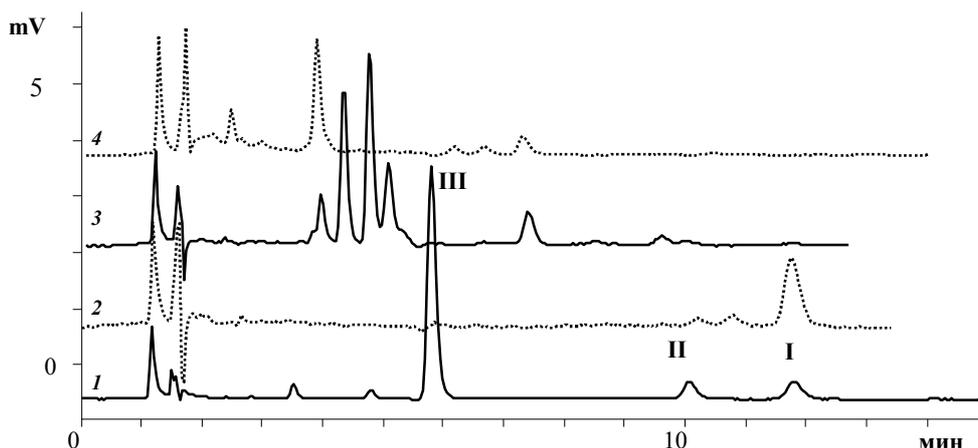


Рис. 6. Хроматограммы экстрактов корней некоторых растений семейства *Compositae*. Растения: 1 – внешняя часть основного корня *T. erecta*; 2 – *Ambrosia artemisiifolia*; 3 – *Tanacetum vulgare*; 4 – *Solidago canadensis*.

Тонкослойная хроматография

Для быстрого определения тиофенов I–III в растительных объектах очень удобна тонкослойная хроматография на алюминированных пластинах Сорбфил с силикагелевым адсорбционным слоем и с проявлением пятен под действием УФ-облучения (354 нм) благодаря интенсивной флуоресценции пятен тиофенов синим светом. Т. е. для обнаружения тиофенов нет необходимости в каких-либо дополнительных обработках пластин. Только нельзя использовать пластины с силикагелем, нанесенным на пластиковую подложку.

В качестве элюентов удобно использование *n*-гексана с добавками ацетона. Из соединений I–III наивысшей подвижностью обладают вещества I и II, причем хроматографическая подвижность II немногим выше, чем соединения I; эти вещества могут быть разделены только при минимальных добавках ацетона (либо в чистом гексане). Любопытно, что интенсивность флуоресценции пятен увеличивается с ростом числа тиофеновых колец в молекуле, поэтому пятно соединения I на пластине светится интенсивнее, чем пятно соединения II, которого обычно больше в анализируемой пробе.

Использование ТСХ позволяет легко обнаружить тиофены в экстракте ксантофиллов из лепестков цветков бархатцев (рис. 7). Обращенно-фазовая ВЭЖХ в данном случае может быть использована только после специфической пробоподготовки. Она необходима для отделения сильно липофильных диэфиров лютеина от умеренно липофильных тиофенов, поскольку при использовании безводного ацетонитрила (для обнаружения тиофенов) диэфиры лютеина выпадают в осадок.

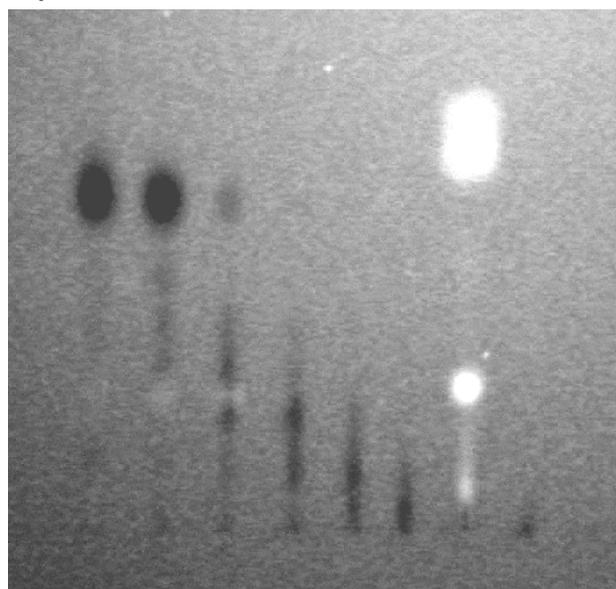


Рис. 7. ТСХ-граммы фракций экстракта лепестков цветков бархатцев

На фотографии показаны последовательные флеш-фракции, полученные с патрона ДИАПАК с силикагелем, на который была нанесена сумма экстрактивных веществ, экстрагированных *n*-гексаном из лепестков цветков бархатцев. Слева направо увеличивали содержание ацетона во флеш-фракции. Крайний справа ряд – экстракт корней бархатцев. Метод ТСХ был использован нами для исследования возможности очистки ксантофиллов от тиофенов методом флеш-хроматографии [20].

Этот же метод позволил установить наличие тиофенов в препарате ОРО ГЛО (Кемин, Бельгия), предназначенном для использования в качестве кормовой добавки при кормлении кур-несушек для увеличения накопления ксантофиллов в желтке яиц.

ГЖХ и масс-спектрометрия

Для идентификации тиофенов была использована газовая хроматография на капиллярной колонке (условия см. выше) с масс-спектрометрическим детектированием. Индивидуальные тиофены выделяли из смеси методом обращено-фазовой ВЭЖХ в выше изложенных условиях. Затем полученные фракции исследовали методом ГЖХ, записывая масс-спектры индивидуальных соединений I–III (рис. 8).

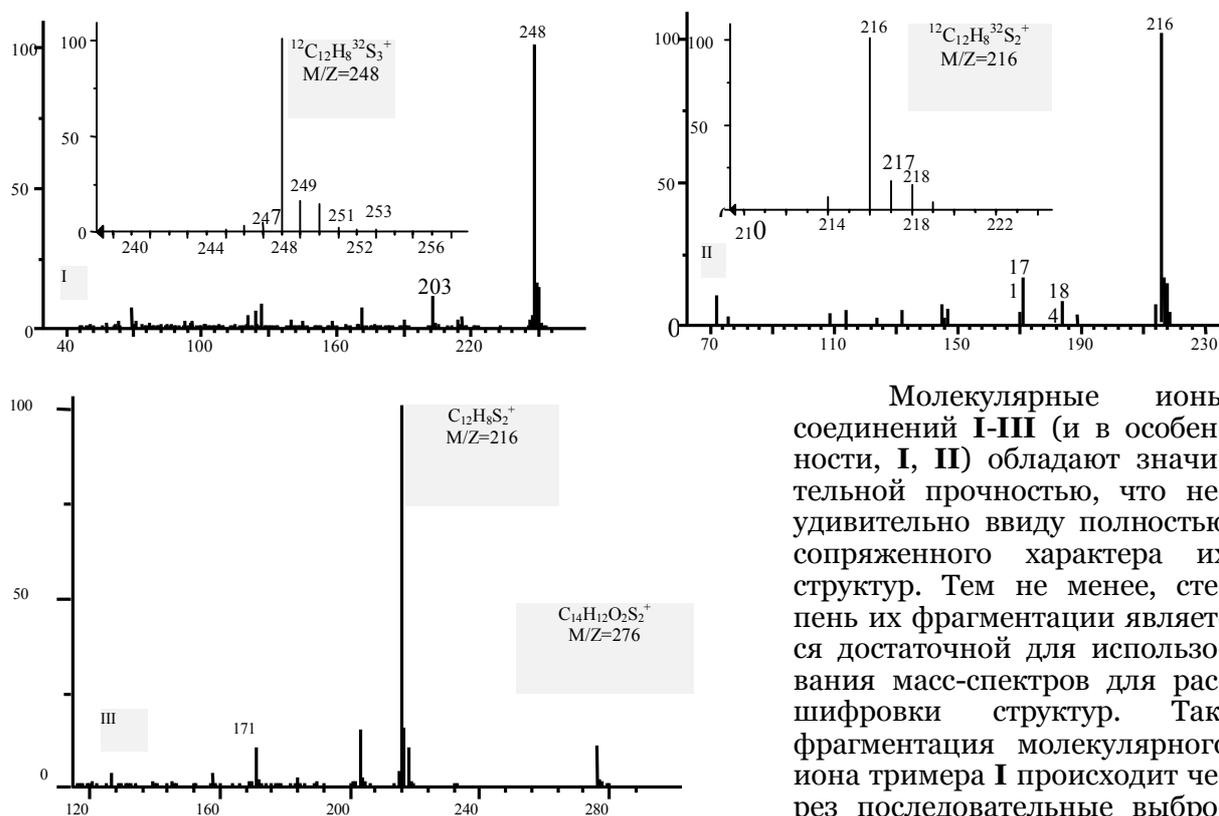


Рис. 8. Масс-спектры тиофенов I - III

[$C_{11}H_7S$] $^+$, m/z 171, и [$C_5H_3S_2$] $^+$, m/z 127, дающие интенсивные пики в спектре и, по-видимому, образующими прочные циклические структуры. Фрагментация молекулярных ионов соединений II, III в целом протекает с образованием подобных фрагментов; для молекулярного иона соединения III характерно отщепление молекул CO_2 ($[C_{13}H_{12}S_2]^{+\bullet}$, m/z 232) и уксусной кислоты ($[C_{12}H_8S_2]^{+\bullet}$, интенсивный пик с m/z 216).

Выводы

Таким образом, в настоящей работе выполнено комплексное исследование применимости хроматографических методов для определения природных тиофенов. Показано, что разделение (и определение) природных тиофенов в экстрактах различных частей растений рода *Tagetes* может быть выполнено с использованием предложенных в работе условий для ВЭЖХ со спектрофотометрическим детектированием, ТСХ по флуоресценции пятен в УФ-свете и ГЖХ с масс-спектрометрическим детектированием.

Список литературы

1. Riga E., Hooper C., Potter J. In vitro effect of marigold seed exudates on plant parasitic nematodes // Phytoprotection. – 2005. - Vol. 86. – P. 31–35.
2. Gommers F.J., Voorin'tholt D.J.M. Chemotaxonomy of Compositae related to their host suitability for *Pratylenchus penetrans* // Neth. J. Pl. Path. – 1976. – Vol. 82. – P.1–8.

Молекулярные ионы соединений I–III (и в особенности, I, II) обладают значительной прочностью, что неудивительно ввиду полностью сопряженного характера их структур. Тем не менее, степень их фрагментации является достаточной для использования масс-спектров для расшифровки структур. Так, фрагментация молекулярного иона тримера I происходит через последовательные выбросы серы ($[C_{12}H_8S_2]^{+\bullet}$, m/z 216 и $[C_{12}H_8S]^{+\bullet}$, m/z 184), а также через ионы $[C_{11}H_7S_2]^{+\bullet}$, m/z 203,



3. Mukundan U., Hjorsto M.A. Growth and thiophene accumulation by hairy root cultures of *Tagetes patula* in media of varying initial pH // *Plant Cell Rep.* – 1991. – Vol. 9. – P. 627-630.
4. Дейнека В.И., Сорокопудов В.Н., Дейнека Л.А., Третьяков М.Ю. Исследование цветков *Tagetes* sp. как источника лютеина // *Хим.-фарм. ж.* – 2007. – Т. 41. – № 10. – С. 30-32
5. Rampone W.M., McCullough J.L., Weinstein G.D., Nail Towers G.H., Berns M.W., Abeysekera B. Characterization of cutaneous phototoxicity induced by topical alpha-terthienyl and ultraviolet A radiation // *J. Invest. Dermatol.* – 1986. – Vol. 87. – P.354-357.
6. Zeichmeister L., Sease J.W. A blue-fluorescing compound, terthienyl, isolated from marigolds // *J. Amer. Chem. Soc.* – 1947. – Vol. 69. – P. 273-275.
7. Margl L., Tei A., Gyurajan I., Wink M. GLC and GLC-MS analysis of thiophene derivatives in plants and in *in vitro* cultures of *Tagetes patula* L. (*Asteraceae*) // *Z. Naturforsch.* – 2002. – Band. 57. – S. 63-71.
8. Szarka Sz., Hethelyi E., Lemberkovics E., Kuzovkina I.N., Banyai P., Szoke E. GC and GC-MS studies on the essential oil and thiophenes from *Tagetes patula* L. // *Chromatographia.* – 2006. – Vol. 63. – S. 67-73.
9. Benavides M.P., Caso O.H. Plant regeneration and thiophene formation in tissue cultures of *Tagetes mendocina* // *Plant Cell Tissue Organ Cult.* – 1993. – Vol. 35. – P. 211-215.
10. Downum K.R., Towers G.H.N. Analysis of thiophenes in the *Tageteae* (*Asteraceae*) by HPLC // *J. Nat. Prod.* – 1983. – Vol. 46. – P. 98-103.
11. Sütfeld R. Distribution of thiophene derivatives in different organs of *Tagetes patula* seedlings grown under various conditions // *Planta.* – 1982. – Vol. 156. – P. 536-540.
12. Croes A.F., van den Berg A.J.R., Bosveld M., Breteler H., Wullems G.J. Thiophene accumulation in relation to morphology in roots *Tagetes patula*. Effects of auxin and transformation by *Agrobacterium* // *Planta.* – 1989. – Vol. 179. – P. 43-50.
13. Mukundan U., Hjorsto M.A. Effect of fungal elicitor on thiophene production in hairy root cultures of *Tagetes patula* // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 1990. – Vol. 33. – P. 145-147
14. Дейнека В.И. Экспериментальное обоснование метода относительного анализа удерживания в ВЭЖХ // *Ж. физ. химии.* – 2006. – Т. 80, № 3. – С. 507-510.
15. Дейнека В.И. Карта хроматографического разделения и инкрементные зависимости в методе относительного анализа удерживания в ВЭЖХ // *Ж. физ. химии.* – 2006. – Т. 80, № 3. – С. 511-516.
16. Norton R.A., Finlayson A.J., Towers G.H.N. Thiophene production by crown galls and callus tissues of *Tagetes patula* // *Phytochemistry.* – 1985. – Vol. 24. – P. 719-722.
17. Sease J.W., Zeichmeister L. Chromatographic and spectral characteristics of some polythienyls. *J. Amer. Chem. Soc.* – 1947. – Vol. 69. – P. 270-273.
18. Munkundan U., Hjorsto M.A. Effect of fungal elicitor on thiophene production in hairy root cultures of *Tagetes patula* // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 1990. – Vol. 33. – P. 145-147.
19. Maritti M., Piccaglia R., Marotti I., Venturi G. *Tagetes* spp.: a source of biologically active substances / Intern/. *South Eur. Symp. Non-Food Crops: From Agriculture to Industry.* Bologna, Italy, 15-16 May 2003 <http://www.ienica.net/italyseminar/italyseminarposters.html>
20. Дейнека В.И., Третьяков М.Ю., Сорокопудов В.Н. Флэш-хроматография: Очистка ксантофиллов бархатцев от тиофенов // *Хроматография и хромато-масс-спектрометрия. Всероссийский симпозиум. Москва, 14-18 апр. 2008 г., Тезисы.* – М.: Граница, 2008. – С. 114.

CHROMATOGRAPHIC METHODS FOR NATURAL THIOPHENES DETERMINATION

V.I. Deineka¹

A.M. Grigoriev²

M.Yu. Tret'yakov¹

¹ *Belgorod State National Research University*

Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: deineka@bsu.edu.ru

² *Belgorod Region Forensic Medical Examination Bureau*

Volchanskaya St., 159, Belgorod, 308017, Russia

Reversed-phase HPLC with spectrophotometric detection has been used for the investigation of resolution of natural thiophenes being the *Tagetes* characteristic substances common for some other *Asteraceae* plants. Particularities of the resolution in mobile phases with acetonitrile, acetone and 2-propanol are discussed. Quantitative determination of thiophenes has been performed spectrophotometrically, the structure has been proved by GC with MS-detection. Determination of thiophenes by TLC upon "SORBFIL" silica plates may be performed due to blue fluorescence at UV (354 nm) excitation.

Key words: RP HPLC, TLC, GC, spectrophotometry, MS, thiophene, *Tagetes* sp.

ИССЛЕДОВАНИЕ КАРОТИНОИДНОГО СОСТАВА МЯКОТИ ТЫКВ

Л.А. Дейнека
И.А. Гостищев
В.И. Дейнека
М.Ю. Третьяков
А.А. Сиротин

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

В работе исследованы каротиноидные комплексы некоторых сортов выращиваемых в России тыкв. Установлено, что в некоторых из них доминирующими являются α - и β -каротины (они могут быть использованы для предотвращения авитаминоза – по витамину А), а в других велика доля лютеина, поэтому последние тыквы могут быть рекомендованы для употребления с целью профилактики возрастной макулярной дегенерации. При этом тип синтезируемых в плодах каротиноидов не определен однозначно видовыми различиями растений.

Ключевые слова: *Cucurbita*, тыква, каротины, лютеин, ВЭЖХ

Введение

Тыква (*Cucurbita*) – род одно- и многолетних растений семейства тыквенные, который насчитывает около 20 видов, дико произрастающих исключительно в Америке [1]. Родиной тыкв является тропическая или субтропическая Америка; упоминание о ней в Европе появились через некоторое время после завершения экспедиции Колумба [2]. Тыквами называют специфической формы плоды четырех видов растений рода *Cucurbita* (*C. pepo*, *C. mixta*, *C. maxima* и *C. moschata*), из которых в России культивируют растения трех видов:

- тыквы крупноплодной (*C. maxima*) с шаровидными белыми или серыми плодами с желтой или оранжевой мякотью, весом до 40-50 кг;
- тыквы обыкновенной или твердокорковой (*C. pepo*) со стеблями и листьями, покрытыми шипами, с плодами овально-цилиндрической формы, с гладкой желто-оранжевой поверхностью, иногда с желто-зеленым рисунком;
- тыквы мускатной (*C. moschata*), с изысканным вкусом, с плодами разнообразной формы, чаще вытянутой, иногда булабовидной с перехватом, розовато-коричневых или желтых оттенков, с оранжевой мякотью и мягкой корой.

Многообразие форм плодов тыкв стало причиной появления нескольких различных названий, например, для обозначения съедобных плодов *C. pepo* в английском языке используют восемь названий, тогда как для русского языка используют только три – тыква, патиссон и кабачок.

Три перечисленные выше вида растений являются не только важнейшими пищевыми культурами, но и источниками фармакологически активных веществ [3], в том числе и каротиноидов во всем мире. Вначале тыквы рассматривались как источники провитамина А (β -каротина), затем было обнаружено, что в некоторых тыквах может синтезироваться другой, необходимый здоровью каротиноид – лютеин [4]. Большое число сортов тыкв различных видов, культивируемых во всем мире, имеет как следствие различный каротиноидный состав и, поэтому, различное лечебно-профилактическое назначение. Соответственно определение типа каротиноидного комплекса плодов тыквы представляется важным при выборе посевного материала и выборе образцов для целей селекции. Сопоставление каротиноидных комплексов некоторых сортов тыкв, выращиваемых в Бразилии, позволило установить, что для *C. moschata* типично накопление β - и α -каротинов, тогда как в плодах *C. pepo* и *C. maxima* доминируют β -каротин и лютеин [4]. Работ по изучению видового состава каротиноидов тыкв отечественных сортов в литературе нами не обнаружено, что и стало задачей настоящего исследования.

Материалы и методы исследования

В работе использованы две хроматографические системы, первая из которых составлена из насоса Altex 110A, крана дозатора Rheodyne 7200 с петлей объемом 20

мкл; детектор – спектрофотометрический с варьируемой длиной волны (Nicolet LC/9563). А вторая система – Agilent Technologies для UPLC с диодно-матричным детектором. Хроматографические колонки: 4.6×250 мм Kromasil-100 5C18 и 2×125 мм, Zorbax 3C18. Для регистрации и обработки хроматограмм использовали ПП МультиХром 1.5 и ChemStation32.

Пробоподготовку проводили обычными методами [5].

Результаты исследования и обсуждение

Одним из лучших методов определения качественного (и количественного) состава каротиноидных комплексов является ВЭЖХ. К настоящему времени число работ по использованию этого метода при определении каротиноидов очень велико (8652 ссылки на сайте SCIRUS на комбинацию слов carotenoids and HPLC в научных журналах), однако практически все работы являются изолированными в хроматографическом отношении исследованиями. Так, хорошо известно, что замена β -иононового кольца на α -иононовое (см. схему) приводит к некоторому увеличению липофильности – и к росту удерживания в условиях обращенно-фазовой ВЭЖХ.

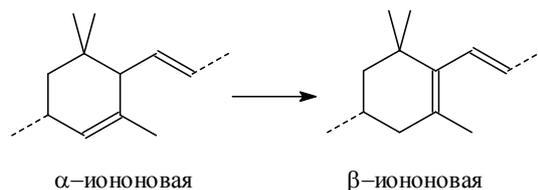


Схема. Структуры концевых фрагментов

Этого небольшого структурного различия достаточно для разделения α - и β -каротинов, лютеина и зеаксантина и т.д. в условиях обращенно-фазовой хроматографии. Но для надежного разделения соответствующих изомеров требуются элюенты с относительно большим удерживанием этих соединений. Так, в элюенте, содержащем 15 об.% ацетонитрила в ацетоне, удается установить, что каротиноиды очень популярной в нашем регионе тыквы мускатной с характерной вытянутой формой с ярко оранжевой мякотью действительно (см. [4]) состоят в основном из смеси α - и β -каротинов (рис. 1), что подтверждается спектральными параметрами пиков, записанных с использованием диодно-матричного детектора (рис. 2.)

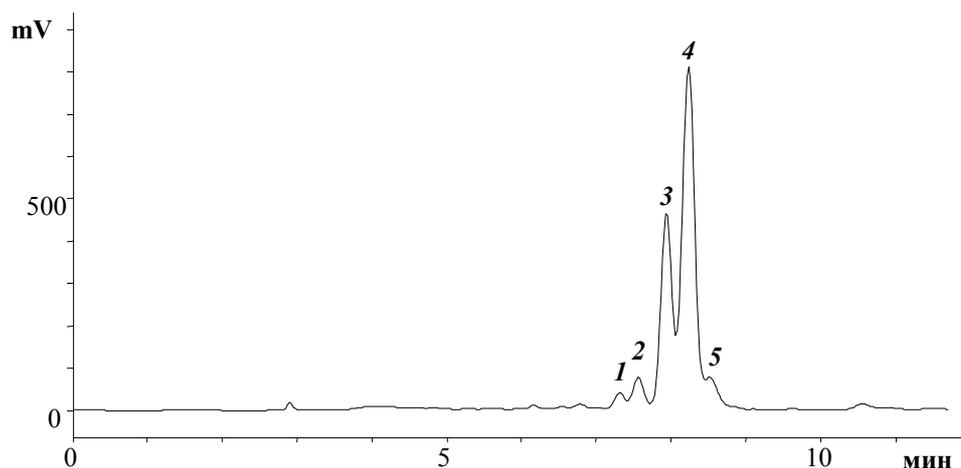


Рис. 1. Разделение каротиноидов мякоти тыквы мускатной

Колонка 250×4.6 мм Kromasil-110 5C18; подвижная фаза 10% ацетонитрила в ацетоне 1 мл/мин. 450 нм. Отнесение пиков – в тексте.

Спектральное подтверждение правильности отнесения пиков основано на том, что при замене концевых структур по схеме возрастает цепь сопряжения, но не на одну двойную связь, а несколько меньше, поскольку сопряжение двойной связи β -

иононового фрагмента с полиеновой центральной частью нарушено их некомпланарностью [5]. Следствие некомпланарности – изменение длин волн максимумов однотипных резонансных переходов между основным колебательным состоянием основного электронного состояния и соответствующими колебательными состояниями первого возбужденного электронного состояния составляет величину порядка 5 нм, рис. 2.

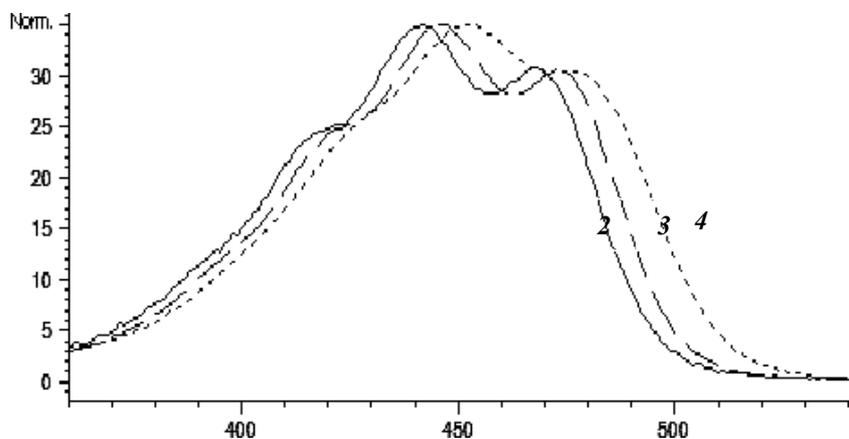


Рис. 2. Спектры каротинов
Номера на спектрах соответствуют номерам пиков на хроматограмме на рисунке 1

Интересен тот факт, что в природных объектах могут накапливаться β -каротин, или смесь α - и β -каротинов, в то время как нам не известны источники ε -каротина, по крайней мере на этот изомер внимания не обращают. Действительно, если составить модель независимой активности α - и β -циклаз лютеина, то при соотношении между долями α -каротина (пик № 3 на рис. 1) и β -каротинов (пик № 4 на рис. 1) порядка 1:2 доля ε -каротина в смеси должна быть менее 5%. Такой пик присутствует на хроматограмме (№ 2, рис. 1) – и по соотношению площадей и по практически одинаковому последовательному изменению факторов удерживания, и по одинаковому последовательному гипсохромному смещению максимумов полос в спектрах (рис. 2). Пики № 1 и № 5 на рис. 1, скорее всего, относятся к *цис*-изомерам каротинов.

Недостатком изократического элюирования является то, что в условиях, при которых разделяются изомеры каротина, удерживание эфиров ксантофиллов оказывается довольно большим и эти пики трудно надежно идентифицировать: при большой полуширине пиков высота пиков может быть сопоставимой с шумом. Задача детектирования эфиров ксантофиллов может быть решена увеличением элюирующей силы подвижной фазы (рис. 3). На хроматограмме каротиноидного комплекса тыквы мускатной сорта «Витаминная» очевидно преобладание смеси двух каротинов (не разделяющихся в данных условиях), которые дополняют более липофильные эфиры ксантофиллов (с долей немногим более 30%). Отнесение этих эфиров было выполнено сопоставлением спектров и времен удерживания с хроматограммой экстракта цветков бархатцев [1]: основными являются пики дикаприната (время удерживания 3.671 мин), каприната-лаурата (4.131 мин), дилаурата (4.684 мин), лаурата-миристата и димиристата лютеина. Подобный комплекс обнаружен и для двух других сортов тыквы мускатной («Жемчужная» и «А ну-ка отними»). Следовательно, для отечественных сортов мускатной тыквы характерно накопление не только α - и β -каротинов (на что указывает заметно уширенный соответствующий пик (рис. 3), и нетождественность спектра внутренней и внешней стороны пика), но и диэфиров лютеина при минимальном вкладе неэтерифицированного лютеина.

Однако количественная оценка накопления лютеина в этом случае (ОФ ВЭЖХ) затруднена вследствие близости его времени удерживания к «мертвому» времени хроматографической системы. Обычный вариант решения этой проблемы – использование градиентного режима, – оправдан только при использовании большого числа стандартных веществ. Альтернатива методу – использование нормально-фазовой ВЭЖХ. При этом в районе «мертвого» времени элюируются каротины (пик №1), но на



хроматограмме разделяются пики неэтерифицированных лютеина и зеаксантина (пики № 4 и № 5, рис. 4).

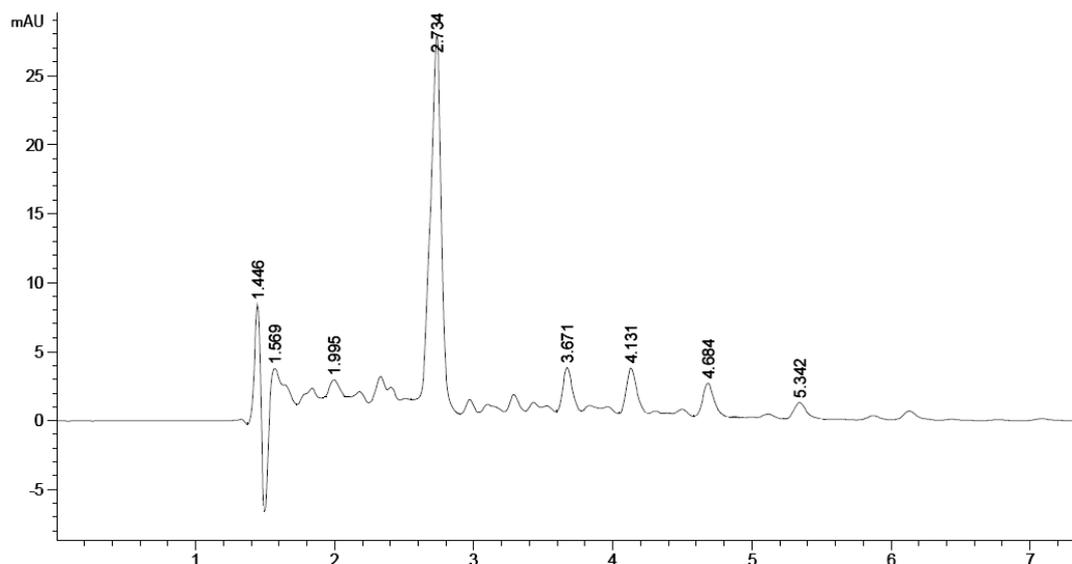


Рис. 3. Разделение каротиноидов мякоти плодов тыквы мускантой, сорт «Витаминная» Колонка 150×2 мм Zorbax 3C18; подвижная фаза 10% ацетонитрила в ацетоне, 0.25 мл/мин. 450 нм. Отнесение пиков – в тексте.

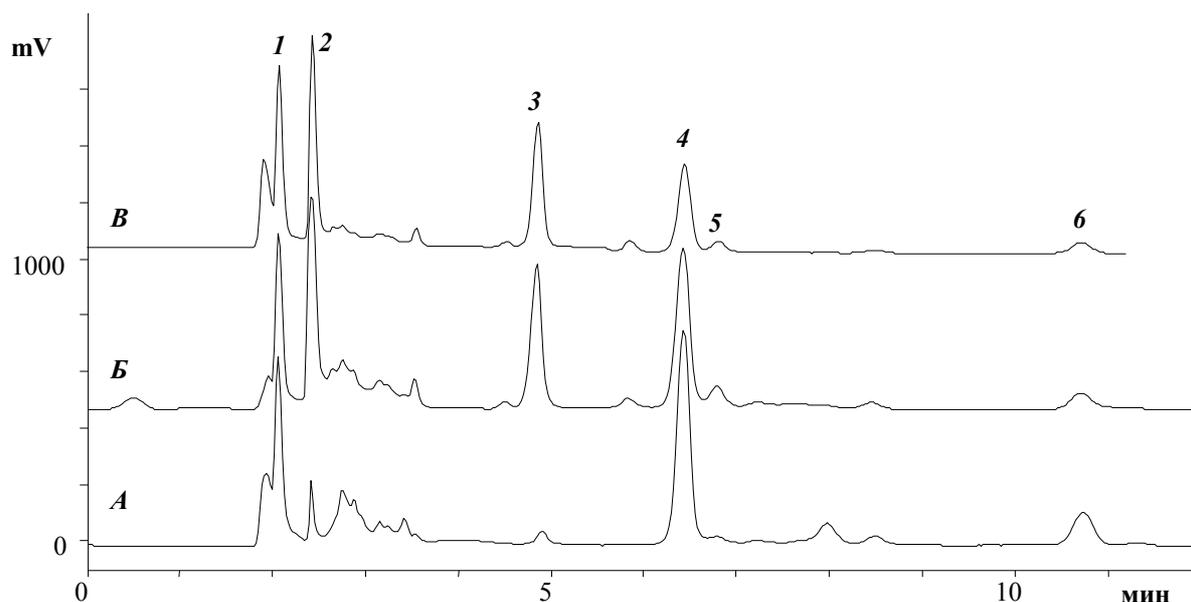


Рис. 4. Разделение каротиноидов мякоти плодов тыквы в условиях нормально-фазовой ВЭЖХ Колонка 250×4.6 мм Силасорб 300, 7 мкм; подвижная фаза 30% ацетона в *n*-гексане, 1 мл/мин. 450 нм. А – патиссон, Б – тыква крупноплодная, В – тыква декоративная. Отнесение пиков – в тексте

Эфиры ксантофиллов (пик № 2) и неизвестные вещества, скорее всего относящиеся к эпокси-соединениям (пики № 3, № 6 и др.) дополняют каротиноидный комплекс тыкв, относящихся к *C. pepo*. При этом лютеин является главным компонентом кожуры патиссона с необычной желтой окраской, он же вместе с диэфиром превалируют в мякоти тыквы крупноплодной (сорт неизвестен) и в декоративной тыкве. Таким образом, выводы работы [4] в целом согласуются с представленными для отечественных сортов тыкв данными.

Однако полного соответствия между каротиноидными комплексами отечественных и зарубежных сортов трудно ожидать вследствие легкой гибридизации между тремя основными видами тыквы. В этом отношении нами были исследованы четыре сорта тыкв, три из которых отнесены производителями семян к *C. moscata* («Чудо-юдо», «Жемчужина» и «Красавица»), и еще один сорт («Пастила-Шампань»), упоминания о виде этой тыквы нами не обнаружено. При этом среди мускатных тыкв две имели плоды с характерной вытянутой булавообразной формой, а плоды третьей («Красавица») имели слабо сегментированную плоскоокруглую форму. Плоды сорта «Пастила Шампань» - вытянутый эллипс розового цвета.

Мякоть и кожура тыквы сорта «Красавица» имели близкий каротиноидный состав лютеинового типа: на долю неэтерифицированного лютеина приходилось около 45% от общей площади пиков каротиноидов, доля суммы каротинов была заметно меньше – около 20%. Остальные пики относились к эпокси-производным, что подтверждается превращением желтого пятна каротиноидов на ТСХ-пластинах в зеленое в парах *HCl*. Каротиноидный состав мякоти и кожуры тыквы сорта «Пастила-Шампань», также были близкими и относились к тому же типу, что и каротиноиды сорта «Красавица». Для сортов «Жемчужина» и «Чудо-юдо» в экстрактах была обнаружена только смесь α - и β -каротинов.

Для дифференциации сортов тыкв по каротиноидному составу в данном случае было достаточно и сопоставления спектров экстрактов: во-первых, большая доля β -каротина для каротиновых сортов приводит к заметному батохромному сдвигу спектра по сравнению с экстрактом лютеинового типа; во-вторых, вследствие уширения пиков резонансных сигналов каждого компонента электронно-колебательной структуры приводит к снижению «впадины» между максимумами двух первых переходов (рис. 5).

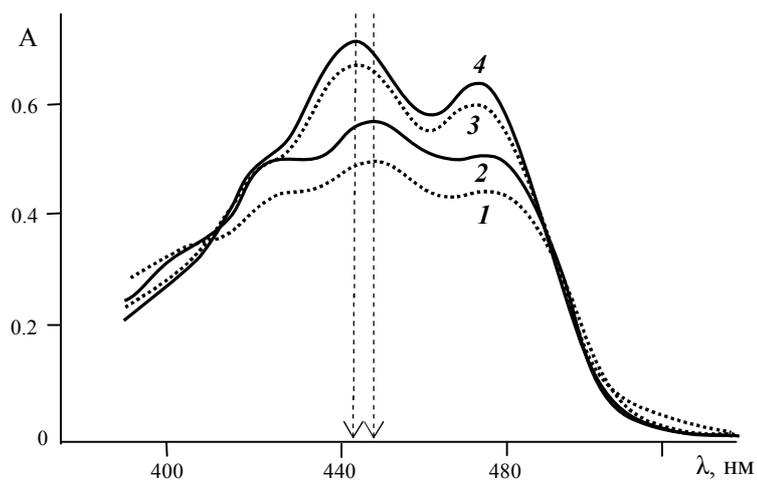


Рис. 5. Спектры ацетоновых экстрактов тыкв четырех сортов
Сорта: 1 - «Чудо-Юдо», 2 - «Жемчужина», 3 - «Красавица», 4 - «Пастила Шампань»

Спектры ацетоновых экстрактов мякоти тыкв сортов «Красавица» и «Пастила-Шампань» имели близкие спектры с максимумом поглощения около 445 нм с относительно «глубокой впадиной» между полосами справа, что соответствует лютеиновому типу комплекса. На спектрах ацетоновых экстрактов мякоти тыкв сортов «Жемчужина» и «Чудо-юдо» максимумы смещены вправо (до 448 нм) с менее выраженной впадиной, соответствующей каротиноидам с β -иононовыми концевыми фрагментами.

По оптической плотности экстрактов было определено содержание каротиноидов в исследованных тыквах (в пересчете на превалирующий каротиноид): 0.069 и 0.119 мг/г β -каротина в мякоти тыкв сортов «Жемчужная» и «Чудо-юдо», соответственно, и 0.041 и 0.046 мг/г лютеина – для сортов «Красавица» и «Пастила-Шампань».



Выводы

Таким образом, на Российском рынке представлены тыквы как каротинного, так и лютеинового типа, и они могут быть использованы для различных лекарственных и профилактических целей – для решения проблем недостатка витамина А в первом случае и для предохранения от возрастной макулярной дистрофии – во втором. При этом, однако, и в тыквах каротинного типа заметно накопление лютеина в виде диэфиров.

Работа была выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, ГК П-174.

Список литературы

1. Жизнь растений. В шести томах / Гл. ред. А.Л. Тахтаджан – Т. 5, ч. 2. – М.: Просвещение, 1981. – 576 с.
2. Paris H.S. Historical Records, Origins, and Development of the Edible Cultivar Groups of *Cucurbita pepo* (*Cucurbitaceae*) // *Economic Botany*. – 1989. – Vol. 43. – P. 423-443.
3. Fu C., Shi H., Li Q. A Review on Pharmacological Activities and Utilization Technologies of Pumpkin // *Plant Foods for Human Nutrition*. – 2006. – Vol. 61. – P. 73–80.
4. Azevedo-Meleiro C.H., Rodriguez-Amaya D.B. Qualitative and Quantitative Differences in Carotenoid Composition among *Cucurbita moschata*, *Cucurbita maxima*, and *Cucurbita pepo* // *J. Agric. Food Chem.* – 2007. – Vol. 55. – P. 4027-4033.
5. Гостищев И.А., Третьяков М.Ю., Анисимович И.П., Дейнека Л.А., Дейнека В.И. Оценка высушенных цветков бархатцев в качестве доступного источника диэфиров лютеина для целей хроматографической идентификации ксантофиллов // *Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки*. – 2010. – № 15(86), Вып. 12. – С. 140-144.

INVESTIGATION OF PUMPKIN PULP CAROTENOID COMPOSITION

L.A. Deineka

I.A. Gostyshchev

V.I. Deineka

M.Yu. Treťjakov

A.A. Sirotin

Belgorod State National Research University

Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: deineka@bsu.edu.ru

The paper is devoted to the investigation of pumpkin carotenoid composition of some Russian varieties. It has been established that for some of them α - and β -carotenes are the main components (these varieties may be utilized for prevention of avitaminosis) while for the others the lutein part is high just to use the pumpkin for prevention of macula degeneration. By the way, carotenoid type of the complex was not strictly determined by the *Cucurbita* species belonging.

Key words: *Cucurbita*, pumpkin, carotenes, lutein, HPLC.

МОДИФИКАЦИЯ ТЕСТА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ПАРОДОНТИТА

Л.А. Дейнека
А.А. Копытов
М.Ю. Игишева
В.А. Борозенцева

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: deineka@bsu.edu.ru

В работе предложена новая модификация проведения тестирования для выявления пародонтита, для этого использована качественная реакция с нингидрином. Проведение тестирования в стоматологическом кабинете показало высокую распространенность этого заболевания.

Ключевые слова: пародонтит, нингидрин, десневая жидкость, тестирование, тест-полоски, аминокислоты белков.

Введение

Одной из наиболее распространенных патологий среди стоматологических заболеваний является воспаление тканей пародонта [1]. Распространенность пародонтита в различных странах мира варьирует от 40% до 75% и во многом зависит от возраста, уровня жизни населения и гигиены полости рта [2]. Высокий уровень заболеваемости пародонтитом (ВОЗ, 1990), тяжесть течения некоторых форм патологии пародонта, потеря зубов и как результат значительные изменения в зубочелюстной системе, уменьшение работоспособности, снижение качества жизни населения – все это позволяет считать заболевания пародонта не только серьезной медицинской, но и важной социальной проблемой [3]. Раннюю диагностику состояния пародонта можно проводить по количеству и составу в десневой жидкости аминокислот белков. Для установления белковой природы веществ, применяются цветные реакции идентификации белков и определения их аминокислотного состава в различных биологических жидкостях. Распространенность данного заболевания среди населения всех возрастов требует ранней диагностики этого заболевания простыми и доступными методами. Чаще всего для диагностики состояния пародонта определяют количество десневой жидкости, а именно наличие в десневой жидкости аминокислот белков. Использование десневой жидкости с целью ранней диагностики болезней пародонта впервые было обосновано в работах Г.М Барера и его сотрудников [4, 5]. В стоматологии чаще всего для этих целей используют качественную реакцию с нингидрином. Этот метод диагностики прост в исполнении и не требует специальных навыков в работе, но главным недостатком этого метода является интенсивная окраска реагента. Поэтому разработка модифицированной технологии проведения тестирования, позволяющей проводить диагностику «не испачкав рук и инструментов» является весьма актуальной.

Экспериментальная часть

Для проведения тестирования нами была предложена следующая технология: тест-полоски пропитывали модельными растворами (далее десневой жидкостью), подсушивали, помещали на предметное стекло и обрабатывали раствором нингидрина с помощью кисточки. В качестве материала для изготовления тест-полосок были выбраны фильтровальная и хроматографическая бумаги; размер тест – полосок 2.0×0.6 см. Сначала методика была отработана на модельных растворах отдельных аминокислот, адсорбированных на тест – полосках, изготовленных из фильтровальной или хроматографической бумаги. Для этого были приготовлены модельные растворы 18 аминокислот.

Отработанная технология была проверена на тест-полосках, пропитанных десневой жидкостью, которая наносилась на тест-полоски в стоматологическом кабинете врачом стоматологом. С целью ранней диагностики состояния пародонта определяют количество десневой жидкости [6]. Десневую жидкость для количественных исследо-



ваний получали по так называемому внутрибороздковому методу N. Brill и V. Krasse с помощью полосок фильтровальной или хроматографической. Перед исследованием зубы и прилегающую к ним десну тщательно очищали от зубного налета, изолировали от слюны ватными валиками и высушивали. В устье десневого желобка (кармана) вводили заостренный конец бумажной полоски так, чтобы он не доходил до дна, для предупреждения механической стимуляции тканей и последующего увеличения тока жидкости. Бумажные полоски вводили в желобок в области межзубных десневых сочков. Время получения десневой жидкости установлено 3 минуты. Для выявления зоны пропитывания применяли окраску полосок 0.2%-ным спиртовым раствором нингидрина. Чем больше площадь окрашивания на тест-полосках, тем выше уровень поражения пародонтозом у пациента [7, 8].

Результаты и их обсуждение

При изучении скорости протекания качественной реакции аминокислот (концентрация 1 моль/л) с нингидрином на тест-полосках, изготовленных из фильтровальной бумаги было установлено, что в пределах 1 минуты протекает реакция нингидрина со всеми аминокислотами кроме тирозина, а в пределах двух минут – и с тирозином (рис. 1).

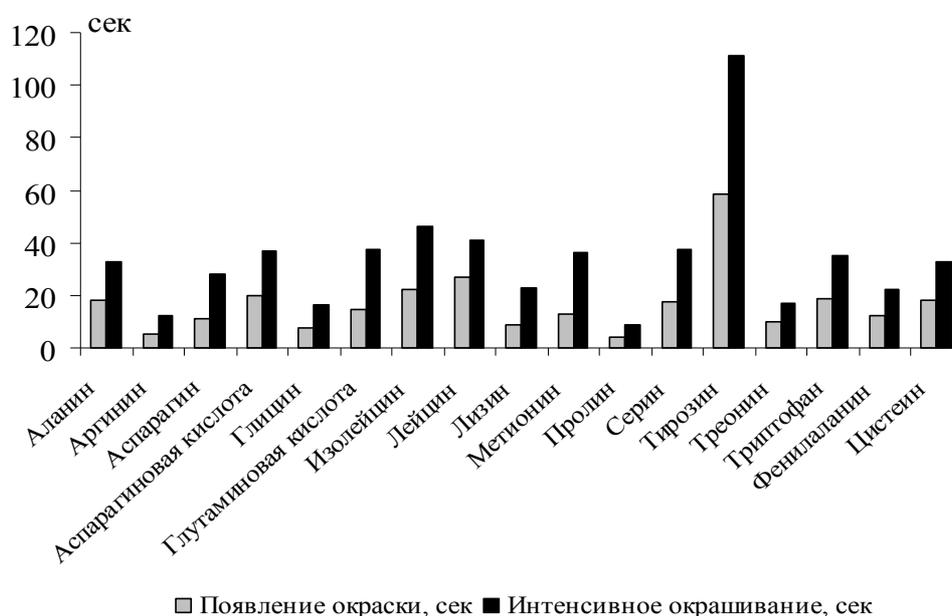


Рис. 1. Время появления окраски при взаимодействии растворов аминокислот (1 моль/л) с нингидрином на тест-полосках из фильтровальной бумаги

Важную роль при диагностике пародонтита может играть концентрация белков в десневой жидкости, поэтому на модельных растворах было изучено, как изменяется скорость протекания качественной реакции аминокислот с нингидрином при разных концентрациях аминокислот от 1 моль/л до 0.00001 моль/л. (табл. 1) и рис. 2.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что в большом интервале концентраций аминокислот (от 1 моль/л до 0.00001 моль/л) качественная реакция с нингидрином до появления интенсивного окрашивания протекает менее чем за 3 минуты, причем чем выше концентрация аминокислоты, тем быстрее появляется интенсивное окрашивание на тест-полосках.

Сравнение экспериментальных данных полученных с использованием в качестве материала для тест-полосок фильтровальной и хроматографической бумаги показало, что результаты полученные с использованием хроматографической бумаги являются более воспроизводимыми и тест-полоски изготовленные из хроматографической бумаги являются более удобными для практической работы, как в условиях лаборатории, так и в стоматологическом кабинете.

Таблица 1

Влияние концентрации аминокислот на скорость протекания качественной реакции с нингидрином (в секундах) на тест-полосках из хроматографической бумаги

Аминокислота	Концентрация, моль/л				
	1 М	0,1 М	0,01 М	0,001 М	0,0001 М
Аланин	18	20	23	55	71
Аргинин	5	15	31	33	66
Аспарагин	11	20	29	45	71
Аспарагиновая кислота	20	37	49	61	83
Валин	18	26	37	92	155
Глицин	7	28	33	36	57
Глутаминовая кислота	14	22	34	44	52
Изолейцин	22	35	61	90	143
Лейцин	17	27	35	45	59
Лизин	9	20	35	39	85
Метионин	13	18	26	31	48
Пролин	4	7	26	34	65
Серин	17	25	41	64	84
Тирозин	58	74	86	98	111
Треонин	10	17	24	29	48
Триптофан	18	32	46	65	87
Фенилаланин	12	26	35	44	50
Цистеин	18	24	32	63	87

На рисунке 2 представлены экспериментальные данные, полученные для разных концентраций валина за время – 1 мин.

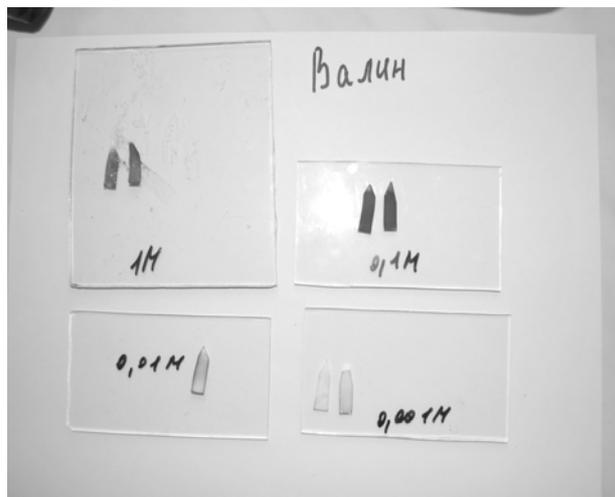


Рис. 2. Интенсивность окраски тест – полосок, которая появляется за 1 мин протекания реакции между растворами валина (разных концентраций) и нингидрина

Методика, отработанная в лабораторных условиях на модельных растворах аминокислот, была опробована на тест – полосках из фильтровальной и хроматографической бумаги, полученных из стоматологического кабинета от доктора-стоматолога А.А. Копытова. Полоски были пропитаны десневой жидкостью, подсушены и использованы для диагностики пародонтита.

Опыт 1. Каждый опыт проведен в двух параллелях. Все тест полоски использовались для диагностики заболевания различных зубов от одного пациента. В данном опыте тест – полоски изготовлены из фильтровальной бумаги. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Необходимо отметить, что практически на всех тест-полосках окрашенными оказались уголки, а время появления интенсивной окраски для первого образца, например, достигает 6 минут. Полученные результаты свидетельствуют о том, что данный пациент не страдает пародонтозом и состояние зубов у него вполне хорошее.

Таблица 2
Тест-полоски из фильтровальной бумаги, пропитанные десневой жидкостью одного пациента (опыт 1)

№ образца (зуба)	Время, сек	
	Появление окраски	Интенсивное окрашивание
1	240	360
2	98	240
3	48	165
4	56	147
5	21	100
6	94	220
7	67	206
8	180	285
9	146	266

Опыт 2. В проведении второго опыта участвовало 9 человек. Каждое измерение проводили по 2 раза (а и б). Для пациентов 1-3 использовались тест – полоски из фильтровальной бумаги. Для пациентов 4-6 использовали тест – полоски из хроматографической бумаги, причем время выдерживания полос было коротким (1 минута), для пациентов 7-9 использовали также тест – полоски из хроматографической бумаги, но время выдерживания полос было более длительным (3 минуты). Полученные результаты представлены на рис. 3-4. Диагностика показывает, что состояние зубов у всех исследованных пациентов не удовлетворительное, об этом свидетельствует площадь окрашенной части тест-полоски.

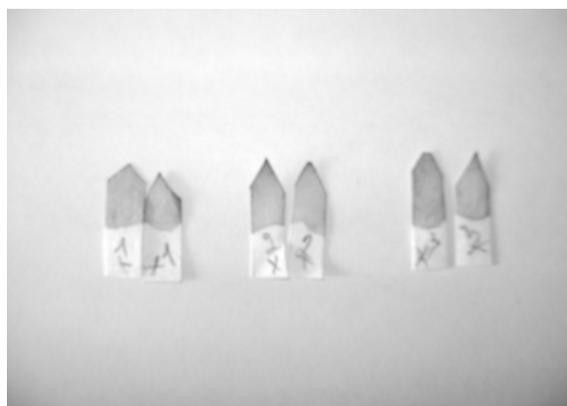


Рис. 2. Полоски, пропитанные десневой жидкостью и обработанные нингидрином (пациенты 1-3)

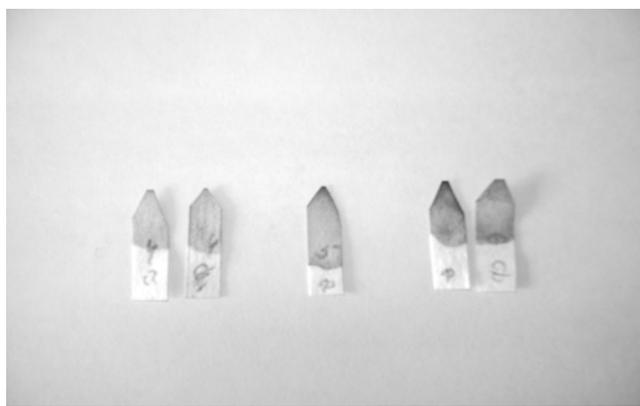


Рис. 3. Полоски, пропитанные десневой жидкостью и обработанные нингидрином (пациенты 4-6)

Опыт 3. В проведении третьего опыта участвовал 1 человек, но тест-полоски пропитывали десневой жидкостью у разных зубов и с фиксацией времени (1, 2 и 3 минуты). Каждое измерение проводили по 2 раза (на тест – полосках из хроматографической и фильтровальной бумаги). Полученные результаты представлены в таблице 3 и на рисунке 5.

Таблица 3
Диагностика с помощью тест-полосок (опыт 3)

Время фиксации мин	Время, сек			
	Появление окраски		Интенсивное окрашивание	
	Фильтр. бумага	Хроматогр. бумага	Фильтр. бумага	Хроматогр. бумага
1	70	90	132	169
2	90	125	163	206
3	110	149	223	255
1	69	76	102	176
2	85	99	154	182
3	108	117	194	214

Из последнего эксперимента можно сделать вывод: состояние разных зубов у пациента находится в разной степени поражения пародонтозом.

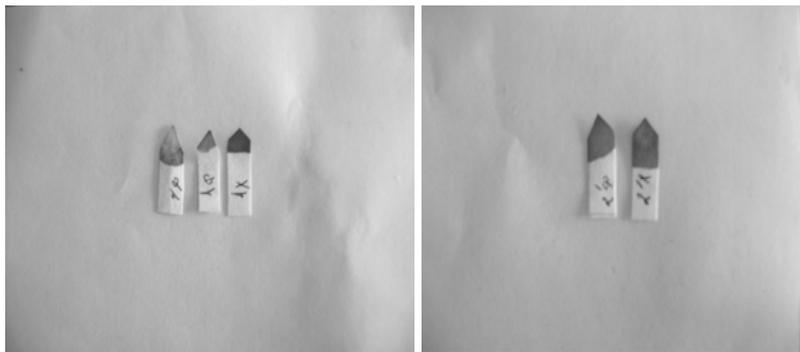


Рис. 5. Полоски, пропитанные десневой жидкостью и обработанные нингидрином (опыт 4)

Заключение

Предложена новая модификация проведения теста с использованием качественной реакции с нингидрином. Выбран интервал чувствительности реакции в зависимости от концентрации аминокислот и установлено, что фиксирование времени качественной реакции по появлению интенсивного окрашивания для всех случаев является более воспроизводимым и надежным. Определено, что лучшим материалом для изготовления тест – полосок является хроматографическая бумага.

Отработанная технология проверена на пациентах стоматологического кабинета доктора стоматолога Копылова Александра Александровича. Проведено 3 опыта. Исследования показали, что количество практически здоровых пациентов с интактным пародонтом (характеристика - площадь на тест – полосках, пропитанных десневой жидкостью), невелико (1 человек из 11, участвовавших в эксперименте).

Список литературы

1. Канкян А.П., Леонтьев В.К. Болезни пародонта: Изучение взаимосвязи пародонта с общим состоянием организма // Пародонтология. – 1996. – С. 294 – 300
2. Иванов В.С. Заболевания пародонта. Раздел: Терапевтическая стоматология. – М.: 1998. – 296 с.
3. Bartold P.M., Marshall R.I., Georgiou T., Mercado F.V. Заболевания пародонта и здоровье // Пародонтология. – 2003. – № 3(28). – С. 3-9.
4. Барер Г.М., Кочержинский В.В., Халитова Э.С., Лукиных Л.М. // Стоматология – 1986. – №5. – С. 24-26.
5. Барер Г.М., Кочержинский В.В., Халитова Э.С., Лукиных Л.М. // Стоматология. – 1987. – №1. – С. 28-30.
6. Беленький Б.Г. Тонкослойная хроматография. – М.: Наука, 2002. – 200 с.
7. Белоусов Н.Н., Буланов В.И. Проблемы обследования и диагностики при заболеваниях пародонта // Стоматология. – 2004. – Т. 83. – № 2. – С. 19-20.
8. Березов Т.Т. Биологическая химия. – М.: Медицина, 2002. – 752 с.

MODIFICATION OF PARODONTITIS REVEALING TEST

LA. Deineka
AA. Kopytov
M.Yu. Ighisheva
V.A. Borzenkova

Belgorod State National Research University

Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: deineka@bsu.edu.ru

In the paper a new modification of periodontitis revealing test has been proposed based upon qualitative ninhydrin reaction. The exploration of the test in dental clinics has revealed the high prevalence of the disease.

Key words: parodontitis, ninhydrin, gum discharge, testing, test-strips, protein amino acids.

ОКИСЛИТЕЛЬНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ИНДИГОКАРМИНА

К.С. Ерохин

В.С. Жибурт

Н.А. Глухарева

О.Е. Лебедева

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: OLebedeva@bsu.edu.ru

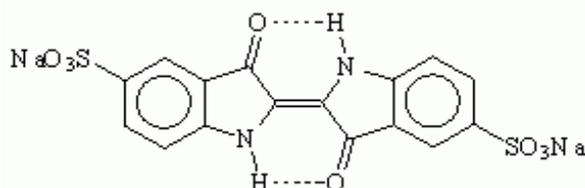
Изучена окислительная деструкция индигокармина пероксидом водорода в присутствии двух- и трехзарядных ионов железа. Показано, что скорость окисления индигокармина системой Фентона выше, чем системой Раффа. Установлено, что в интервале pH 2.5-3.5 деструкция обоими окислителями протекает эффективнее, чем при pH 1.5.

Ключевые слова: индигокармин, окислительная деструкция, система Фентона, система Раффа.

Введение

Окислительная деструкция органических загрязнителей в настоящее время рассматривается как альтернатива их биodeградации, особенно в случаях, когда биodeградация протекает медленно и неглубоко. К окислителям предъявляют жесткие требования: важно, чтобы ни сам окислитель, ни продукты окислительной деструкции, ни возможные интермедиаты процессов окисления не были более токсичны и более устойчивы к деградации, чем исходные соединения. В этом отношении пероксид водорода является одним из наиболее перспективных окислителей. Однако его собственный окислительно-восстановительный потенциал невелик, поэтому возникает необходимость генерации из пероксида радикальных частиц, обладающих намного более высокой окислительной способностью. В частности, известно, что образованию свободных радикалов из пероксида водорода способствует введение в систему ионов железа (II) или (III) – полученные реагенты называют соответственно системой Фентона и системой Раффа.

Ранее нами были предприняты успешные попытки окислительной деструкции динитрофенолов [1], этоксиатов алкилфенолов [2], некоторых лекарственных средств [3]. В настоящей работе проводилось изучение процесса окислительной деструкции индигокармина системами Фентона и Раффа. Ниже приведена формула индигокармина:



Необходимо отметить, что окисление органического соединения, содержащего одновременно атомы азота и серы, нами исследуется впервые.

Экспериментальная часть

В работе использовались индигокармин марки «чда», пероксид водорода «медицинский», точное значение концентрации которого определяли методом косвенного окислительно-восстановительного титрования тиосульфатом натрия в кислой среде, $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ марки «хч», $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ марки «чда».

Эксперименты по окислительной деструкции осуществлялись в водных растворах индигокармина объемом 25 мл с одинаковой начальной концентрацией субстрата. Концентрацию окислительных реагентов – пероксида водорода и соли железа – варь-

ировали. Реакционную смесь подкисляли азотной кислотой. В первоначальных экспериментах значение pH смеси составляло 3,5, специальные опыты были осуществлены при pH 1,5 и 2,5. Контроль pH проводили с помощью pH -метра Metler Toledo S20. За изменением концентрации индигокармина в растворах следили спектрофотометрически с помощью прибора Spesord 50 с автоматической регистрацией оптической плотности.

Оценку удельной электропроводности реакционных систем в процессе окисления проводили кондуктометрическим методом с помощью кондуктометра Анион 4100. В этих экспериментах объем реакционных смесей составлял 100 мл, количества всех реагентов были увеличены в 4 раза.

Результаты и их обсуждение

Следует отметить, что в отсутствии ионов железа пероксид водорода способен окислять индигокармин, но скорость этого процесса мала (рис. 1). Введение ионов железа в систему значительно увеличивает скорость деструкции индигокармина в результате генерирования высокоактивных радикальных частиц-окислителей из пероксида водорода.

Первоначально изучали влияние соотношения компонентов систем Раффа и Фентона на скорость протекания окислительной деструкции. Эти исследования выполняли при значении pH 3,5. Для окисления были выбраны две различных концентрации пероксида водорода и по две концентрации железа (II) или (III). Кинетические кривые окисления индигокармина системой Раффа (включающей железо (III)) представлены на рис.1, результаты окисления системой Фентона приведены на рис. 2.

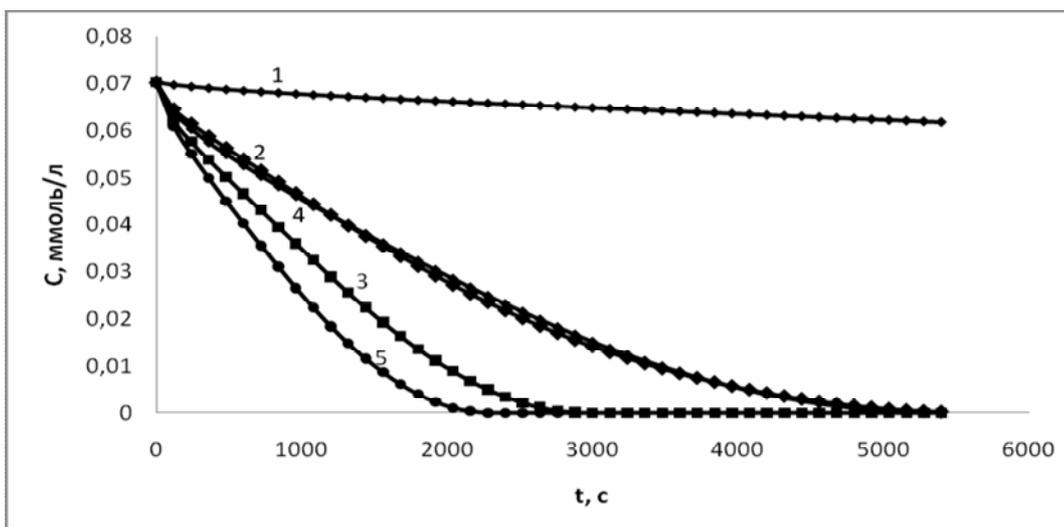


Рис. 1. Кинетические кривые окисления индигокармина системой Раффа:
 1- пероксид водорода в отсутствие соли железа; $[H_2O_2] = 0,17$ ммоль/л;
 2 - $[Fe^{3+}] = 15$ мкмоль/л; $[H_2O_2] = 0,17$ ммоль/л;
 3 - $[Fe^{3+}] = 15$ мкмоль/л; $[H_2O_2] = 0,34$ ммоль/л;
 4 - $[Fe^{3+}] = 25$ мкмоль/л; $[H_2O_2] = 0,17$ ммоль/л;
 5 - $[Fe^{3+}] = 15$ мкмоль/л; $[H_2O_2] = 0,34$ ммоль/л.

Из данных, приведенных на рисунках 1 и 2, отчетливо видно, что повышение концентрации ионов железа в изучаемом диапазоне, практически не приводит к росту скорости или глубины окисления индигокармина. В то же время содержание пероксида в растворе влияет на результат окисления весьма значительно: по-видимому, при меньшей из изученных концентраций пероксида водорода в системах образуется недостаточно активных окисляющих частиц.



Анализ кинетических кривых показывает, что скорость окисления индигокармина системой Фентона выше, чем системой Раффа. Подобный эффект наблюдался для других субстратов; обычно его объясняют более высокой реакционной способностью гидроксильных радикалов, генерируемых в системе Фентона уже на начальной стадии, по сравнению с гидропероксидным радикалом, который является первичным продуктом распада пероксида водорода в системе Раффа.

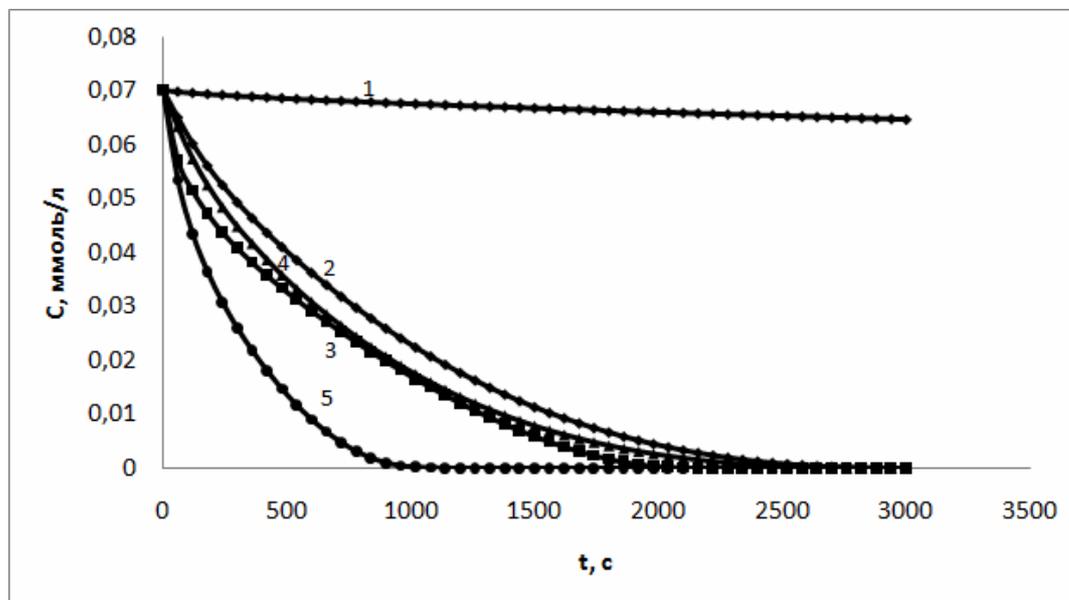


Рис. 2. Кинетические кривые окисления индигокармина системой Фентона:

- 1 – пероксид водорода в отсутствии соли железа, $[H_2O_2] = 0,17$ ммоль/л;
- 2 – $[Fe^{2+}] = 15$ мкмоль/л; $[H_2O_2] = 0,17$ ммоль/л;
- 3 – $[Fe^{2+}] = 15$ мкмоль/л; $[H_2O_2] = 0,34$ ммоль/л;
- 4 – $[Fe^{2+}] = 25$ мкмоль/л; $[H_2O_2] = 0,17$ ммоль/л;
- 5 – $[Fe^{2+}] = 15$ мкмоль/л; $[H_2O_2] = 0,34$ ммоль/л.

Поскольку в предыдущих исследованиях [4] было показано, что окислительно-деструктивные процессы протекают с изменением электропроводности, нами была изучена удельная электропроводность реакционной смеси в процессе окисления индигокармина. Оказалось, что в данном случае изменений электропроводности не происходит.

Известно, что pH раствора в окислительно-деструктивных процессах с участием ионов железа является критическим фактором, определяющим реакционную способность окислительной системы. Оценка pH в процессе окисления показала, что в ходе деструкции как в системе Раффа, так и в системе Фентона его величина незначительно уменьшается (на 0.1–0.2 единицы).

Варьирование начального значения pH реакционной смеси позволило получить дополнительную информацию о процессе окислительной деструкции. Анализ кинетических кривых окисления, полученных при различных pH , показал, что оптимальным интервалом pH является 2.5–3.5. При $pH=1.5$ скорость окисления индигокармина как системой Фентона, так и системой Раффа значительно уменьшается (рис. 3, 4). Полученный результат согласуется с имеющимися в литературе представлениями, согласно которым в области эффективного окисления органических соединений при $pH=2.9–3.5$ преобладающей формой катализатора являются частицы $Fe(OH)^+$ и $Fe(OH)^{2+}$, и именно они наиболее продуктивны при образовании радикалов из пероксида водорода [5]. Можно заключить, что существующие при $pH 1.5$ негидролизованые ионы железа менее эффективны в радикальном распаде пероксида, чем гидроксиформы в несколько менее кислых растворах.

Таким образом, индигокармин может быть подвергнут окислительной деструкции системами Раффа или Фентона, причем окисление протекает с высокой эффективностью и может стать альтернативой биodeградации.

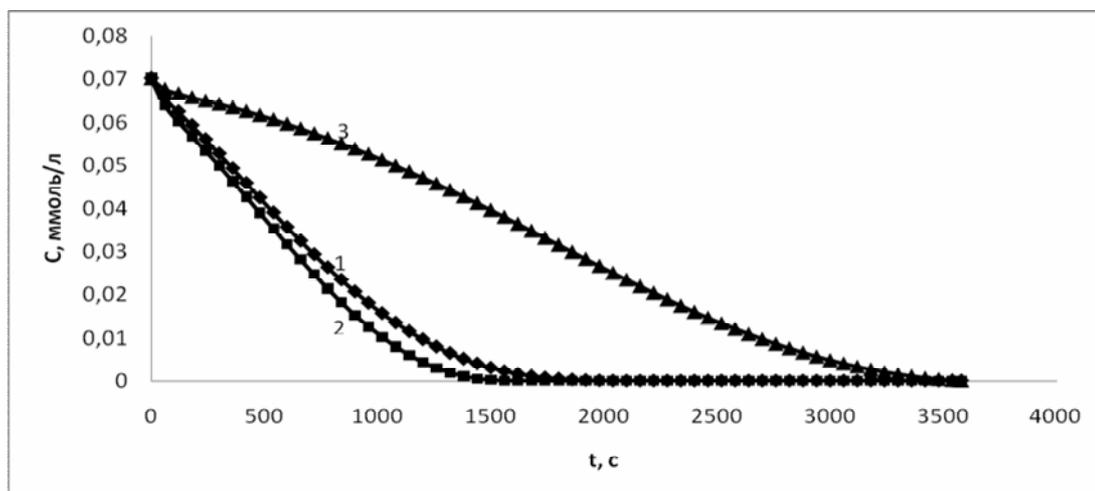


Рис. 3. Кинетические кривые окисления индигокармина системой Раффа при различных значениях pH раствора: 1 – $pH=3.5$; 2 – $pH=2.5$; 3 – $pH=1.5$. Концентрации окислительных реагентов одинаковы

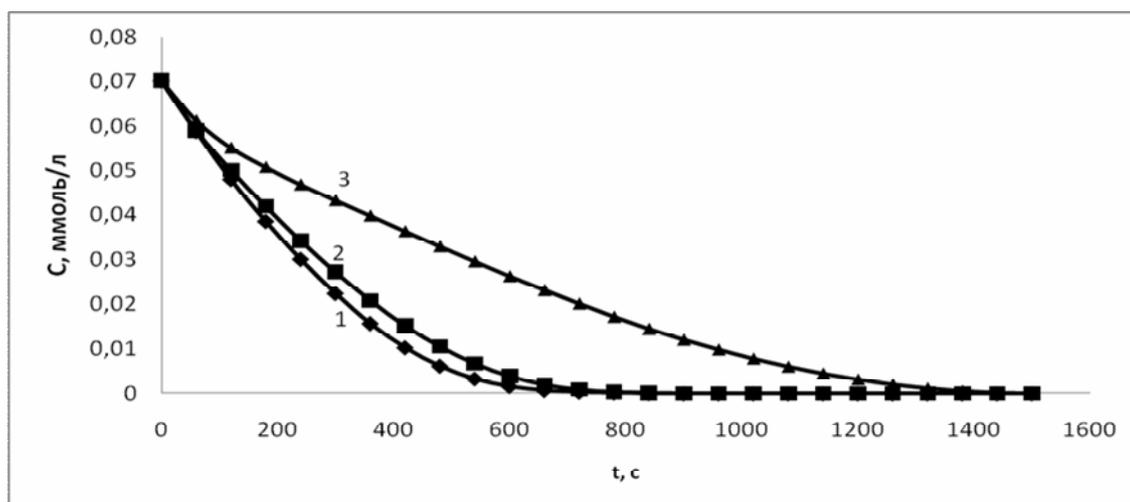


Рис. 4. Кинетические кривые окисления индигокармина системой Фентона при различных значениях pH раствора: 1 – $pH=3.5$; 2 – $pH=2.5$; 3 – $pH=1.5$. Концентрации окислительных реагентов одинаковы

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного контракта № Пз97 от 12 мая 2010 г. в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

Список литературы

1. Соловьева А.А., Лебедева О.Е. Окисление моно- и динитрозамещенных фенолов пероксидом водорода в присутствии ионов железа (II) и (III) // Химия в интересах устойчивого развития. – 2010. – Т.18. - № 5. – С. 615-619.



2. Козырева Ю.Н., Заздравных И.Н., Глухарева Н.А., Лебедева О.Е. Кинетика окисления оксиэтилированных изонилфенолов под действием пероксида водорода в присутствии неорганических солей // Ж. физической химии. – 2009 – Т.83. – № 5. – С. 843-846.
3. Немченко М.Н., Лебедева О.Е. Окислительная инактивация анальгина // Научные ведомости БелГУ. Сер. Естественные науки. – 2010. – № 15 (86) – Вып. 12. – С. 134-139.
4. Немченко М.Н., Соловьева А.А., Лебедева О.Е. Кондуктометрическое исследование окисления нитрофенолов пероксидом водорода в присутствии ионов железа (II) // Известия вузов. Сер. Химия и химическая технология – 2008. – Т.51. – № 5. – С. 34-36.
5. Сычев А.Я., Исак В.Г. Гомогенный катализ соединениями железа. – Кишинев: Штиинца, 1988. – 216 с.

OXIDATIVE DESTRUCTION OF INDIGOCARMINE

K.S. Yerokhin
V.S. Zhiburt
N.A. Glukhareva
O.E. Lebedeva

Belgorod State National Research University

Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: OLebedeva@bsu.edu.ru

Oxidative destruction of indigocarmine by hydrogen peroxide in the presence of ferric and ferrous ions has been studied. The rate of indigocarmine oxidation by Fenton system has been shown to be higher than the rate of oxidation by Ruff system. Destruction by both oxidative agents has been confirmed to be more efficient in pH range 2.5-3.5 than at pH 1.5.

Key words: indigocarmine, oxidative destruction, Fenton system, Ruff system.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

УДК 551:556

ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЯКОВЛЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

С.В. Сергеев¹
А.И. Лябах²
В.Н. Квачев¹
В.В. Севрюков¹

*¹ Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет*

*Россия, 308015, г. Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: sergeev@bsu.edu.ru

*² ООО «Металл-групп»
Яковлевский рудник*

*Россия, 309076, п. Яковлево,
ул. Южная, 12*

Рассмотрены сложные геологические и гидрогеологические условия Яковлевского месторождения Курской магнитной аномалии (КМА).

Ключевые слова: богатые железные руды, геологическое строение, водоносный горизонт, гидростатический напор, коэффициент фильтрации.

В металлогеническом отношении Яковлевское месторождение богатых железных руд расположено в северной части Белгородского железорудного района КМА. В его геологическом строении принимают участие два различных комплекса пород, образующих два структурных этажа: нижний – сложнодислоцированный докембрийский кристаллический фундамент и верхний, сложенный осадочными породами палеозойского, мезозойского и кайнозойского возрастов.[1]

В структурном отношении месторождение представляет собой синклиналиную складку, получившую название Яковлевской синклинали. К крыльям этой синклинали приурочены Яковлевская и Покровская полосы железистых кварцитов. Ядро ее заполнено породами оскольской серии. Общая протяженность синклинали превышает 70 км, а ширина ее в пределах детально разведанного участка составляет по выходам железистых кварцитов от 1200 м до 1600 м. Общее простирание основной структуры месторождения северо-западное – 320°. Падение пород в крыльях синклинали северо-восточное, моноклинальное. В большинстве случаев угол падения пород в пределах рудного поля колеблется от 60° до 70°, реже более пологий или более крутой.

Основная рудная залежь (Яковлевская полоса) располагается на западном крыле Яковлевской синклинали, имеющая общую протяженность до 41 км, детально изу-



чена только на Центральном участке протяженностью 10 км вблизи п. Яковлево (рис. 1) [2].

Крылья синклинали осложнены пликативными дислокациями более высоких порядков. Наиболее интенсивно дополнительная складчатость локализуется в области контакта железистых кварцитов с надрудной сланцевой свитой, в связи с чем, висячем боку железорудная свита подсекается скважинами на более высоких гипсометрических уровнях.

Наряду с пликативными дислокациями на месторождении широко распространены разрывные нарушения. Это устанавливается по многочисленным зонам дробления и интенсивной трещиноватости пород, а также по наличию тектонических брекчий.

Кроме этого, наблюдаются межпластовые подвижки на границе железорудной и надрудной свит, интенсивно проявляющиеся на участке между профилями III-III и IV-1200 наличием зеркал скольжения, дроблением и брекчированием пород. [3]

Докембрию месторождения присущи те же черты геологического строения, что и для района в целом.

Кристаллический фундамент сложен метаморфическими и магматическими породами архея и нижнего протерозоя (карелия). В разрезе стратифицированной толщи фундамента выделяют четыре серии пород (снизу вверх): обоянскую, михайловскую, курскую и оскольскую.

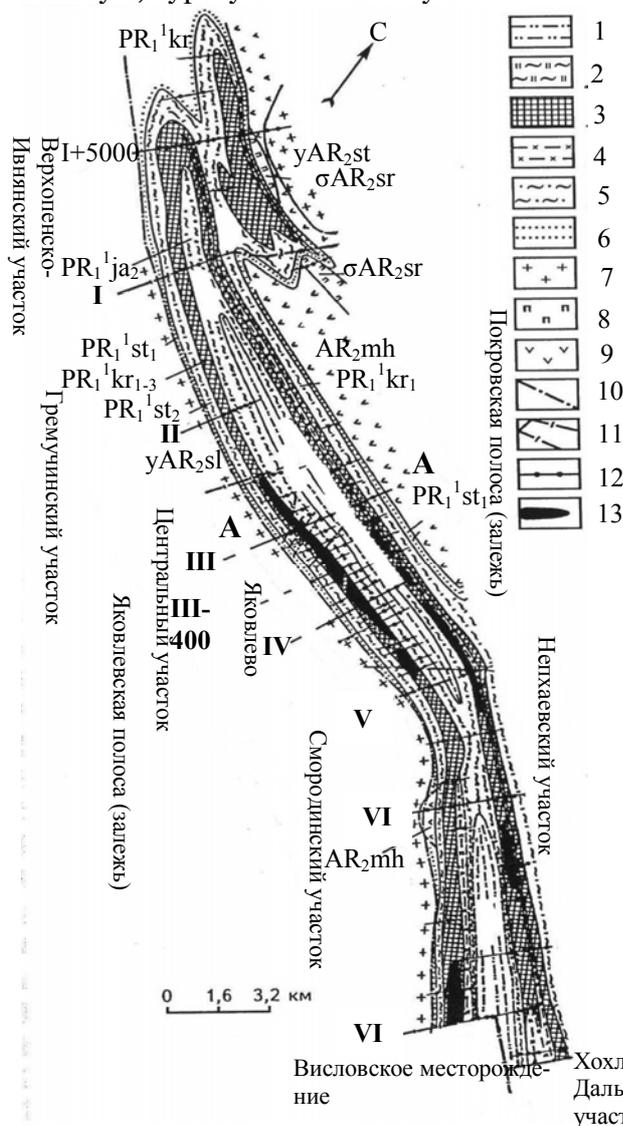


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Яковлевского месторождения

Нижний протерозой – оскольская серия: 1-2

– яковлевская свита: 1 – верхняя подсвита ($PR_1^1ja_2$) – метаалевролиты и алеврофиллиты, часто с порфиробластами мартита и железной слюдки, 2 – нижняя подсвита ($PR_1^1ja_1$) – сланцы углисто-кварц-слюдяные тонкослоистые с конгломератами и рудной вкрапленностью в подошве; **курская серия:** 3-4 – коробковская свита: 3 – верхняя и нижняя железорудные подсвиты ($PR_1^1kr_{1,3}$) – кварциты магнетитовые, железослюдково-магнетитовые, реже силикатно-магнетитовые, с развитыми на них богатыми железными рудами, 4 – нижняя сланцевая подсвита ($PR_1^1kr_2$) – сланцы различного состава; 5-6 – стойленская свита: 5 – верхняя подсвита ($PR_1^1st_2$) – сланцы углисто-кварц-слюдяные, часто ритмично слоистые, 6 – нижняя подсвита ($PR_1^1st_1$) – метапесчаники кварцевые, метагравелиты, метаалевролиты, иногда сланцы кварц-серицитовые, редко мета-конгломераты кварцевые; **верхний архей:** 7 – позднеархейские интрузивные породы салтыковского комплекса (yAR_2sl) – плагиограниты микроклинизированные; 8 – измененные ультраосновные породы сергиевского комплекса (σAR_2sr); **михайловская серия** (AR_2mh): 9 – амфиболиты, зеленокаменные ортосланцы, метапесчаники, туфосланцы, туффиты, кварцевые порфиры; 10 – тектонические нарушения; 11 – границы участков; 12 – скважины и разведочные профили; 13 – залежи рыхлых богатых железных руд мощностью более 20 м

Обоянская серия (AR₁ob) нижнего архея (саамия) представлена главным образом биотитовыми плагиогранитами и гранитогнейсами, среди которых встречаются тела мигматитов, представленные дайками кварц-полевошпатового состава.

Михайловская серия (AR₂mh) верхнего архея (лопия) сложена амфиболитами темно-зеленой окраски, массивного сложения, состоящие из крупных призматических кристаллов роговой обманки и резкоподчиненного количества полевых шпатов. Породы михайловской серии распространены на восточном крыле и в области северного замыкания синклинальной структуры месторождения, где они на значительном протяжении обрамляют Яковлевскую синклинали.

Курская серия (PR₁¹ks) нижнего протерозоя (карелия) залегает несогласно на образованиях архея и слагает крылья Белгородской грабен-синклинали. В составе серии выделяются: нижняя – стойленская (PR₁¹st) (песчано-сланцевая) и верхняя – коробковская (железородная) свиты.

Стойленская свита (PR₁¹st) отчетливо подразделяется на две подсвиты: нижнюю и верхнюю.

Нижняя подсвита (PR₁¹st₁) представлена метапесчаниками розовато-серого и буровато-серого цвета, плотными, мелкозернистыми, массивного сложения. Мощность подсвиты около 100-135 м.

Верхняя подсвита (PR₁¹st₂) сложена филлитовидными сланцами аспидного облика, от темно-серого и зеленовато-серого до совершенно темного цвета. Текстура их неяснослоистая, часто переходящая в массивную. Мощность подсвиты около 250 м.

Коробковская свита (PR₁¹kr) является продуктивной на железные руды. С ней связаны все железорудные месторождения КМА. В ее составе выделяются две железорудные и две сланцевые подсвиты. Главенствующая роль в составе железорудной свиты на Яковлевской и Покровской залежах принадлежит железистым кварцитам, а подчиненное значение в ней занимают сланцы.

К зоне выветривания железистых кварцитов приурочены богатые железные руды, залегающие плащеобразно «на головах» крутопадающей толщи железистых кварцитов.

Нижняя железорудная подсвита (PR₁¹kr₁) представлена грубополосчатыми гидрогематит-мартитовыми железистыми кварцитами. Мощность около 180 м.

Средняя сланцевая подсвита (PR₁¹kr₂) сложена преимущественно кварц-слюдяными сланцами и алеврофиллитами с вкрапленностью мартита. Мощность подсвиты 150 м.

Верхняя железорудная подсвита (PR₁¹kr₃) в конкретных разрезах расчленяется на горизонты (от 3 до 7) отличающиеся минеральным составом и текстурными особенностями.

Верхнюю сланцевую подсвиту (PR₁¹kr₄) образуют сланцы филлитовидные, черные, углисто-кварц-слюдистые, массивные. Они встречаются в виде отдельных, сохранившихся после размыва, участков. Мощность подсвиты от 80 до 100 м.

Оскольская серия (PR₁¹os) завершает разрез нижнего протерозоя (карелия). Она представлена двумя свитами: нижней – яковлевской и верхней – белгородской, породы которых слагают ядро синклинальной складки.

Яковлевская свита (PR₁¹ja) представлена конгломератами, углисто-кварц-слюдистыми, кварц-серицитовыми и кварц-карбонат-серицитовыми тонкополосчатыми сланцами. Мощность их крайне не постоянна и изменяется от 40 до 100 м. Породы яковлевской свиты залегают на размытой поверхности пород коробковской свиты.

Белгородская свита (PR₁¹bl) сложена весьма однородными кварц-хлорит-серицитовыми и углисто-кварц-биотит-серицитовыми сланцами. Мощность отложенной свиты около 500 м.[3]

На сильно денудированной поверхности докембрийских образований залегает мощная (550 м) толща осадочных пород, имеющая повсеместное распространение. Для нее характерно спокойное горизонтальное залегание, с общим наклоном 3-5° в сторону Днепровско-Донецкой впадины. Мощность осадочного чехла увеличивается с северо-запада на юго-восток по простиранию рудоносных полос железистых кварцитов в небольших значениях и более резко - на юго-запад.



Осадочная толща представлена отложениями каменноугольного, юрского, мелового, палеогенового и четвертичного периодов.

В приконтактовой зоне докембрийских и осадочных пород почти повсеместно встречается на полосах железистых кварцитов и вблизи них пачка переотложенных железных руд, литологически представленная рудными конгломерато-брекчиями, брекчиями и гравелитами пестроокрасных тонов с охристо-желтыми и зелено-бурыми пятнами.

За полосами железистых кварцитов, на склонах положительных форм рельефа и в долинообразных углублениях, на поверхности кристаллического фундамента переотложенные породы представлены нерудными конгломерато-брекчиями, брекчиями, галечниками, гравелитами, переотложенными бокситами и бокситоподобными породами. Мощность переотложенных пород колеблется от 0 м до 60 м [4].

Нижнекаменноугольные отложения непосредственно залегают «на головах» богатых железорудных руд, кварцитов и элювиальных бокситов и в своей толще содержат продукты их переотложения.

Нижнекаменноугольные отложения (C_1) представлены породами визейского яруса, в основном, михайловским и веневским горизонтами (окский надгоризонт – C_{1ok}) и тарусским горизонтом (серпуховский надгоризонт – C_{1sr}).

Отложения окского надгоризонта распространены повсеместно и литологически представлены частой перемежаемостью карбонатных и песчано-глинистых пород, особенно в его верхней и нижней частях. Мощности пачек глин, песков и песчаников достигают 3-5 м.

Известняки средней части разреза (михайловский горизонт) отличаются большей крепостью и плотностью. Они почти полностью перекристаллизованные, гранулированные, звенящие. Их мощность достигает 15 м.

Средняя мощность окских отложений составляет 50 м.

Отложения серпуховского надгоризонта распространены не повсеместно. Они залегают на сильно выветрелых известняках или мощной пачке глин веневского горизонта. Отложения представлены сильно кремнистыми, кавернозными, закарстованными известняками тарусского горизонта. Внизу пачки встречаются доломитизированные известняки или доломиты. Глинистые прослои здесь редки. Мощность серпуховского надгоризонта колеблется от 0 м до 40 м.

На сильно размытой поверхности палеозойских отложений повсеместно распространена мощная (в среднем 150 м) толща юрских осадков среднего и верхнего отделов.

Юрские отложения (J) сложены байосским, батским, келловейским, оксфордским, киммериджским и нижеволжским ярусами.

Литологически породы представлены плотными, жирными на ощупь тонко-слоистыми глинами, алевролитами, глинистыми песками и глинистыми известняками, известковистыми кварцевыми песчаниками. В породах встречаются остатки фауны, микрофауны, измельченные обуглившиеся растительные остатки, споро-пыльца.

Меловые отложения (K) составляют мощную толщу (250-300 м) осадочных пород, которые имеют повсеместное распространение и выходы на дневную поверхность в районе балок и оврагов.

По своей литологической характеристике породы делятся на две разновидности:

- песчано-глинистую пачку пород (40 м);
- мергельно-меловую пачку пород (230 м).

Отложения нижнего отдела – неокомский, аптский, альбский ярусы и сеноманский ярус верхнего отдела представляют песчано-глинистую пачку. Преобладают в этой пачке пески, а глины носят подчиненный характер.

В кровле сеноманских песков прослеживается горизонт фосфоритовых галек, на котором залегают мела туронского и выше – коньякского ярусов.

Мела белые, писчие, крепкие, мощностью до 40 м постепенно переходят в мергеля сантонского и кампанского ярусов. На мергелях залегают мела кампанского и маастрихтского ярусов. Вся мергельно-меловая толща обогащена фауной.

Палеогеновые отложения (Р) покрывают почти всю площадь месторождения, имея выходы на дневную поверхность в долинах рек, оврагов и балок. Осадки очень фациально изменчивы и представлены песчано-алеврито-глинистыми породами и, частично, карбонатными глинами. Мощность всей толщи достигает 40-50 м.

Четвертичные отложения (Q) пользуются повсеместным распространением. Они представлены снизу вверх темно-бурыми тяжелыми суглинками; суглинками красно-бурыми, известковистыми, плотными, тяжелыми; элювиально-делювиальными покровными суглинками бурых тонов, легкими, лессовидными. Менее распространены аллювиальные песчано-глинистые образования в долине р. Ворскла, а также в балках и оврагах. Мощность четвертичных отложений колеблется от 0 м до 25 м [3].

Яковлевское железорудное месторождение, как и другие месторождения КМА, характеризуется весьма сложными гидрогеологическими и инженерно-геологическими условиями.

Сложность гидрогеологических условий Яковлевского месторождения богатых железных руд определяется следующим рядом факторов:

- большой глубиной отработки полезного ископаемого;
- приуроченностью полезного ископаемого к комплексу неравномерно трещиноватых пород и высокопористых руд, имеющих довольно низкую проницаемость;
- наличием в кровле рудного тела мощного и водообильного нижнекаменноугольного водоносного горизонта;
- высокими гидростатическими напорами подземных вод в продуктивном и, перекрывающем его, нижнекаменноугольном водоносном горизонте;
- неоднородностью по проницаемости водовмещающих пород каменноугольного и кристаллического водоносных горизонтов.

В разрезе месторождения выделяют семь основных водоносных горизонтов, пять из которых обладают значительной водообильностью и высокими гидростатическими напорами, величина которых закономерно возрастает по мере увеличения глубины залегания водоносного слоя. Водоносные горизонты приурочены к геологическим формациям фанерозоя: палеоген-неогеновый, турон-маастрихтский, альб-сеноманский, волжский, келловейский, нижнекаменноугольный; и архей-протерозоя: руднокристаллический (рис.2) [5].

Водоносные горизонты условно разделены на два водоносных комплекса: нижний и верхний. К нижнему водоносному комплексу отнесены руднокристаллический, нижнекаменноугольный и келловейский, а к верхнему – все остальные горизонты. Водоносные комплексы разделены между собой толщей верхнеюрских аргиллитовидных глин киммеридж-оксфордского возраста, которая рассматривается как надежный водоупор.

Водоносные горизонты верхней части осадочной толщи (в четвертичных, палеоген-неогеновых и частично меловых отложениях) характеризуются безнапорным режимом, сезонными колебаниями уровней подземных вод вследствие имеющейся гидравлической связи с поверхностными водами. В породах нижней части осадочной толщи распространена система напорных водоносных горизонтов с напорами от 200 м в альб-сеноманском водоносном горизонте до 400-480 м в нижнекаменноугольном водоносном горизонте.

Палеоген-неогеновый водоносный горизонт развит на водоразделах в толще мелко- и тонкозернистых песков, характеризуется небольшой мощностью (от нескольких до 23 м) и незначительной водообильностью (коэффициент фильтрации 0.03-0.9 м/сут).

Турон-маастрихтский водоносный горизонт приурочен к толще мелов и мергелей мощностью до 80 м, распространен в долине р. Ворскла полосой 2-3 км. Коэффициент фильтрации изменяется от 0.2 до 15.6 м/сут, водопроницаемость пород – 100-400 м²/сут.

Альб-сеноманский водоносный горизонт распространен повсеместно в мелкозернистых песках мощностью 25-30 м, коэффициент фильтрации 0.14-2.6 м/сут. Водопроницаемость песков возрастает в северном направлении с 10 до 100 м²/сут, коэф-

фициент пьезопроводности – 4.2×10^5 м²/сут. Горизонт напорный, величина напора над кровлей достигает 200 м и более.

Волжский водоносный горизонт развит в толще песчаников известковистых с прослоями глин и песков тонкозернистых общей мощностью 20-40 м. Коэффициент фильтрации песчаников 0,024-0,4 м/сут, водопроницаемость песков и песчаников составляет 1-10 м²/сут, коэффициент пьезопроводности – 5×10^4 м²/сут. Горизонт напорный, величина напора над кровлей достигает 250 м.

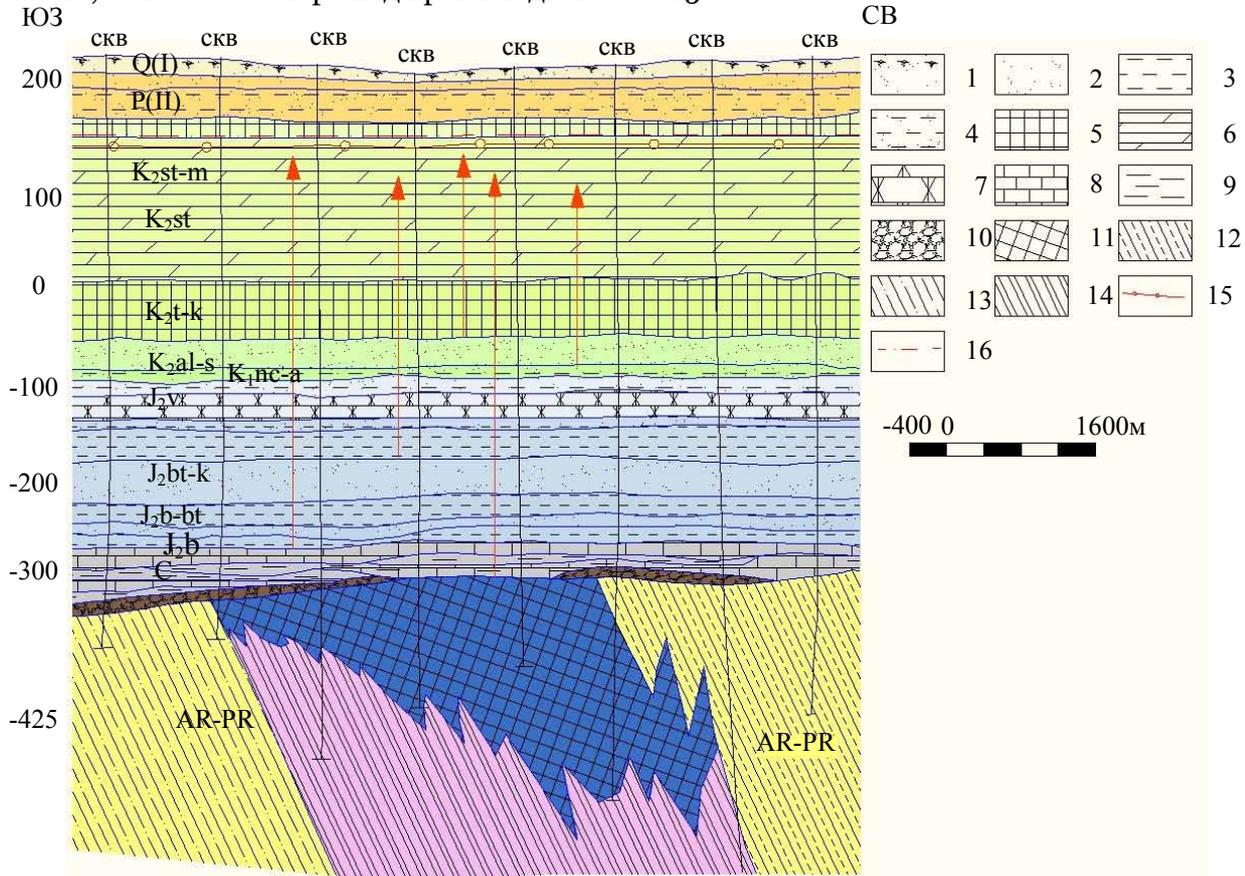


Рис. 2. Схематический гидрогеологический разрез Яковлевского месторождения по линии А-А 1 – почвенно-растительный слой; 2 – песок; 3 – глина; 4 – глина песчаная; 5 – мел; 6 – мергель; 7 – песчаник; 8 – известняк; 9 – глина сланцевая; 10 – руда переотложенная; 11 – руда; 12 – сланцы кварцсерицитовые; 13 – сланцы филлитовидные; 14 – кварцит; 15 – статический уровень руднокристаллического горизонта; 16 – статический уровень каменноугольного горизонта

Q(I): -alIV – современный аллювиальный водоносный горизонт; -alI-III – средне-верхнечетвертичный аллювиальный водоносный горизонт; -prI-III – нижне-верхнечетвертичный проницаемый не водоносный горизонт

P(II): -P₃hr-pl – харьковско-полтавский водоносный горизонт; -P₂kv – киевский водоупор; -P₂kn-бс – каневско-бучакский водоносный горизонт

Келловейский водоносный горизонт приурочен к толще песков мощностью 25-55 м с многочисленными маломощными прослоями песчаников, реже глин. Коэффициент фильтрации варьирует в пределах 0.3-2.2 м/сут. Водопроницаемость – 10-40 м²/сут, коэффициент пьезопроводности составляет $(1.5-3.2) \times 10^5$ м²/сут. Горизонт высоконапорный, величина напора над кровлей достигает 320-350 м.[5]

Нижнекаменноугольный водоносный горизонт имеет повсеместное распространение и приурочен к толще известняков с прослоями сланцеватых и углистых глин в нижней части разреза. Мощность водоносного горизонта 20-80 м. Коэффициент фильтрации изменяется в широком диапазоне от 0.01 до 12.5 м/сут. Водообильность известняков находится в прямой зависимости от степени трещиноватости и закарстованности. Наиболее проницаемы известняки верхней части толщи, распространенные над железорудной полосой и в северо-восточной зоне висячего бока месторо-

ждения. Водопроницаемость пород составляет 100-150 м²/сут. Проницаемость известняков, залегающих над сланцами лежащего бока, значительно ниже (коэффициент фильтрации 0.01-2.55 м/сут, водопроницаемость не превышает 10 м²/сут). Коэффициент упругой водоотдачи нижнекаменноугольных отложений изменяется от 5×10^{-5} до 10^{-4} . Водоносный горизонт высоконапорный. В условиях естественного режима подземных вод напоры над кровлей известняков достигали 381-479 м.

Подземные воды нижнекаменноугольного водоносного горизонта, в основном, характеризуются хлоридно-гидрокарбонатным натриевым составом. В условиях стабилизации уровня подземных вод (1993-1995 гг.) минерализация воды соответствует фоновым значениям – 0.5-0.6 г/дм³. Воды мягкие, умеренно жесткие с жесткостью до 3 мг-экв/дм³.

Руднокристаллический водоносный горизонт приурочен выветрелым и трещиноватым зонам кристаллического фундамента архей-протерозойского возраста, представленными богатыми железными рудами, железистыми кварцитами, кристаллическими сланцами и плагиогранитами. Водоносность пород кристаллического основания определяется их пористостью, региональной трещиноватостью древней коры выветривания и редкими тектоническими трещинами открытого типа. Кристаллические породы характеризуются весьма слабой водопроницаемостью. Однако прослеживается зависимость фильтрационных параметров кристаллических пород от их литологического состава. Наиболее проницаемыми являются рыхлые разности богатых железных руд, коэффициент фильтрации которых изменяется от 0.04 до 0.28 м/сут. Среди богатых руд на отдельных участках отмечались зоны повышенной водообильности, что фиксировалось полным поглощением глинистого раствора при бурении скважин. Наименее проницаемые являются кварциты и кристаллические сланцы, с коэффициентом фильтрации не более 0.01 м/сут. Водопроницаемость пород горизонта изменяется в широких пределах от 2 (сланцы, кварциты, плагиограниты) до 50 м²/сут (богатые железные руды) [6].

Подземные воды руднокристаллического водоносного горизонта по химическому составу являются хлоридными натриевыми и гидрокарбонатно-хлоридными натриевыми. Фоновая минерализация подземных вод составляет 1.2-1.4 г/дм³, однако, в зонах развития тектонических нарушений, за счет подтягивания высокоминерализованных глубинных рассолов, она может увеличиваться до 10 г/дм³ и более. Водоносный горизонт напорный. Напор над кровлей водоносного горизонта в естественных условиях достигал величин 405-510 м.

Нижнекаменноугольный водоносный горизонт гидравлически связан с руднокристаллическим. Однако наличие глинистых отложений в подошве нижнекаменноугольного горизонта мощностью до 0.2-31.0 м, плотных переотложенных руд и карбонатизированных бокситовых образований в кровле руднокристаллической толщи мощностью от 0 до 60 м затрудняет взаимосвязь указанных горизонтов [6].

Результаты опытно-производственных водопонижений (1989-1992 гг.) показали, что основными водоносными горизонтами, определяющими условия формирования водопритоков в подземные горные выработки Яковлевского рудника, являются нижнекаменноугольный и руднокристаллический.

В процессе почти трехлетнего опытно-производственного водопонижения пьезометрические уровни подземных вод в нижнекаменноугольных отложениях были снижены в центре депрессии на 220-250 м, в руднокристаллическом массиве – на 160-180 м. В районе шахтных стволов понижение пьезометрического уровня подземных вод в нижнекаменноугольном водоносном горизонте составило 40-50 м.

В начале декабря 1991 г. на месторождении проводился краткосрочный (10-суточный) вывод из эксплуатации всех водопонижающих скважин на нижнекаменноугольный водоносный горизонт, для установления возможности отключения водопонижения в нижнекаменноугольных известняках с точки зрения безопасности ведения горных работ на горизонте -425 м и уточнения реакции гидродинамической системы на проводимый эксперимент. Анализ результатов режимных наблюдений показал, что пьезометрический уровень подземных вод за 10 суток в нижнекаменноугольных известняках в центре депрессии восстановился на 110-130 м, в районе шахтных стволов –



на 3-4 м, в руднокристаллическом водоносном горизонте в пределах рудной полосы – до 5 м. С 1992 г. произведено отключение системы водопонижения в нижнекаменноугольных известняках, которая не эксплуатируется и по настоящее время.

Список литературы

1. Орлов, В.П. Железные руды КМА / В.П. Орлов, И.А. Шевырев, Н.А. Соколов; Под ред. В.П. Орлова. - М.: Изд-во Геоинформарк, 2001. - 616 с.
2. О результатах доразведки Яковлевского месторождения КМА на глубину по состоянию на 1 декабря 1961 г.: Отчет (промежуточный) / Белгородская железорудная экспедиция; Рук. работ С.И. Чайкин, М.Н. Сахарова, Е.С. Каргальцева. - Белгород, 1961. - 179 с.
3. О геологоразведочных и поисковых работах на Яковлевском месторождении КМА: Отчет / Белгородская железорудная экспедиция; Рук. работ В.Н. Клекль, С.Т. Кулешов, И.И. Романов. - Белгород, 1969. - 172 с.
4. О геологоразведочных и поисковых работах, произведенных на Яковлевском железорудном месторождении Белгородского железорудного района КМА по состоянию на 1 октября 1958 г. Кн. 1. Геологическое строение Яковлевского месторождения, его запасы и перспективная оценка. Общая оценка Белгородского железорудного района КМА: Отчет / Геологическое управление центральных районов; Рук. работ С.И. Чайкин, М.Н. Сахарова и др. - М., 1958. - 329 с.
5. О геологоразведочных и поисковых работах, произведенных на Яковлевском железорудном месторождении Белгородского железорудного района КМА по состоянию на 1 октября 1958 г. Кн. 2. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия Яковлевского месторождения Белгородского железорудного района КМА: Отчет / Геологическое управление центральных районов; Рук. работ А.А. Саар, В.Д. Бабушкин и др. - М., 1958. - 254 с.
6. О доразведке гидрогеологических условий, подсчету запасов дренажных вод в увязке с рациональной схемой осушения Яковлевского железорудного месторождения по состоянию на 01.08.1992 г.: Отчет / НТЦ «НОВОТЭК»; Рук. работ М.Г. Чмаро. - Белгород, 1993. - 112 с.
7. Проект осушения шахтного поля Яковлевского рудника КМА. Т. I. Пояснительная записка: Технический проект / ВИОГЕМ. - Белгород, 1970. - 321 с.

THE GEOLOGO-HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTIC OF THE JAKOVLEVSKY DEPOSIT

S.V. Sergeev¹

A.I. Ljabah²

V.N. Kvachev¹

V.V. Sevrjukov¹

Belgorod State National Research University

Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: sergeev@bsu.edu.ru

² OOO «Metal-group» Jakovlevsky mine Yuzhnaia St. 12, Jakovlevo, 309076, Russia,

Difficult geological and hydro-geological conditions Yakovlevsky deposits of the Kursk Magnetic Anomaly (KMA) are considered.

Key words: rich iron ores, a geological structure, water-bearing horizon, a hydrostatic pressure, filtration factor.

ОСОБЕННОСТИ СКЛАДЧАТО-РАЗРЫВНОЙ СТРУКТУРЫ И БЛОЧНОСТИ МАССИВОВ ДОКЕМБРИЙСКИХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ КМА¹

В.А. Дунаев
И.М. Игнатенко

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: ignat86_m@mail.ru

По результатам натурального изучения на карьерах дана характеристика складчато-разрывной структуры месторождений железистых кварцитов КМА (Лебединского, Стойленского, Михайловского), трещиноватости и блочности (формы и величины отдельности) слагающих их пород. Доказана связь разрывных нарушений и трещин с особенностями складчатой структуры месторождений. Установлены факторы, влияющие на размер отдельности, и закономерности распределения отдельностей различного размера в породном массиве.

Ключевые слова: месторождение, железистые кварциты, Курская магнитная аномалия, складчато-разрывная структура, трещиноватость, отдельность горных пород.

Все месторождения железистых кварцитов КМА приурочены к коробковской свите курской серии нижнего протерозоя (карелия). Она состоит из четырех подсвит (снизу вверх): нижней железорудной, нижней сланцевой, верхней железорудной, верхней сланцевой. Мощность свиты достигает 1000 м, а железорудных подсвит – до 300 м. Коробковскую свиту подстилают сланцы и кварцитопесчаники стойленской свиты, лежащей в основании разреза курской серии. Экономическая эффективность и безопасность горных работ на карьерах во многом зависит от степени адекватности особенностям складчато-разрывной структуры разрабатываемого массива пород принятых технологических решений и параметров при производстве буровзрывных работ и постановке уступов на предельный контур. Это связано с тем, что складчато-разрывная структура породного массива обуславливает наличие в нем плоскостей ослабления (трещин) различной ориентировки и размерности.

Основные положения статьи базируются на результатах полевых геолого-структурных исследований, выполненных в карьерах Стойленского, Лебединского и Михайловского ГОКов. Измерение элементов залегания горных пород и трещин осуществлялось гироскопическим трещиномером ТГ-3м, а расстояний между трещинами одной системы – мерной рейкой.

Складчатая структура и разрывные нарушения. Лебединское и Стойленское месторождения расположены в зоне юго-восточного замыкания Тим-Ястребовской грабен-синклинали, наиболее крупной в Орловско-Оскольском грабен-синклинории. В совокупности они образуют Лебединское рудное поле [1]. *Лебединское месторождение* приурочено к одноименной синклинали 2-го порядка шириной 4-6 км, ограниченной на западе Западно-Лебединским разломом, а на северо-востоке – Стойло-Николаевским габбро-диоритовым массивом раннепротерозойского возраста (рис. 1). Лебединская синклиналь представляет собой ансамбль сопряженных складок 3-го порядка, осложненных более мелкой складчатостью. Азимут генерального простирания складчатой системы в целом 310°, отдельных складок 305-340°. Преобладают прямые складки с крутым до субвертикального наклоном крыльев. Складчатая структура месторождения в плане веерообразно расширяется на юго-восток в сторону ее воздымания и замыкания. Шарниры складок погружаются в северо-западном направлении под углами от 10-30° до 50-60°.

¹ Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, государственный контракт ПЗ6 от 30 марта 2010г.

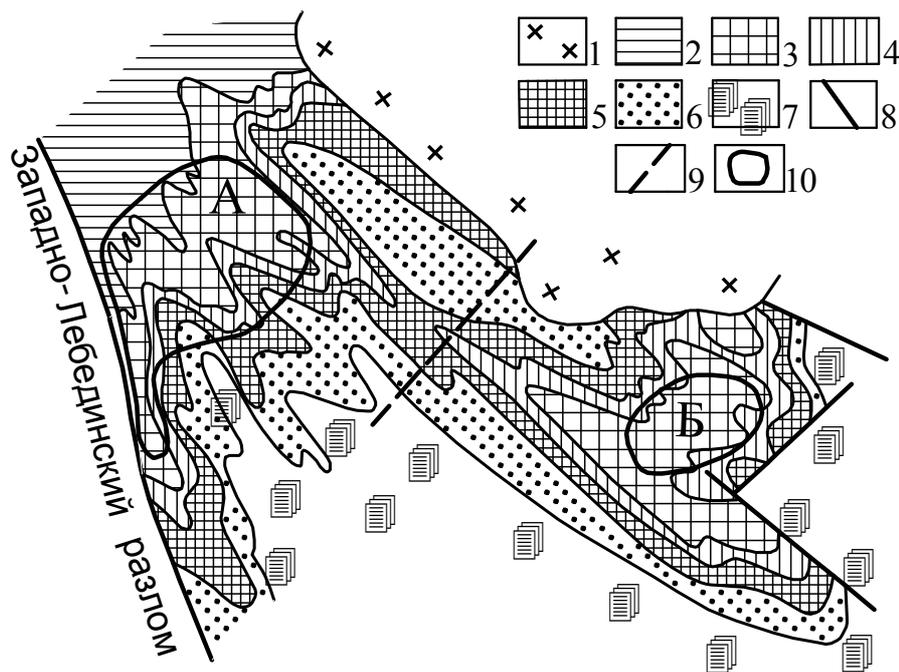


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Лебединского рудного поля. По [4] с генерализацией и дополнениями:

1 – Стойло-Николаевский массив пород среднего и основного состава; **нижний протерозой** – курская серия: 2-5 – коробковская свита: 2 – верхняя сланцевая подсвита, 3 – верхняя железорудная подсвита, 4 – нижняя сланцевая подсвита, 5 – нижняя железорудная подсвита; 6 – сланцево-метапесчаниковая стойленская свита; **архей**: 7 – михайловская серия (метаандезиты, сланцы) и нерасчлененный комплекс гранитогнейсов, магматитов, гранитов; 8 – разрывные нарушения; 9 – условная граница между Лебединским и Стойленским месторождениями; 10 – контур карьеров: А – Лебединского, Б – Стойленского

Проявленные на месторождении разрывные нарушения представлены зонами дробления и интенсивной трещиноватости (рассланцевания) пород с глиной трения и четкими притертыми плоскостями. Среди них выделены нарушения 1-го порядка, протягивающиеся через все месторождение на 1.5-2 км при мощности до 5-7 м, и 2-го порядка протяженностью 0.2-0.6 км и мощностью 0.1-1 м. Те и другие местами сопровождаются зонами повышенной трещиноватости пород шириной соответственно 5-10, редко до 30 м, и 1-5, иногда до 10 м. Видимая вертикальная амплитуда смещения пород по плоскостям нарушений 1-го порядка 10-100 м, а 2-го порядка – от первых дециметров до 10 м. Региональный Западно-Лебединский разлом надпорядковый. Простираение нарушений 1-го северо-западное (азимут 295-335°), близкое к ориентировке осей складок, падение от крутого до субвертикального. Характерна смена направления падения по простираению нарушений. Расстояние между смежными нарушениями 0.2-0.45 км.

Разрывные нарушения 2-го порядка по своей ориентировке относительно осей складок и разрывных нарушений 1-го порядка подразделяются (в порядке уменьшения распространенности) на продольные, диагональные и поперечные. Продольные нарушения имеют северо-западное простираение (295-335°). На круговой ориентирной диаграмме они образуют две системы, падающие в противоположные стороны (азимут падения (аз. пад.). 221<80° и аз. пад. 22<72°). Диагональные нарушения также представлены двумя системами. Из них наиболее проявлена субширотная с крутым падением на юг (аз. пад. 170<78°). Простираение другой системы северо-восточное с падением на северо-запад (аз. пад. 337<58°). Поперечные нарушения образуют субширотную систему с крутым падением на юго-восток (аз. пад. 130<78°) (рис. 2). Расстояние между разрывными нарушениями одной системы колеблется от 30-60 м до 100-150 м.

Разрывные нарушения 2-го порядка по отношению к разрывам 1-го порядка обычно являются сопровождающими или опережающими. К ним приурочены дайки диоритовых порфириров (производных Стойло-Николаевского габбро-диоритового массива), о чем свидетельствует сходство круговых ориентирных диаграмм разрывных нарушений и даек (см. рис. 2). Единственным принципиальным их отличием является отсутствие на диаграмме ориентировки даек северо-восточной системы с полюсом аз. пад. $337<58^\circ$. Очевидно, разрывы этой системы возникли позже формирования дайкового комплекса, связанного со становлением Стойло-Николаевского интрузивного массива.

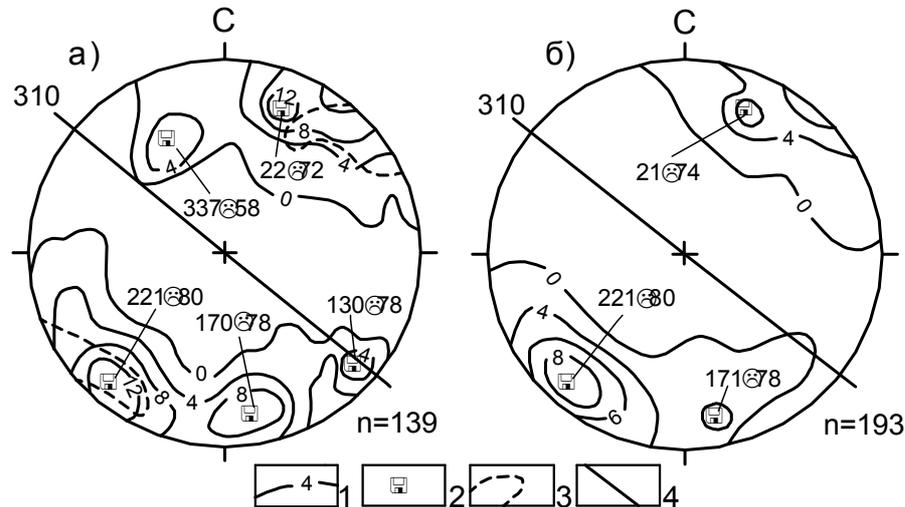


Рис. 2. Круговые диаграммы ориентировки разрывных нарушений второго порядка (а) и даек диоритовых порфириров (б) на Лебединском месторождении:

1 – изолинии плотности точек и их значения, в %; 2 – полюс системы (цифрами указаны азимут и угол падения системы, град); 3 – контур ореола полюсов разрывных нарушений первого порядка; 4 – линия генерального простирания складчатости с указанием азимута, град.

Важно отметить, что разрывные нарушения 1-го порядка пунктирно трассируются участками развития в железистых кварцитах плейчатости и пакетов шириной 5-10 м мелких изоклиналиных складок. Это свидетельствует о древнем соскладчатом заложении указанных нарушений как зон повышенной концентрации напряжений на сочленении складчатых структур в условиях пластического состояния горных пород. Позднее в связи с хрупкими деформациями пород они оформились как разрывные нарушения 1-го порядка, а синхронно с ними или спустя какое-то время возникли разрывы 2-го порядка. В дальнейшем разрывные нарушения обоих порядков неоднократно подновлялись, о чем свидетельствует приуроченность к ним даек диоритовых порфириров и развитие по многим из них, в том числе залеченных дайками, зон дробления и интенсивной трещиноватости пород.

Стойленское месторождение приурочено к юго-восточному флангу складчатой системы «Стойло-Лебединская синклиналь – Крамская антиклиналь», где указанные структуры веерообразно расщепляются на ряд складок 3-го порядка, осложненных складчатостью более высоких порядков. Характерной структурной особенностью района месторождения является то, что шарниры складок в юго-восточном направлении сначала погружаются, а затем воздымаются с преобладающим центриклинальным замыканием. Простирание складок северо-западное по азимуту 275° и 300° . Углы погружения и воздымания шарниров складок $20-60^\circ$. В результате этого по подошве продуктивной коробковской свиты сформировалась брахиподобная Стойленская синклиналь 2-го порядка, вмещающая месторождение. Протяженность ее 6 км при размахе крыльев в центре 3.75 км. С севера она срезается Стойло-Николаевским интрузивным массивом (см. рис. 1).

На участке глубокого погружения шарнира Северо-восточной антиклинали длиной по простиранию 600 м и примерно такой же ширины в процессе геолого-



структурного картирования карьера установлено наличие поперечной складчатости. Преобладающий азимут простирания поперечных складок 30° . Только на западе этого участка он составляет $340-350^\circ$. Оси складок слабоволнистые, иногда дугообразные. Установленная длина складок 60-250 м, размах крыльев 20-50 м. Складки обычно симметричные, угол падения их крыльев $65-85^\circ$. Шарниры складок погружаются на юг и юго-запад под углом $50-60^\circ$. Складки сгруппированы по 2-5 в пакеты шириной 30-150 м, расстояние между пакетами 80-150 м. Простирание пород в промежутках между пакетами поперечных складок изменчиво (от субширотного до северо-восточного), а их падение обычно южное и юго-западное под углом $60-80^\circ$.

По данным полевых исследований установлено четыре разрывных нарушения 1-го порядка, протягивающиеся непрерывно через все карьерное поле. Они представлены зонами интенсивного дробления пород мощностью 0.4-2.0 м, с глиной трения и четкими притертыми плоскостями. Три из них следуют согласно простиранию основной складчатости по азимуту $295-310^\circ$, имея крутое до субвертикального падения, преимущественно на юго-запад, а одно – близко к простиранию поперечной складчатости, по азимуту 10° с падением на восток под углом $60-75^\circ$. Среди разрывных нарушений 2-го порядка, по протяженности и мощности сопоставимых с аналогичными нарушениями Лебединского месторождения, явно преобладают продольные относительно основной складчатости. Полнос этой системы разрывных нарушений на круговой ориентирной диаграмме позиционируется в точке, соответствующей аз.пад. $210 < 80^\circ$ (рис. 3). Достаточно хорошо проявлены также разрывные нарушения, поперечные (аз. пад. $117 < 72^\circ$) и диагональные (аз. пад. $71 < 69^\circ$) простиранию основной складчатости, но совпадающие с простиранием поперечных складок. Они развиты преимущественно на участке проявления поперечной складчатости. Как и на Лебединском месторождении очевиден контроль даек диоритовых порфиритов разрывными нарушениями 2-го порядка. На это указывает тесная корреляция позиции полюсов систем на диаграммах а и б (см. рис. 3).

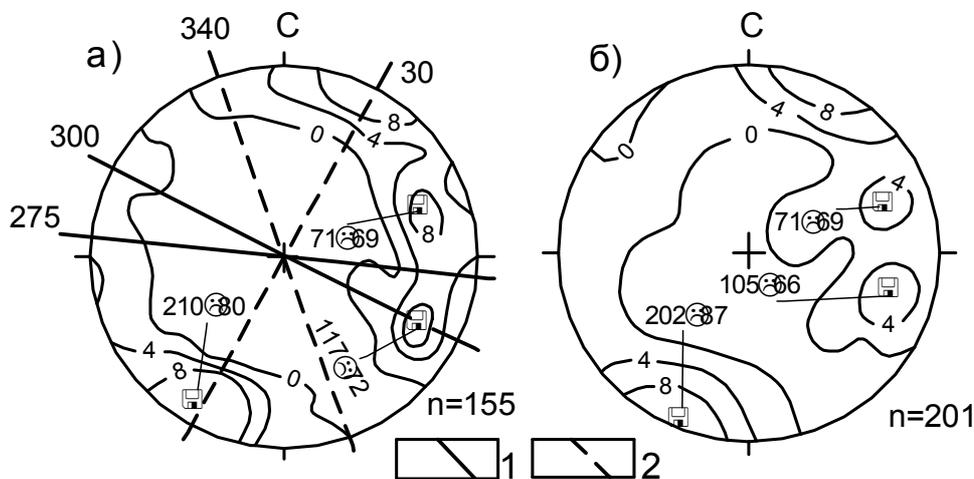


Рис. 3. Круговая диаграмма ориентировки разрывных нарушений (а) и даек диоритовых порфиритов (б) на Стойленском месторождении:
1-2 – линии простирания основных (1) и поперечных (2) складок с указанием азимута, град.
Остальные условные обозначения см. на рис. 2

Михайловское месторождение приурочено к флексуорообразной сложноскладчатой структуре 2-го порядка в западном крыле Михайловской грабен-синклинали, расположенной в Михайловско-Белгородском грабен-синклинории [1]. Эта структура расширяется и погружается к югу под углом $20-55^\circ$. Она представляет собой ансамбль трех складок 3-го порядка (двух синклиналей и разделяющей их антиклинали) шириной 0.6-2 км (рис.4). Основной является Западная синклиналь, протягивающаяся через все месторождение более, чем на 6 км. Две других складки обрезаны с востока крупным продольным разломом и сохранились только на юге месторождения. Шар-

ниры складок волнообразно изгибаются в плане, меняя азимут простираения от 340 до 10°, и ундулируют при общем погружении на юг. Основная Веретенинская рудная залежь, разрабатываемая карьером, полностью сложена железистыми кварцитами нижней железорудной подбиты коробковской свиты. Сланцевые прослои в толще кварцитов отсутствуют.

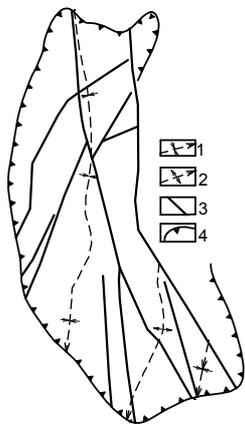


Рис. 4. Структурная схема карьерного поля Михайловского месторождения:

1, 2 – оси основных складчатых структур (стрелкой указано направление их погружения): 1 – синклинали, 2 – антиклинали; 3 – основные разрывные нарушения; 4 – контур действующего карьера по поверхности докембрия

Западная синклиналь в северной и центральной частях месторождения явно асимметричная. В западном ее крыле породы падают преимущественно на восток-юго-восток (азимут 80-120°) под углом 45-65°, а в восточном крыле преобладают северо-восточное (азимут 50-80°) и крутое (75-85°) до субвертикального падение пород, что позволяет говорить об опрокинутом в целом на запад залегании Западной синклинали. В южной части месторождения все три складки четко опрокинуты на запад с падением пород в обоих крыльях на восток под углом 70-85°. Вдоль восточной границы месторождения проходят два крупных субмеридиональных взброса на расстоянии 500-900 м один от другого. Падение их восточное под углом 60-85°. Кроме того, на месторождении развита сеть более мелких крутопадающих разрывных нарушений протяженностью от нескольких сотен метров до 1.5 км и мощностью 0.5-5 м, представленных зонами интенсивной трещиноватости и дробления пород. По пространственной ориентировке нарушения подразделяются на продольные (субмеридиональные), поперечные (субширотные) и диагональные (северо-западные и северо-восточные). Дайки магматических пород на месторождении отсутствуют.

Трещины отдельности и мелкие сколовые трещины. Ранее установлено, что для массивов метаморфитов курской серии КМА характерна делимость на элементарные структурные блоки (отдельности) отрывными трещинами трех субортгональных между собой систем (M , N , K), возникших по завершению процесса складкообразования и знаменующих своим появлением переход пород из пластического состояния в консолидированное [2]. M – система трещин по слоистости (полосчатости) пород, N – поперечная по отношению к M , а K – близкая по простираению к M и падает ей навстречу. Поскольку метаморфиты КМА характеризуются преимущественно крутым до субвертикальным залеганием, то с учетом указанных выше пространственных взаимоотношений упомянутых трех систем, трещины системы M , N также крутопадающие до субвертикальных, а системы K – пологие до субгоризонтальных. Трещины системы M ровные или слабоволнистые согласно геометрии поверхностей раздела слоев пород, обычно протягиваются на всю высоту уступа (15-20 м). Трещины системы N более или менее прямолинейные, а системы K – извилистые, иногда прямолинейные. В целом трещины системы N более протяженные (5-15 м), чем системы K (2-10 м).

На некоторых участках месторождений по направлениям трещин отдельности, особенно системы M , наблюдаются ровные, притертые, иногда со следами скольжения, и достаточно протяженные плоскости, характерные для трещин сколового типа. Они возникли позже трещин отдельности за счет их разрастания, наследуя при этом созданные ими плоскости ослабления массива пород.

Кроме первичных трещин отдельности и описанных выше трещин, наследующих их ориентировку, имеют место типичные сколовые трещины: протяженностью 5-

15 м, ровные, с притертыми стенками. Они встречаются как одиночные, так и сериями по несколько субпараллельных трещин. Характерно преобладание среди них пологозалегающих трещин с углом падения $30-40^\circ$, что свидетельствует об их образовании под влиянием горизонтальных тектонических напряжений. При картировании карьеров и формировании базы данных указанные трещины фиксировались как принадлежащие системе С.

Лебединское месторождение в соответствии с присущей ему линейной складчатостью характеризуется следующими особенностями ориентации трещин M , N , K , C . Простираие трещин системы M северо-западное (азимут $310 \div 20^\circ$), в каждом крыле складок формируется своя подсистема по направлению падения (M_1 – северо-восточного, M_2 – юго-западного). Система пологозалегающих и субгоризонтальных трещин (K) также образует две подсистемы (K_1 и K_2), падающие навстречу соответственно подсистемам M_1 и M_2 . Простираие системы N (азимут $30 \div 10-20^\circ$) субортогонально простираие систем M и K . По направлению падения выделяются две подсистемы (N_1 и N_2), полюсы которых лежат на линии генерального простираия складчатости. Подсистема N_1 падает на юго-восток, а N_2 – на северо-запад (рис. 5 а).

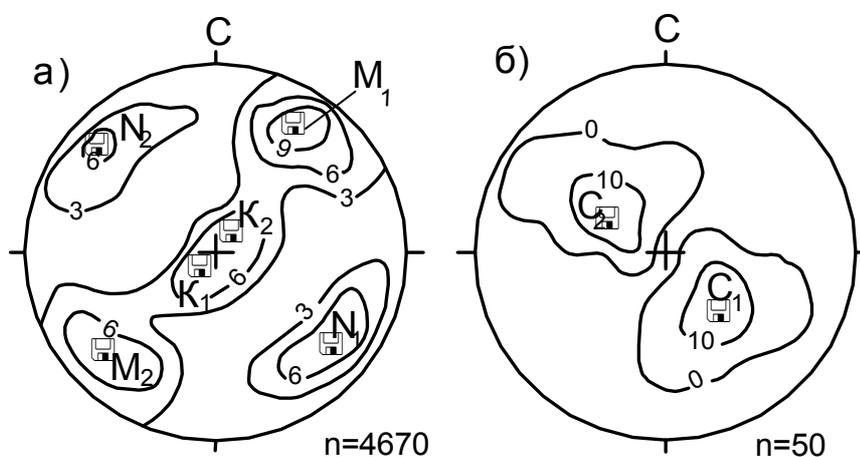


Рис. 5. Круговые диаграммы ориентировки трещин отдельности (а) и сколовых трещин (б) на Лебединском месторождении. Условные обозначения см. на рис. 2

Сколовые трещины по простираию совпадают с трещинами системы N и также ориентированы вкрест залегания пород (азимут $30-40^\circ$), а по направлению падения образуют две подсистемы. Одна из них (C_1) падает на юго-восток (азимут $135 \pm 35^\circ < 35 \pm 15^\circ$), а другая (C_2) – в противоположную сторону, на северо-запад (азимут $305 \pm 20^\circ < 35 \pm 15^\circ$) (рис. 5, б). По величине двугранного угла между трещинами C_1 и C_2 (75°) их можно считать сопряженной сколовой парой. Биссектриса угла между плоскостями сопряженных трещин соответствует оси σ_3 (максимальных напряжений), а осью σ_2 (средних напряжений) является линия пересечения плоскостей трещин [3]. Отсюда следует, что сопряженная сколовая пара систем трещин C_1 и C_2 образовалась в поле напряжений с ориентировкой оси σ_3 субгоризонтально и вдоль простираия складчатости, оси σ_2 – вкрест этого направления, а оси σ_1 – вертикальной.

Стойленское месторождение в связи отмеченными выше признаками брахиформности вмещающей его синклинали и наличием поперечной складчатости характеризуется своеобразием ориентировки систем трещин M , N , K , C . Сводная диаграмма ориентировки трещин отдельности (рис. 6 а) относится к поясовому типу, что свидетельствует о широком развитии трещин различной ориентировки. Вместе с тем на этой диаграмме четко фиксируется область трещин K с полюсом в центре диаграммы и две системы крутопадающих (до субвертикальных) трещин северо-западного и ортогонального ему северо-восточного простираия с полюсами соответственно аз. пад. $208, 28 < 90^\circ$ и аз. пад. $293, 113 < 90^\circ$.

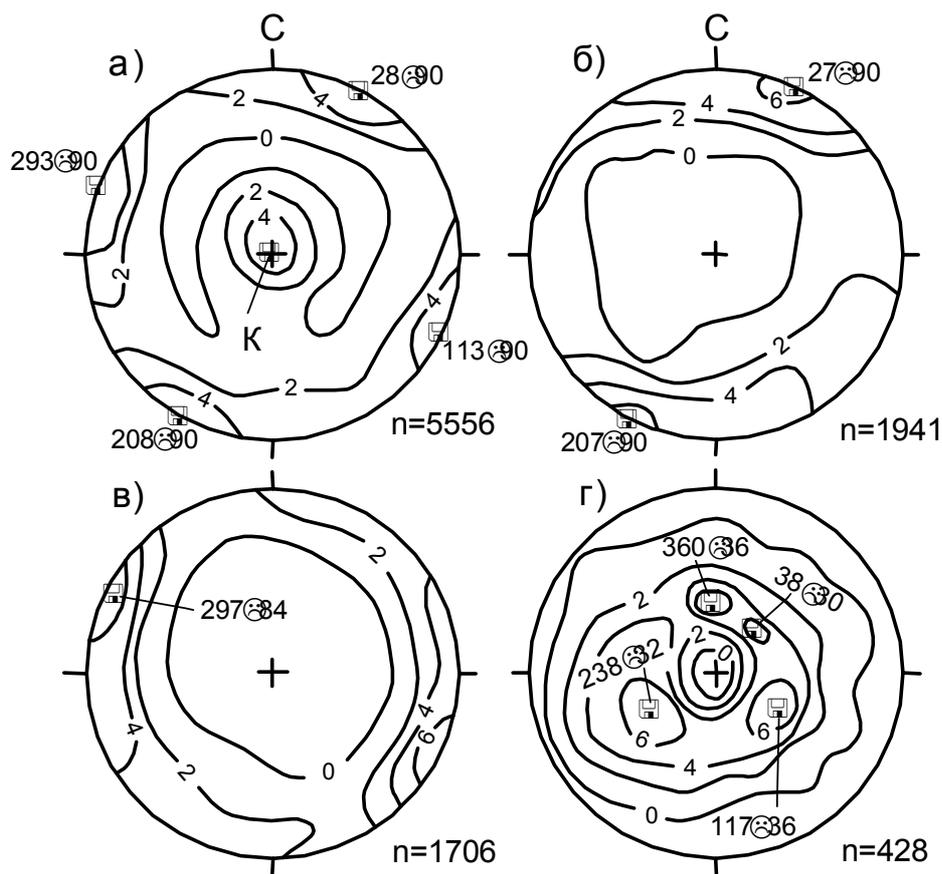


Рис. 6. Круговые диаграммы ориентировки трещин отдельности (а – всех систем: *M*, *N*, *K*; б – системы *M*; в – системы *N*) и сколовых трещин (г) на Стойленском месторождении. Условные обозначения см. на рис. 2

На диаграмме б, рис. 6 видно, что одна из указанных выше систем трещин (северо-западного простирания) с полюсом аз. пад. $207, 27 < 90^\circ$ относится к системе *M*, связанной с основной складчатостью. Повышенная плотность полюсов в юго-восточном квадранте этой диаграммы (аз. пад. $130 \pm 30^\circ$) обусловлена трещинами системы *M* на крыльях и в замках поперечных складок. В целом рассматриваемая диаграмма, аналогично сводной, относится к поясовому типу, что связано с изменчивостью ориентировки трещин *M*, обусловленной брахиформностью Стойленской синклинали и наличием поперечной складчатости. Диаграмма ориентировки трещин системы *N* (рис. 6 в) практически повторяет упомянутую выше диаграмму (рис. 6 б) с условием поворота ее на 90° , как и должно быть, учитывая ортогональность систем *M* и *N*.

На диаграмме г, рис.6 зона повышенной плотности трещин *C* образует почти замкнутое кольцо. Внутри него расположены полюсы четырех систем таких трещин (C_1 – аз. пад. $238 < 32^\circ$; C_2 – аз. пад. $38 < 30^\circ$; C_3 – аз. пад. $117 < 36^\circ$; C_4 – аз. пад. $360 < 36^\circ$), которые условно можно объединить в две сколовые сопряженные пары C_1 - C_2 , C_3 - C_4 . Отмеченные особенности ориентировки трещин *C* свидетельствуют о многовекторной ориентировке субгоризонтальных сжимающих напряжений на Стойленском месторождении. Одно из наиболее сильно проявленных направлений таких напряжений, с каким связано возникновение сколовой пары C_1 - C_2 , близко к простиранию поперечной складчатости.

Михайловское месторождение имеет свои отличительные черты ориентировки систем трещин *M*, *N*, *K*, обусловленные особенностями его складчатой структуры. На сводной круговой ориентирной диаграмме (рис. 7) четко проявлены системы трещин,



развитые в западном крыле Западной синклинали (M_1 – азимут падения $110^\circ < 50^\circ$, K_1 – азимут падения $310^\circ < 35^\circ$, N_1^1 – азимут падения $210^\circ < 70^\circ$). Подсистема N_1^2 на диаграмме не проявилась, так как полюсы ее трещин попали в поле полюсов гораздо более многочисленных трещин системы M_2 (по слоистости пород в крутых крыльях складок). Пиковые значения параметров ориентировки этой системы – азимут падения $60^\circ < 80^\circ$. Система M_2 характерна для восточного крыла Западной синклинали и в целом для южной части Михайловского месторождения. Системе M_2 соответствуют системы K_2 (азимут падения $240^\circ < 15^\circ$) и N_2 в составе двух подсистем: N_2^1 (азимут падения $150^\circ < 65^\circ$) и N_2^2 (азимут падения $335^\circ < 60^\circ$).

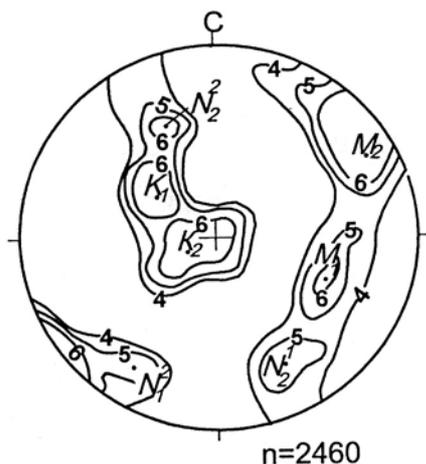


Рис. 7. Круговая диаграмма ориентировки трещин отдельности на Михайловском месторождении.
Условные обозначения см. на рис. 2

Блочность массивов пород. Поскольку отдельность пород ограничена тремя системами взаимно ортогональных (с известной условностью) трещин, ее форма приближается к параллелепипеду. Модификация параллелепипеда с длинами ребер $x > y > z$ определяется отношениями z/y (степенью уплотнения по z) и y/x (степенью удлинения по x). Выделено шесть разновидностей параллелепипедальной отдельности с различными критериальными значениями z/y и y/x (табл. 1).

Таблица 1

Критериальные значения отношений z/y и y/x для различных модификаций параллелепипедальной отдельности

Форма отдельности	Отношение длин ребер отдельности	
	z/y	y/x
Кубообразная	0.7-1.0	0.7-1.0
Столбчатая	0.7-1.0	<0.7
Плитчатая	0.3-0.7	0.7-1.0
Удлиненно-плитчатая	0.3-0.7	<0.7
Пластинчатая	<0.3	0.7-1.0
Удлиненно-пластинчатая	<0.3	<0.7

Если обозначить длину ребер по системам трещин M , K , N соответственно l м, l к, l н, то на указанных месторождениях всегда l м < l к, l н и часто, но не всегда, l к > l н, т.е. уплотнение параллелепипедальной отдельности идет по ребру системы M , а ее удлинение по ребру системы K , реже системы N . Для изученных месторождений при некотором различии в распространенности отдельностей каждой из указанных в табл. 2 разновидностей характерен такой их ряд (в порядке уменьшения доли, %): кубообразная – плитчатая – столбчатая и удлиненно-плитчатая – пластинчатая и удлиненно-пластинчатая.

Таблица 2

Распространенность (%) различной формы отдельностей железистых кварцитов

Место-рождения	Форма отдельности					
	Кубооб-разная	Столб-чатая	Плитча-тая	Удлиненно-плитчатая	Пластин-чатая	Удлиненно-пластинчатая
Лебединское	34.4	12.9	28.9	17.6	4.9	1.3
Стойленское	31.7	16.8	32.1	12.3	1.6	5.5
Михайловское	42.3	14.3	33.1	5.7	4.0	0.6
Среднее	36.1	14.7	31.4	11.9	3.5	2.47

Средний размер отдельности ($L_{ср.}$, м) на конкретном месторождении зависит от типа породы, но на различных месторождениях один тип породы имеет различные значения этого параметра. Например, на Лебединском месторождении $L_{ср.}$ увеличивается в такой последовательности: сланцы (0.48), кварцитопесчаники (0.52), железистые кварциты (0.60), а подобная последовательность для железистых кварцитов разных месторождений выглядит так: Михайловского – 0.44; Лебединского – 0.60; Стойленского – 0.73. В замках складок $L_{ср.}$ в 1.2-2.3 раза больше, чем в их крыльях, а $L_{ср.}$ железистых кварцитов плейчатой текстуры в 1.25-1.35 раза больше, чем линейно-полосчатой.

Распределение отдельностей различного размера в массивах железистых кварцитов подчиняется нормальному закону, но на каждом месторождении имеет свои особенности, которые характеризуются полигонами вариационных рядов и графиками плотности вероятности размера отдельности (рис. 8).

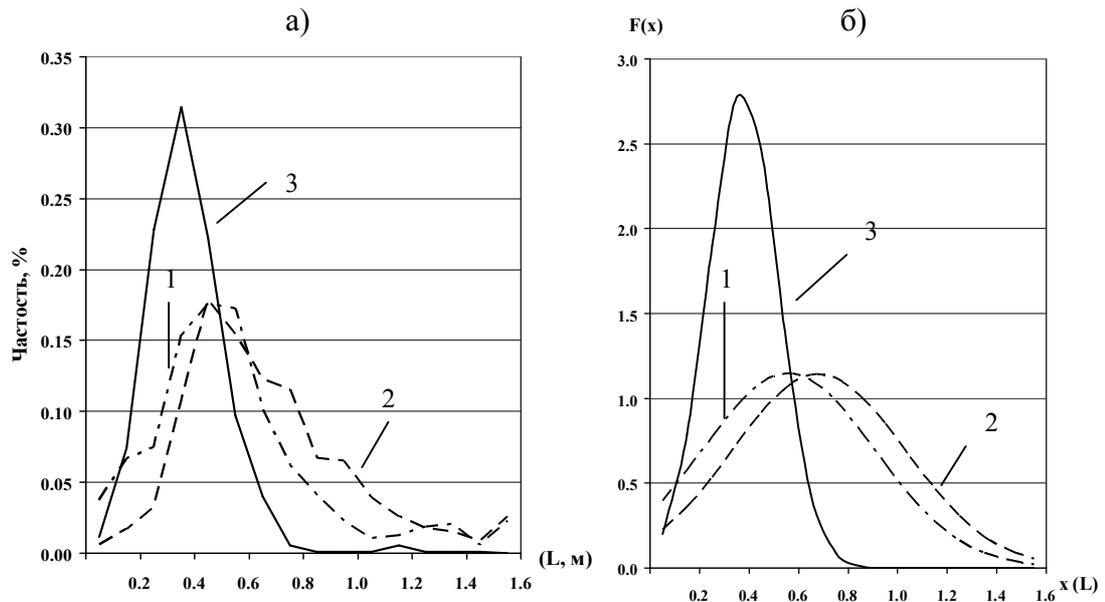


Рис. 8. Полигоны вариационного ряда (а) и графики плотности вероятности (б) размера отдельности (L) в массивах железистых кварцитов Лебединского (1), Стойленского (2) и Михайловского (3) месторождений

Полигон и график Михайловского месторождения островершинные в соответствии с положительным эксцессом (0.77) и симметричны, а Лебединского и Стойленского месторождения – плосковершинные (эксцесс отрицательный – 0.8), причем у полигона и графика Лебединского месторождения заметно проявлена правая асимметрия (коэффициент асимметрии 0.6) за счет повышенных значений частоты классов в диапазоне 0.0-0.4м. Позиция экстремумов указанных графиков на оси x (L) соответствует математическому ожиданию (среднему размеру отдельности в массиве по-



род, м), который составляет для Михайловского месторождения 0.43; Лебединского 0.62; Стойленского 0.73.

С увеличением глубины от кровли скальных пород (h , м) средняя величина отдельности ($L_{ср}$, м) изменяется волнообразно с четко выраженной тенденцией к увеличению. Эти изменения удовлетворительно аппроксимируются функцией в виде уравнения прямой (рис. 9).

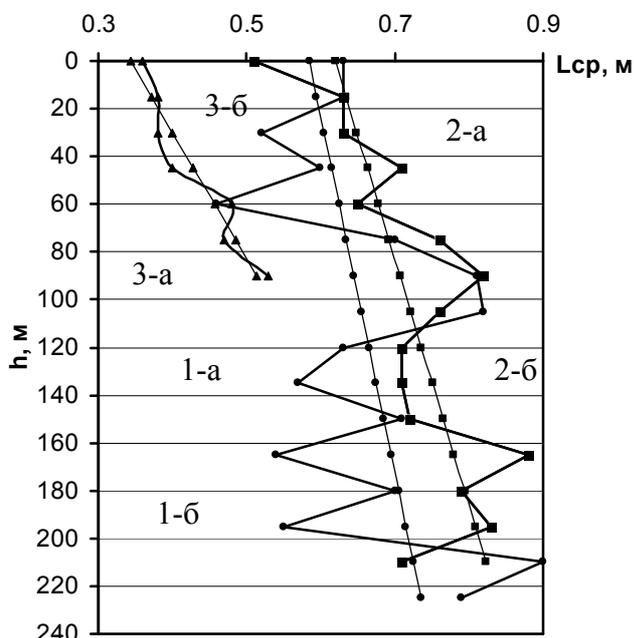


Рис. 9. Аппроксимация изменения среднего размера отдельности пород с глубиной (а – фактические значения, б – аппроксимирующая прямая) для Лебединского (1), Стойленского (2) и Михайловского (3) месторождений

стых кварцитов КМА, представлены ансамблем сопряженных складок 3-го порядка, осложненных более мелкой складчатости. Для Лебединской синклинали характерна линейная складчатость, а Стойленская синклинали брахиподобна и отличается проявлением поперечной складчатости. При этом в обеих синклиналях доминируют прямые симметричные складки 3-го порядка. Михайловская синклинали представлена линейными, опрокинутыми на запад складками 3-го порядка с явными признаками асимметрии. Для всех рудовмещающих синклиналей наблюдается ундуляция шарниров складок с погружением либо в одном направлении (Лебединской и Михайловской), либо в двух, к центру структуры (Стойленской).

2. Разрывные нарушения относительно простирания складчатости подразделяются на (в порядке уменьшения распространенности) продольные, диагональные, поперечные. Все они имеют крутое до субвертикального падение. Наиболее крупные продольные нарушения являются соскладчатыми. Позднее они многократно подновлялись, а синхронно с этим процессом возникали продольные, диагональные и поперечные нарушения различных порядков.

3. Отдельности метаморфических пород ограничены отрывными трещинами трех субортогональных между собой систем: M – по слоистости пород, N – поперечной к M , K – близкой по простиранию к M и падающей ей навстречу. Трещины систем M , N крутопадающие до субвертикальных, K – пологие до субгоризонтальных. Указанные пространственные взаимоотношения трещин системы M с залеганием пород и систем M , N , K между собой обуславливают закономерную связь ориентации трещин отдельности с особенностями складчатой структуры месторождений.

4. На изученных месторождениях развиты мелкие сколовые трещины пологого (30-40°) падения, возникшие позже трещин отдельности под влиянием субгоризонтальных тектонических напряжений. Геометрия решетки таких трещин также связана

Коэффициент корреляции между фактическими данными и соответствующими им значениями аппроксимирующей функции для Лебединского месторождения 0.39; Стойленского 0.7; Михайловского 0.94. Градиент увеличения среднего размера отдельности с глубиной по линии аппроксимирующей функции (в см на 10 м) для Лебединского месторождения 0.7; Стойленского 0.9; Михайловского 1.9. Эффект увеличения с глубиной среднего размера отдельности связан главным образом с разуплотнением верхней части массива скальных пород за счет снижения литостатического давления вследствие эрозии перекрывающей его когда-то толщи пород.

Выводы

1. Синклинали 2-го порядка, вмещающие месторождения желези-

с особенностями складчатой структуры месторождений. На Лебединском месторождении, характеризующемся линейной складчатостью, они образуют две системы (их полюсы лежат на линии простираения складчатости), а на Стойленском месторождении брахиподобной складчатой структуры проявлено несколько их систем, полюсы которых на круговой ориентирной диаграмме располагаются в кольцевой зоне повышенной плотности полюсов сколовых трещин.

5. Блочность массива пород, слагающих месторождения железистых кварцитов, характеризуется следующими особенностями:

а) преобладанием отдельностей кубообразной (36.4%), плитчатой (31.4%) и столбчатой (14.7%) формы;

б) зависимостью среднего размера отдельности ($L_{ср.}$) от типа горной породы (при этом на различных месторождениях один тип пород имеет различную величину $L_{ср.}$), их текстурного облика ($L_{ср.}$ железистых кварцитов плитчатой текстуры в 1.25-1.35 раза больше, чем линейно-полосчатой), позиции относительно элементов складок (в замках складок $L_{ср.}$ существенно выше, чем в крыльях);

в) нормальным распределением в массиве с присущими каждому месторождению особенностями;

г) волнообразным характером изменения $L_{ср.}$ с глубиной при четко выраженной тенденции к увеличению с градиентом по аппроксимирующей прямой 0.7-1.9 см на 10 м.

Список литературы

1. Железные руды КМА/гл. ред. В.П.Орлов. – М.: Геоинформмарк, 2001. – 616 с.
2. Дунаев В.А., Серый С.С. Трещиноватость метаморфитов курской серии в бассейне КМА// Изв. вузов. Геология и разведка. – 2003, №2. – С. 54-59.
3. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. – М.: Наука, 1975. – 535 с.

FEATURES OF FOLD-RUPTURE STRUCTURE AND JOINTING OF MASSIFS OF PRE-CAMBRIAN ROCKS OF DEPOSITS OF FERRUGINOUS QUARTZITES OF THE KMA

V.A. Dunaev
I.M. Ignatenko

Belgorod State National Research University

Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

z OOO «Metal-group» Jakovlevsky mine Yuzhnaja St. 12, Jakovlevo, 309076, Russia

E-mail: ignat86_m@mail.ru

By results of natural studying on open pit the characteristic of fold-rupture structure of deposits of ferruginous quartzites KMA (Lebedinsky, Stojlensky, Mihajlovsky), fissures and jointing (forms and jointing sizes) of rocks composing them is given. Connection of dislocation with a break in continuity and cracks with features of folded structure of deposits is proved. The factors influencing the size of jointing, and the regularities of distribution of jointings of the various size in rock massif are established.

Key words: a deposit, ferruginous quartzites, Kursk Magnetic Anomaly, fold-rupture structure, fissures, jointing of rocks.



АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ГОРНОПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА КМА НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.Н. Крамчанинов¹

А.Н. Петин¹

И.А. Погорельцев²

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: ignat86_m@mail.ru

*² Департамент по
недропользованию по ЦФО
(Белгороднедра)*

*Россия, 308007, г. Белгород,
ул. Мичурина, 39 а*

Проанализирован режим подземных вод горнопромышленных районов КМА на территории Белгородской области и их качественный состав. Рассмотрена карта-схема режима подземных вод в естественных и нарушенных условиях на территории Белгородской области. Построена диаграмма распределения очагов загрязнения подземных вод.

Ключевые слова: техногенное воздействие, режим подземных вод, химический состав воды, водоносный горизонт, коэффициент фильтрации.

Территория Белгородской области характеризуется значительной техногенной нагрузкой на гидрогеологическую систему, прежде всего на подземные воды, являющиеся единственным источником питьевого водоснабжения населения области.

Интенсивное освоение железорудных месторождений и эксплуатация водоносных горизонтов для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения крупных промышленных центров Белгородской области приводит к значительным изменениям качественного состояния и гидрогеологического режима подземных вод. Наибольшая нагрузка приходится на горнопромышленные районы области [1].

Характеристика состояния подземных вод в условиях техногенного воздействия горнопромышленных районов КМА, расположенных на территории Белгородской области, проводится с учетом многолетних исследований, проводимых филиалом ОАО «Геоцентр-Москва» ТЦ «Белгородгеомониторинг».

Оцененных прогнозных ресурсов пресных подземных вод на территории Белгородской области – 2200 тыс. м³/сут., по отчетным данным ежедневно на территории области извлекается около 756 тыс. м³, причем около 40% составляют дренажные воды 4-х железорудных горнодобывающих предприятий: Лебединского и Стойленского ГОКов, шахты комбината «КМАруда» (шахта им. Губкина) и Яковлевского рудника.

По данным ТЦ «Белгородгеомониторинг», основными факторами техногенного воздействия на подземные воды территории области являются следующие:

- отбор подземных вод и сброс стоков в различного типа гидротехнические объекты;
- формирование в водоносных горизонтах депрессионных воронок и куполов растекания;

- загрязнение подземных и поверхностных вод за счет влияния полей фильтрации, отстойников и полей орошения стоками животноводческих комплексов, хвостохранилищ и других гидродинамически активных объектов загрязнения гидрогеологической системы.

Имеются данные о проявлении обширных загрязнений подземных вод за счет неблагоустроенных селитебных зон сельского типа, не нормативно обустроенных городских селитебных и промышленных зон, полигонов захоронения и свалок бытовых и промышленных отходов, крупных навозохранилищ, нефтебаз и складов горюче-смазочных материалов, складов ядохимикатов и удобрений и других объектов [2].

В связи с осушением обводненных отрабатываемых месторождений железных руд, проведением опытных работ на строящихся рудниках, эксплуатацией крупными водозаборами основных продуктивных водоносных горизонтов, функционированием гидротех-

нических сооружений (водохранилищ, гидроотвалов, прудов-накопителей), на территории Белгородской области по ряду водоносных горизонтов режим подземных вод значительно нарушен.

Систематические наблюдения за режимом подземных вод на территории области проводятся с 1952 года, с начала открытой разработки железорудных месторождений Курской магнитной аномалии. Первоначально она проводилась на площадях залежей железных руд. Со временем существующая наблюдательная сеть режимных скважин расширялась и возросла с 50 скважин в 1956 году до 682 скважин в 2008 году (рис. 1). В настоящее время наблюдательная сеть охватывает все водоносные горизонты, развитые на территории области и позволяет изучать режим подземных вод как в естественных, так и в нарушенных условиях на различных объектах мониторинга [3].

Основной целью нашего исследования является изучение состояния подземных вод горнопромышленных районов КМА на территории Белгородской области. Охарактеризуем каждый район в отдельности.

Яковлевский рудник

Яковлевский рудник располагается на севере Белгород-Шебекинского промышленного района, в 25 км севернее г. Белгорода на западной окраине п. Яковлево в верховьях реки Ворскла. Здесь подземным (шахтным) способом производится отработка Яковлевского месторождения железных руд.

Гидрогеологические условия Яковлевского месторождения характеризуются значительной сложностью, наличием в разрезе девяти водоносных горизонтов, разделенных на два водоносных комплекса.

При производстве водопонижения на руднике, основными водоносными комплексами, принимающими участие в обводнении месторождения, являются нижнекаменноугольный и архей – протерозойский.

Нижнекаменноугольный водоносный комплекс развит повсеместно и приурочен к толще известняков, переслаивающихся, особенно в нижней части, со сланцевыми и углистыми глинами.

Фильтрационные свойства водоносного горизонта изменяются в широких пределах. Коэффициенты фильтрации составляют 0.01-12.5 м/сут в зависимости от степени трещиноватости и закарстованности известняков.

Наиболее проницаемы известняки в верхней части толщи, распространенные по площади железорудной полосы, и в северо-восточном направлении от первоочередного участка отработки висячем боку месторождения.

Проницаемость известняков, залегающих над сланцами лежащего бока, значительно ниже (коэффициент фильтрации изменяется от 0.01 до 2.55 м/сут). Мощность водоносного горизонта составляет 20-80 м. Нижнекаменноугольный водоносный комплекс гидравлически связан с архей-протерозойским водоносным комплексом. Однако наличие глинистых отложений в подошве каменноугольных пород мощностью от 0.2 до 31.0 м и плотных переотложенных руд и карбонатизированных бокситовых образований в кровле архей-протерозойской толщи мощностью до 60 м, затрудняет взаимосвязь горизонтов. По данным гидрогеологических исследований над рудной полосой взаимосвязь горизонтов предполагается наибольшей, а за ее пределами она практически отсутствует.

В течение 2008 года, ТЦ «Белгородгеомониторинг», производился отбор проб воды на химические анализы из подземных горных выработок, дренажных и опережающих скважин, а также поверхностных водоемов и водотоков.

По результатам химических анализов подземные воды шахты имеют состав от гидрокарбонатно-хлоридно-натриевого до хлоридно-гидрокарбонатно-натриевого. Сухой остаток по дренажно-опережающим и разведочным скважинам изменяется от 403 до 1560 мг/л. Содержание хлоридов в воде составляет от 47.0 до 795.79 мг/л. Содержание гидрокарбонатов по скважинам изменяется от 243 до 448 мг/л, содержания сульфатов от 5.0 до 76.54 мг/л.

Подземные воды, выходы которых приурочены к тектоническим трещинам в гранитном массиве архейского возраста, имеют хлоридно-натриевый состав. Пробы, отобранные в подошве Грузового квершлага характеризуются величиной сухого остатка до 10000 мг/л, содержанием хлоридов до 4839 мг/л, содержанием гидрокарбонатов до 170 мг/л, содержанием иона натрия – 2500 мг/л. Сбрасываемые из пруда-отстойника шахтные воды характеризуются сухим остатком до 2622 мг/л при содержании хлоридов до 1393.8 мг/л, железа общего до 1.7-3.154 мг/л, фторидов – 0.56 мг/л [4].

Лебединский ГОК

Увеличение темпов освоения Лебединского железорудного месторождения, промышленной деятельности в пределах Губкин-Старооскольского горнопромышленного района приводит к изменениям гидрогеологической обстановки.

Отрицательное влияние объектов Лебединского ГОКа связано как с интенсивным отбором подземных вод системой осушения карьеров, так и с фильтрационными потерями из технических водоемов (хвостохранилище, гидроотвал), что проявляется в трех основных направлениях:

- истощение запасов подземных вод;
- подтопление территорий;
- изменение качества подземных вод.

Режимная сеть гидрогеологических наблюдательных скважин размещена вокруг Лебединского карьера и прилегающей к нему территории, на хвостохранилище, заповеднике «Ямская степь», территории ГБЖ, промплощадке ЛГОКа, на водозаборных сооружениях.

Основным объектом ГОКа, оказывающим наиболее существенное непосредственное влияние на режим и баланс подземных вод является дренажная система Лебединского и Южно - Лебединского карьеров[5].

Система осушения Лебединского и Южно - Лебединского карьеров образует единую систему дренажных выработок и водоотливного оборудования, включающая внешний дренажный контур из сквозных фильтров и восстающих дренажных скважин, подземный дренажный контур из штретков и шахтных стволов, а также внутренний контур осушения из горизонтального прибортового дренажа открытого и закрытого типа со сбросными скважинами и колодцами.

Среднегодовой приток внешнего контура составил в 2008 году 3688.6 м³/час. среднегодовой приток внутреннего контура – 3106.7 м³/час. Среднегодовой приток 2008 года по Лебединскому карьере составил 3221.9 м³/час, по Южно - Лебединскому карьере – 3573.4 м³/час. Всего по карьерам среднегодовой приток в 2008 году составил 6795.3 м³/час. За 2008 год дренажной шахтой откачано 59705661.0 м³ подземной воды.

Существенное влияние на химический состав воды Лебединского месторождения может оказывать хвостохранилище. Сложная система водного баланса хвостохранилища, образовавшаяся в результате смешения различных категорий вод, предопределяет качественный состав в нем. Состав воды в хвостохранилище формируется, главным образом, за счет технологической воды, поступающей с хвостами и гидро-вскрышей карьера, а также воды, подаваемой в хвостохранилище для подпитки оборотной системы ГОКа (дренажная вода, вода Старооскольского водохранилища). Эта вода является потенциальным источником загрязнения подземных вод. Противо-фильтрационный экран, образованный в результате накопления мощного слоя уплотненных тонкодисперсных хвостов с прослоями суглинков толщиной 0.2-0.5 м является фактором защищенности подземных вод и определяет характер проникновения загрязняющих веществ в нижележащие водоносные горизонты.

Подземные воды водозаборных сооружений, расположенных на территории, прилегающей к хвостохранилищу, по химическому составу пресные с минерализацией от 326.2 до 442.2 мг/л, без вкуса, без запаха, умеренно жесткие. Окисляемость составляет от 0.72 до 1.6 мг/л. Содержание основных компонентов, в том числе железа, азотных соединений, кремния, ниже ПДК [6].

Стойленский ГОК

Режимная сеть ОАО «Стойленский ГОК» была сооружена в 1988-1989 годах. Всего было пробурено 20 скважин, из них 3 скважины на коньяк-туронский водонос-



ный горизонт, 13 скважин на альб-сеноманский водоносный горизонт и 4 скважины на архей-протерозойский водоносный комплекс. В дальнейшем в 2004 и 2005 годах сеть расширялась путем бурения новых наблюдательных скважин. В настоящее время наблюдения за режимом подземных вод проводятся по 57 скважинам, в том числе 25 скважин на четвертичный водоносный горизонт, 19 скважин на коньяк-туронский водоносный горизонт, 11 скважин на альб-сеноманский водоносный горизонт и 2 скважины на архей-протерозойский водоносный комплекс.

К основным объектам ОАО «Стойленский ГОК», оказывающим существенное влияние на гидродинамический режим подземных вод, следует отнести карьер, хвостохранилище и водозаборы подземных вод. На юго-западе и западе исследуемой территории располагаются соответственно хвостохранилище и карьер Лебединского ГОКа, также оказывающие влияние на изменение режима подземных вод всех водоносных горизонтов, учитывая их взаимосвязь.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что воды коньяк-туронского водоносного горизонта в общем подразделяются на 5 типов: гидрокарбонатные кальциевые, сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые, гидрокарбонатные натриево-кальциевые, гидрокарбонатные магниевые-кальциевые и гидрокарбонатные магниевые-натриево-кальциевые. К основным типам воды, имеющим наибольшее распространение по площади, в коньяк-туронском водоносном горизонте следует отнести гидрокарбонатный кальциевый и гидрокарбонатно магниевый-кальциевый.

В целом подземные воды коньяк-туронского водоносного горизонта всех вышеупомянутых пяти типов пресные, имеют сухой остаток в пределах 309.0-550.0 мг/л, содержание ионов сульфатов колеблется от 13.90 до 1150.44 мг/л, ионов хлоридов от 6.25 до 60.85 мг/л.

Воды альб-сеноманского водоносного горизонта на территории влияния Стойленского ГОКа подразделяются на три типа: гидрокарбонатные натриево-кальциевые, гидрокарбонатные кальциевые и сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые. Воды пресные, имеют сухой остаток в пределах от 313.0 до 531.0 мг/л, содержание ионов сульфатов колеблется от 21.38 до 124.58 мг/л, ионов хлоридов от 10.10 до 39.78 мг/л.

Химический состав подземных вод коньяк-туронского и альб-сеноманского водоносных горизонтов несмотря на влияние на них техногенных факторов свидетельствует об отсутствии в них веществ, существенно превышающих требования, предъявляемые к водам хозяйственного назначения. Исключение составляет превышение в воде на некоторых участках железа общего в основном за счет преобладания иона железа двухвалентного (до 80 % и более), образование которого происходит в относительно короткий срок. При взаимодействии в нашем случае бессульфидных подземных вод с железом обсадных труб происходит ионная реакция с образованием двухвалентного железа, осаждение которого происходит в течение 2-3 суток.

Подземные воды архей-протерозойского водоносного комплекса изучались по двум скважинам. Вода данного комплекса характеризуется гидрокарбонатно - хлоридным натриево - кальциевым и хлоридно - гидрокарбонатным кальциевым типом. Вода содержит сухой остаток порядка 253.0-292.0 мг/л, сульфаты до 26.1 мг/л. Характерно повышенное содержание хлоридов до 109.2 мг/л [7].

В целом, за предыдущие годы на территории Белгородской области было выявлено 22 очага загрязнения подземных вод (рис. 2).

В более чем половине очагов отмечаются повышенные содержания азотсодержащих соединений (нитраты, нитриты, аммоний). Практически все эти очаги находятся в зоне влияния сельскохозяйственных предприятий или предприятий коммунального хозяйства. Более половины очагов связано с промышленными объектами. По опасности выявленных загрязняющих веществ почти все очаги загрязнены умеренно-опасными веществами. Загрязнения небольшие по площади, не превышают 10 км², но обычно не более 1 км².

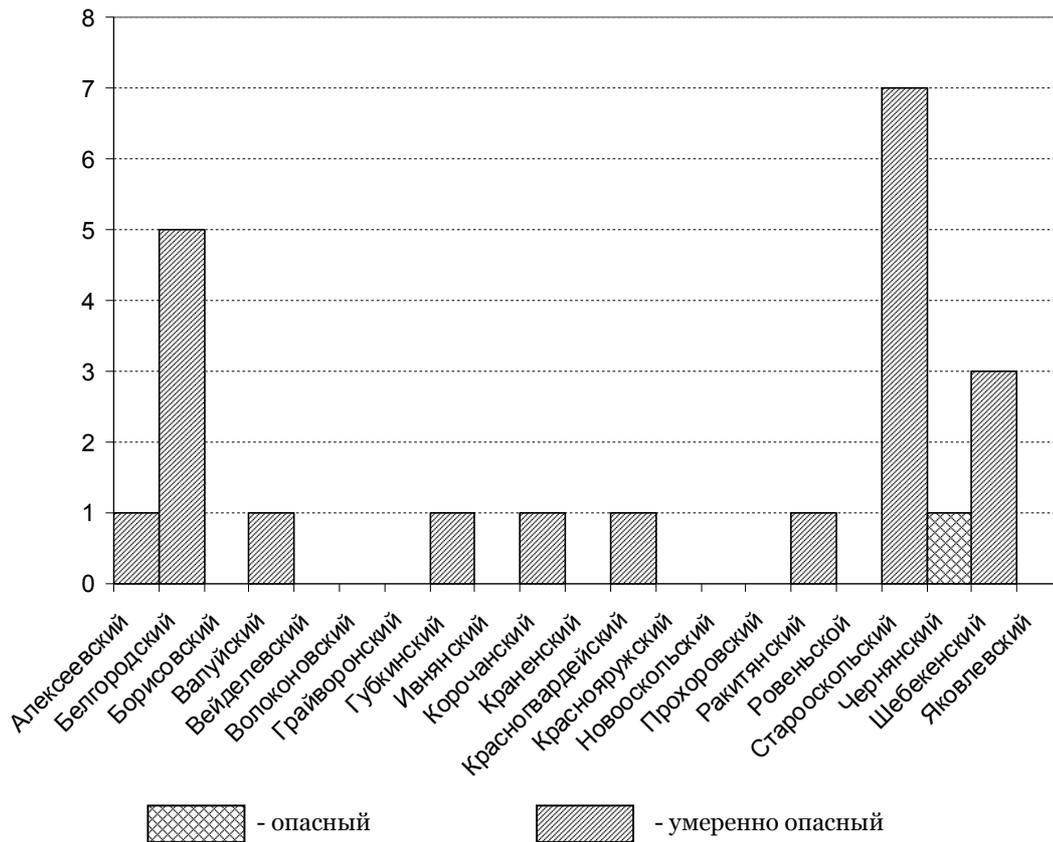


Рис. 2. Диаграмма распределения очагов и областей загрязнения подземных вод по классам опасности загрязняющих веществ по административным районам

Для предотвращения дальнейшего истощения и загрязнения подземных вод необходимы мероприятия по гидрогеологическому исследованию хранилищ отходов рудообогатения, полей фильтрации перерабатывающих предприятий, по оценке и прогнозу защищенности подземных вод, а так же конкретные действия по снижению техногенного воздействия.

Список литературы

1. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии (КМА). – М.: Недра. - 1972. Т. II. – 480 с.
2. Гидрогеология СССР. Воронежская, Курская, Белгородская, Орловская, Липецкая, Тамбовская области. Т. IV. - М.: Недра. - 1972. – 498 с.
3. Информационный Бюллетень о состоянии геологической среды на территории Белгородской области за 2009 г. Государственный мониторинг геологической среды. – Белгород.- 2009. – 186 с.
4. Квачев В.Н. Гидрогеологическая стратификация и районирование Белгородской области для целей водоснабжения // Вестн. Воронеж. Ун-та. Сер. Геология. – 2004.- №2. – С. 194-204
5. Петин А.Н. Актуальные аспекты использования трансграничных подземных вод региона Курской магнитной аномалии // Вестник Воронеж. Сер. Геология. – 2004. – №2. – С. 215-217
6. Природные ресурсы и окружающая среда Белгородской области / П.А. Авраменко, П.Г. Акулов, Ю.Г. Атанов и др.; под. ред. С.В. Лукина. – Белгород, 2007. – 556 с.
7. Смольянинов, В.М. Подземные воды Центрально-Черноземного региона: Условия их формирования и использование: монография. – Воронеж: Изд-во Воронеж. госагроун-та. – 2003. – 205 с.

ANALYSIS OF THE STATE OF GROUNDWATER FOR KMA MINING AREA IN THE BELGOROD REGION

N.N. Kramchaninov¹

A.N. Petin¹

I.A. Pogoreltsev²

*¹Belgorod State National Research
University*

*Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

*²Department of Mineral
Resources on CFD
(Belgorodnedra)*

*Michurina St., 39 a, Belgorod,
308007, Russia*

The mode of groundwater and its qualitative composition within mining area of the KMA in Belgorod region have been analyzed. Schematic map of groundwater mode in natural and anthropogenically transformed conditions in the Belgorod region is considered. Diagram of distribution for the groundwater pollution centers is presented.

Key words: technogenic impact, mode of groundwater, water chemistry, aquifer, filtration coefficient.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБРАЗЦОВ ЗАКЛАДОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ¹

Е.А. Ермолович
К.А. Измestьев
А.В. Овчинников

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

*E-mail:
elena.ermolovich@mail.ru*

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований прочностных и деформационных параметров образцов закладочных смесей на основе техногенных отходов акустическим методом. Приводится корреляционное уравнение, подтверждающее зависимость прочности образцов бесцементных составов от скорости продольных волн.

Ключевые слова: твердеющие смеси, отходы обогащения железистых кварцитов, кислый доменный гранулированный шлак, ультразвуковое прозвучивание, предел прочности при сжатии, модуль упругости, коэффициент Пуассона.

ОАО «Комбинат КМАруда» ведет разработку запасов железистых кварцитов подземным способом, в результате которого в недрах земли образуются пустоты – камеры, каждая объемом 50-120 м³. Общий объем накопленных пустот составляет около 50 млн. м³. Из каждого кубометра добытой руды образуется кубометр отходов обогащения [1]. Закладка выработанного пространства твердеющими смесями не только позволит оставлять в целиках минимальное количество руды, но и улучшит экологическую обстановку в регионе Курской магнитной аномалии, если в их составах использовать техногенные отходы. Утилизация отходов производства в структуре разработанных одним из авторов закладочных композитов составляет от 94% до 99.9% по массе на сухое вещество [2-5].

К характеристикам основных свойств закладочных массивов относятся прочностные и деформационные [6]. Прочность – важнейшее свойство материала. Под прочностью понимают способность сопротивляться разрушению от действия внутренних напряжений, возникающих в результате нагрузки или других факторов [7]. Для удобства определения и контроля прочности независимо от характера деформаций искусственного массива ее приводят к пределу прочности при одноосном сжатии. В общем случае, о деформационных свойствах закладочного материала при приложении нагрузки судят по его модулю деформации, т.е. по отношению напряжения к относительной деформации, вызываемой его действием. Чем выше модуль деформации, тем менее деформативен материал. Массивы закладки при деформировании проявляют упруго-вязкие свойства. Для описания их поведения под нагрузкой так же используют модуль деформации [8].

Кроме модуля Юнга E , деформации массива определяются с использованием упругих параметров: модуля всестороннего сжатия K и коэффициента Пуассона μ .

Прочностные и деформационные характеристики закладочного массива могут определяться испытаниями образцов из кернов, неразрушающими методами контроля прочности и расчетно-фактическим методом [9]. Бетон кернов полностью соответствует реальному материалу конструкции. Однако сложность отбора образцов-кернов, высокая трудоемкость и стоимость выбуривания кернов, возможное нарушение структуры керна при выбуривании и обработке – все это во многих случаях ограничивает

¹ Исследования выполнены при проведении поисковой научно-исследовательской работы в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (проект П-1077).



использование этого метода [10]. Данные недостатки отсутствуют у методов неразрушающего контроля.

Основное отличие метода неразрушающего контроля от остальных состоит в том, что при его использовании непосредственно измеряемой величиной является не прочность, а какой-либо физический показатель, связанный с измеряемой величиной корреляционной зависимостью.

Для исследования прочностных и деформационных свойств закладки авторы применили ультразвуковой метод сквозного прозвучивания, когда датчики располагаются с разных сторон тестируемого образца. В результате эксперимента, проводившегося на приборе УК1-10П, была установлена корреляционная зависимость между скоростью распространения продольных ультразвуковых волн и пределом прочности закладки на основе отходов обогащения мокрой магнитной сепарации и молотого кислого доменного гранулированного шлака при сжатии при влажности образцов 3-5%:

$$\sigma = 0.37075 \exp(0.00137 \times V) - 0.91205,$$

где σ – предел прочности при сжатии, МПа; V – скорость продольной ультразвуковой волны, м/с.

График зависимости приведен на рисунке. Достоверность аппроксимации $R^2=0/997$.

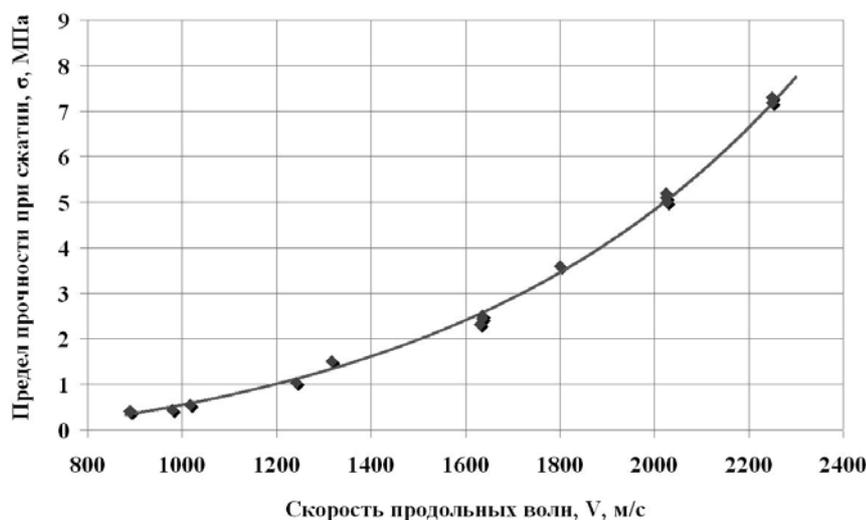


Рис. График зависимости предела прочности при сжатии образцов закладки от скорости ультразвуковых продольных волн

Данная зависимость отличается от полученных другими исследователями [9] тем, что установлена для бесцементных закладочных смесей на основе техногенных отходов без использования природных заполнителей.

Предел прочности образцов при сжатии определялся на электронной испытательной машине Инстрон 5882.

Деформационные характеристики для малопрочных составов закладки, для которых практически невозможно выбрать керны, представлены в таблице.

Таблица

Деформационные, прочностные и акустические характеристики малопрочных закладочных смесей

Номер п/п	Скорость продольной ультразвуковой волны, м/с	Предел прочности при сжатии, МПа	Модуль Юнга, МПа	Модуль всестороннего сжатия, МПа	Коэффициент Пуассона
1	891.1	0.41	412.4	957.1	0.428
2	978.9	0.44	403.9	1159.0	0.442
3	1017.4	0.55	691.8	1261.2	0.409
4	1241.1	1.04	933.1	1937.9	0.420
5	1317.0	1.50	1315.3	2117.5	0.396

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием БелГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов».

Список литературы

1. Лейзерович С.Г., Усков А.Х. Разработка экологической направленности технологии добычи железистых кварцитов КМА // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы IV Международной научной конференции. – Белгород, 2010. – С. 470-473.
2. Ермолович Е.А. Бесцементная закладочная смесь на основе техногенных отходов // Научные ведомости БелГУ. Серия Естественные науки. Выпуск 11. – Белгород: БелГУ. – 2010. – № 9(80). – С. 156-158.
3. Ермолович Е.А. Утилизация некондиционных доломитов в составе твердеющей закладочной смеси для заполнения выработанного пространства // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр: материалы девятой Международной конференции. Москва–Котону (Бенин), 2010.– С. 209-211.
4. Ермолович Е.А. Утилизация горно-металлургических отходов в составе закладочных смесей для заполнения выработанного пространства шахт // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы IV Международной научной конференции. – Белгород, 2010. – С. 459-461.
5. Ермолович Е.А. Утилизация отходов ванадиевого производства в плотных смесях для закладки выработанного пространства // Горный информационно-аналитический бюллетень. – М: МГГУ, 2011. – №4. – С. 232-234.
6. Порцевский А.К. Геомеханическое обоснование выбора технологии подземной добычи руды с последующим использованием пустот: автореф. дис. ...д. т. н. – М., 2006. – 58 с.
7. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 1987. – 415 с.
8. Страданченко С.Г., Шубин А.А., Легостаев С.О. Исследование деформационных свойств закладочного материала на основе фиброаппликатора // Проблемы подземного строительства и направления развития тампонажа и закрепления горных пород: материалы научно-практической конференции. – Антрацит, 2006. – С. 29-32.
9. Монтянова А.Н. Формирование закладочных массивов при разработке алмазных месторождений в криолитозоне – М.: Издательство «Горная книга», 2005 – 597 с.
10. Чихунов, Д. А. Методика и техника для контроля прочности бетонов и других искусственных каменных материалов // Строительная инженерия. – 2005. – № 4. – С. 55-60.

THE STUDY OF STRENGTH AND DEFORMATION CHARACTERISTICS OF THE BACKFILL MIXTURE SAMPLES BASED ON MINING AND METALLURGICAL WASTES

E.A. Ermolovich
K.A. Izmestyev
A.V. Ovchinnikov

*¹Belgorod State National Research University
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia
E-mail: elena.ermolovich@mail.ru*

The article considers the results of experimental studies of strength and deformation parameters of the samples of backfilling mixtures based on industrial waste by the acoustic method. We present a correlation equation, confirming the dependence of the strength of the samples of cementless compositions on the velocity of longitudinal waves.

Key words: hardening mixes, iron ore enrichment waste, sour granulated blast furnace slag, ultrasonic sounding, compressive strength, elastic modulus, Poisson's ratio.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ СЕЛА ЗАВИДОВКА ЯКОВЛЕВСКОГО РАЙОНА БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)¹

А.Г. Корнилов¹

И.А. Гененко²

Ю.С. Жеребненко³

А.А. Милостной⁴

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

*E-mail: Kornilov@bsu.edu.ru;
Genenko@bsu.edu.ru;
zherebnenko@yandex.ru*

На примере села Завидовка Яковлевского района Белгородской области рассматривается проблема устойчивого развития сельских поселений, характер взаимодействия населенных пунктов с окружающей средой. Разработана визитная карточка села.

Ключевые слова: сельское поселение, функциональное зонирование территории, устойчивое развитие, общественное природопользование.

Сельские поселения наряду с городскими выступают в качестве основных факторов воздействия на окружающую среду, поэтому в рамках концепции устойчивого развития село является значимым объектом геоэкологических исследований. Изучение геоэкологических аспектов предполагает комплексный анализ основных составляющих (экономической, социальной и экологической) во взаимосвязи с функциональной структурой территории и характером землепользования.

Тематические исследования параметров, определяющих устойчивость развития и оптимальность землепользования были проведены на примере села Завидовка Яковлевского района в соответствии с ниже изложенной программой. Она включает в себя составление визитной карточки села, рассмотрение экологических аспектов (изучение характера взаимодействия населенных пунктов с окружающей средой), характеристику качества окружающей среды (доля пахотных земель, проявление эрозийности, доля земель экологического каркаса), поиск закономерностей, тенденций совместного развития социально-экономических, демографических и экологических процессов. Описание сельского поселения выполняется в соответствии с визитной карточкой села:

1. Название сельского поселения.
2. Географическое положение (район, расстояние до районного центра, до г. Белгорода), площадь, положение по отношению к районному центру – центральное, периферийное, полупериферийное.
3. История развития села.
4. Население (численность, национальность, динамика, возрастная структура, трудоспособное население, занятость, уровень жизни и др.).
5. Хозяйство: а) наличие промышленных объектов (название, основные характеристики. Количество работников на объекте); б) традиционное сельское хозяйство (форма хозяйствования, количество занятых, специализация с/х); в) личное подсобное хозяйство; г) общественное землепользование (природопользование): места традиционных сборов грибов, ягод, места отдыха, использование общественных пастбищ др.

¹ Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., государственный контракт № П1481.

6. Социальная инфраструктура (школы, Дома культуры, больницы, магазины, качество досуга и отдыха, наличие местных праздников; благоустройство села (качество дорог, освещение улиц, озеленение, отопление, канализация, водоснабжение, методы вывоза ТБО и т.п.).

7. Экологическое состояние территории: а) признаки деградации почв, использование общественных пастбищ, состояние лесных территорий; б) наличие несанкционированных свалок; в) объекты общественного землепользования (водоемы, рекреационные зоны, охотничьи угодья, неиспользуемые земли и т.п.); источники загрязнения окружающей среды; наличие ООПТ. 8. Рекреационные ресурсы: структура земель рекреационного комплекса, наличие значимых объектов (рекреационно-парковые комплексы и обустроенные места отдыха, памятники культуры и т.п.)

Территория Завидовского сельского поселения расположена в западной части Яковлевского района. Центральное село Завидовка находится в 60 км от областного центра г. Белгорода и в 45 км от районного центра г. Строитель. В сельское поселение входят населенные пункты: сёла Завидовка, Раково, Подымовка, Мариновка и хутор Трубецкой. Все населённые пункты располагаются вдоль реки Пена, которая является притоком реки Псёл. Территория поселения представлена единым массивом протяженностью с севера на юг – 8,7 км, с запада на восток – 10 км. Земельная площадь всей территории поселения составляет 4267 га.

Демографическая ситуация в Завидовском сельском поселении не вполне благоприятна, хотя естественная убыль населения компенсируется механическим приростом (табл. 1).

Таблица 1

Динамика численности Завидовского сельского поселения

Годы	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Численность населения	981	1003	1010	998	1008	1015	1015	1013	1009	1007
Число родившихся	9	11	12	12	8	11	17	7	6	9
Число умерших	13	14	11	20	22	24	27	11	15	21
Естественный прирост	-4	-4	-3	1	-8	-14	-13	-10	-4	-9
Механический прирост (миграция)	26	11	-9	9	15	22	3	6	2	11

Численность рабочих и служащих, занятых в экономике Завидовского сельского поселения, представлена в таблице 2. Незанятое население трудоспособного возраста (учащиеся, военнослужащие, безработные и т.д.) составляет 6.4 %. За счет средств, полученных от личного подсобного хозяйства, живет 16.3 %.

Таблица 2

Занятость населения Завидовского сельского поселения

Показатель	2002 г. (перепись)			01.01.2009г.		
	всего	в том числе:		всего	в том числе:	
		мужчин	женщин		мужчин	женщин
1	2	3	4	5	6	7
Занято в экономике поселения, из них:	276	117	159	177	59	118
1. Сельское и лесное хозяйство	183	130	80	71	48	23
2. Транспорт и связь	4	1	3	4	1	3
3. Торговля, общественное питание, заготовки и маттехснабжение	7	-	7	9	-	9
4. Просвещение, культура, здравоохранение	74	10	64	84	7	67
5. Служащие управления, других организаций, и учреждений	8	3	5	9	3	6
Трудоспособное население, занятое в домашнем хозяйстве	-	-	-	98	-	-



Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6	7
Учащиеся в трудоспособном возрасте	-	-	-	21	-	-
Трудовая маятниковая миграция	-	-	-	245	-	-
Неработающие инвалиды	-	-	-	42	-	-
Неработающие пенсионеры в трудоспособном возрасте, имеющие льготы	-	-	-	18	-	-
Дошкольники	73	-	-	57	27	30
Школьники	108	-	-	111	55	56
Пенсионеры	238	-	-	240	129	111
Итого, численность населения	998	473	525	1009	475	534

Примечание: «-» нет данных

Сельское хозяйство поселения представлено одним крупным сельхозпроизводителем – ООО «Белгранкорм «Томаровка им Васильева», 5 крестьянско-фермерскими хозяйствами и малыми сельскохозяйственными предприятиями, 314 личными подсобными хозяйствами (табл. 3).

Таблица 3

Распределение земель сельскохозяйственного назначения

№ п/п	Наименование землепользователей	Всего, га	В т.ч. с/х угодья, га			
			пашня	сенокосы	пастбища	итого с/х угодий
1	БГК – Томаровка им. Васильева	3964.8	2902.9	145	143.1	3191
2	КФХ «Росинка»	40.4	-	-	-	-
	В собственности	40.4	39.5	-	-	40.4
3	КФХ «Рассвет»	62	-	-	-	-
	В собственности	62	62	-	-	62-
4	КХ Соколов	14.8	14.2	-	-	14.8
	В собственности	7.4	7.1	-	0.3	7.4
	В аренде	7.4	7.1	-	0.3	7.4

На территории поселения 301 домовладение индивидуальной застройки, 2 жилых двухэтажных дома в с. Завидовка (32 квартиры). В поселении 10 улиц протяженностью 14,05 км, в том числе дороги с твердым покрытием 8,45 км, грунтовая дорога – 4,9 км, в щебне 0,7 км. Инженерное благоустройство представлено автономными системами водопровода, канализации, теплоснабжения, сетью газоснабжения, электро-снабжения, радиофикации и телефона. Жилой фонд усадебной застройки частично канализован. Централизованным отоплением обеспечены администрация, сельская библиотека, школа, детский сад, два двухэтажных здания, медпункт, а так же приход храма. Отопление частного сектора – местное. На территории поселения имеется 6 водозаборных скважин. Сбор и утилизация ТБО производится спецтранспортом Томаровского участка ООО «Коммунальщик» один раз в неделю, установлено 30 контейнеров для сбора мусора, но остается свалка ТБО на месте бывшего скотомогильника в южной части с. Завидовка, близко к жилой застройке. В Завидовском сельском поселении функционирует основная общеобразовательная школа, в которой обучается 75 учащихся, детский сад на 30 мест, укомплектован на 100%, два фельдшерско-акушерных пункта в селах Завидовка и Подымовка, Дом Культуры, почтовое отделение связи, АТС, котельная тепловых сетей, администрация, 3 магазина Томаровского селюпо в селах Завидовка, Раково и Подымовка и 1 промышленный магазин индивидуального предпринимателя в с. Завидовка.

Для оценки структуры землепользования с использованием материалов дистанционного зондирования была разработана карта функционального зонирования Завидовского сельского поселения (рис. 1).

Здесь представлено 8 функциональных зон – жилая зона, лесные массивы, сельскохозяйственные комплексы, парковая зона и т.д. (таб. 4). В функциональной структуре сельского поселения велика доля преобразованных и созданных человеком ландшафтов: пашни – 65.3% и территории населенных пунктов – 5.1%, т.е. наибольшая доля земель подвержена повышенной антропогенной нагрузке (74.8%), в связи со специализацией данного поселения на растениеводстве. Жилая зона представлена одноподъездными домами с приусадебными участками.

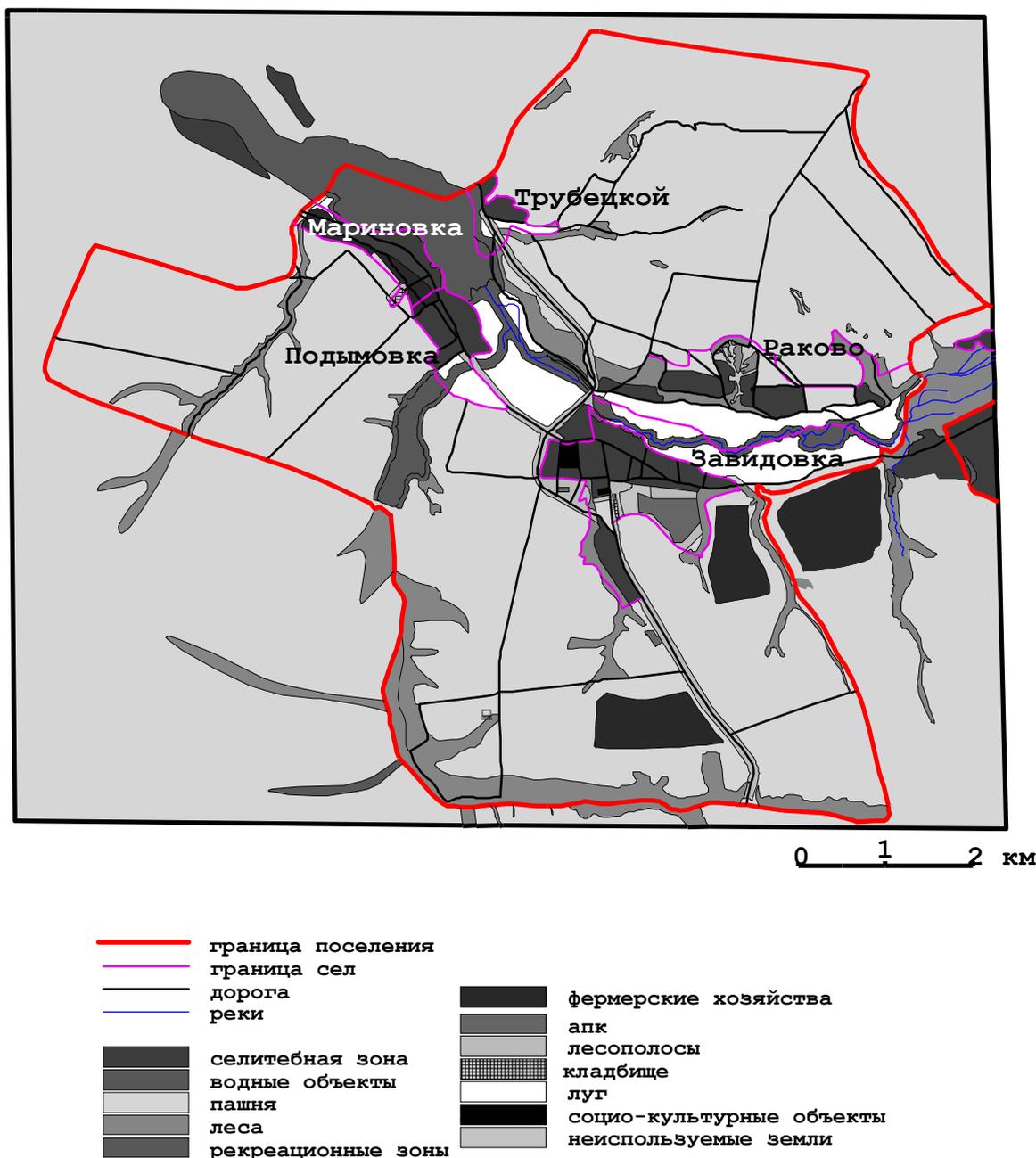


Рис. 1. Функциональное зонирование Завидовского поселения Яковлевского района Белгородской области

В зону высокой антропогенной нагрузки входят автомобильные дороги, но их площадь сравнительно мала (менее 1%) и поэтому не оказывает сильного влияния на экологическое состояние исследуемой территории. Лесные массивы (14.4% террито-



рии) представлены небольшими ареалами по вершинам и склонам балок, узкими лесополосами вдоль дорог.

Таблица 4

**Структура землепользования Завидовского сельского поселения
Яковлевского района**

№ объ-екта	Типы земель	Завидовское сельское посе-ление	
		Площадь, км ²	Площадь, %
Высокая антропогенная нагрузка		24	0,4
1	Дороги	24	0,4
Повышенная антропогенная нагрузка		4357	74,8
2	Жилая зона	299	5,1
3	Социальные объекты	28	0,5
4	Земли сельскохозяйственных предприятий	227	3,9
5	Пашня	3803	65,3
Умеренная антропогенная нагрузка		609	10,4
6	Водные объекты	224	3,8
7	Пастбища, сенокосы, неиспользуемые земли (пустыри)	340	5,8
8	Спецзоны (кладбище)	45	0,8
Минимальная антропогенная нагрузка		838	14,4
7	Лесные массивы	658	11,3
8	Парковая зона	180	3,1
Итого:		5828	100

Исследование форм, содержания и динамики общественного землепользования населения проведено по методике [2]. Было опрошено 222 респондента, 36% мужчин и 64% женщин, средний возраст по всей выборке – 34,9 года. Социальный статус: учащиеся составляют 9,3%, студенты – 19,6%, рабочие – 30,9%, служащие – 17,5%, пенсионеры – 5,2% и другие 5,2%.

Распределение по уровню образования: неполное среднее – 4,1%; среднее – 33%; среднее специальное – 23,7%; незаконченное высшее – 9,3%; высшее – 9,3%. Подавляющее большинство респондентов являются коренными жителями – 46,4%. Доля приезжих в сельское поселение, сравнительно недавних мигрантов, среди опрошенных (приехавшие в данный населённый пункт менее чем 10 лет назад) составляет около 22,7% (в том числе другая страна – 14%, другой регион – 7,2%), доля местных жителей – 19,6%. Средний срок проживания в населённых пунктах составляет 20,7 лет. Доля приезжих в регион 27,69%. Среди них: из другой страны – 49,38%, из другого региона – 50,62%. Среднее число человек в семье – 3,53, число детей – 1,54.

С детства большинству респондентов (37%), даже бывшим жителям городов, вспоминается окружение, характерное для сельской местности: река (0,2), лес (0,18), горы (0,12), дворовые территории (0,02) и др. 28% респондентов не удовлетворены тем, что наблюдают из окна своей комнаты, 28% удовлетворены, остальные затрудняются ответить. В наблюдаемых пейзажах элементы среды соотносятся следующим образом: огород (0,30), улицу (0,16), сад (0,08), то есть созданные человеком ландшафты. Большинство опрошенных респондентов (49%) желает жить в городе (важным фактором при этом выступает – наличие развитой сферы услуг); пригород, как постоянное место жительства предпочли 33% опрошенных. Незначительная доля желает остаться в селе – 18%. Среди наиболее часто используемых в рекреационных целях элементов среды, упомянутых респондентами выделяются: собственный дом; парк, сад, ДК, театр, музей и др. Оценка эстетико-потребительских параметров окружающей среды показала, что наиболее ценными для респондентов являются следующие совокупности компонентов ландшафта: 1) вода (река/озеро) – лес (парк/сад) (0,66); 2) рельеф (0,34). То есть привлекательными для респондентов являются краевые зоны, стык различных сред.

В Завидовском сельском поселении, представлена большая номенклатура видов общественного природопользования используемых жителями. Доминирующими

видами общественного природопользования являются: ведение хозяйства (29.14%), выпас скота (16.69%), работа на приусадебном участке (15.66%), сенокос (10.95%), купание (10.28%), отдых на природе (4.09%), сбор грибов (3.08%), прогулка и рыбалка (3.05%), сбор ягод (1.58%), сбор лекарственных трав (1.30%), охота (1.13%).

В результате уменьшения поголовья КРС у сельских жителей (с 213 голов в 2007 году до 185) в настоящее время данный вид природопользования продолжает сокращаться.

Вычислены основные характеристики ареалов общественного природопользования населения:

- среднее расстояние до наиболее часто посещаемых территорий изменяется от 0,01 до 0,5 км (средний радиус ареала – 0.25 км);
- среднее расстояние до часто посещаемых территорий изменяется от 0.3 до 0.8 км (средний радиус ареала – 0.55 км);
- среднее расстояние до редко посещаемых территорий изменяется от 2.5 до 4.0 км (средний радиус ареала – 3.25 км).

Наиболее часто посещаемыми для населения являются прилегающие к селу территории (река Пена, Галенский пруд, Раковский лес и др.). Некоторые часто посещаемые территории удалены от населенного пункта до 2.5-4.0 км. Прежде всего, это лесные массивы и водные объекты: лесной массив Трубецкой лес – 4.25 км; Раковский лес – 3.25 км; посадка – 2.5 км; река Пена – 3.0 км, Подымовский пруд – 4.0 км (рис. 2).

Количество выходов жителей населенного пункта с целью «чистой рекреации» составляет – 21.34%, остальное число опрошенных респондентов (78.66%) предпочитают совмещать отдых с другими видами природопользования.

Соотношение «внутреннего» и «внешнего» общественного природопользования для населения сельского поселения составляет 79% / 21%.

Посещаемость и обеспеченность населения землями различного назначения отражены в табл. 5 и на рис.2.

Таблица 5

Обеспеченность Завидовского сельского поселения функциональными зонами

Функциональные зоны	В пределах сельского поселения, (площадь, га)	В пределах ареалов общественного природопользования (площадь, га)	% использования в целях «общественного природопользования»
Селитебная зона	299	188.1	62
Леса	658	83.3	13
Водоемы	224	160.7	72
Земли сельскохозяйственных предприятий	227	31.2	14
Пашня	3803	29.0	1
Пастбища, сенокосы	340	209.2	62
Парковая зона	180	39.2	22
Социальные объекты	28	8.0	29

Наиболее часто посещаемыми территориями являются водоемы, пастбища и сенокосы, которые охвачены общественным природопользованием на 60 – 70%. Посещаемость парков и социальных объектов сравнительно низка (22 и 29% соответственно), что объясняется занятостью населения работой на приусадебном хозяйстве и относительно низкой долей «чистой рекреации». Наиболее часто посещаемой зоной являются окрестности населенного пункта. При удалении от населенного пункта общее число видов общественного природопользования сокращается. В редко посещаемых природных объектах, отдаленных на большие расстояния сохраняется лишь рекреационная функция (лесная зона – 13%).

Таким образом, обзор геоэкологических условий функционирования Завидовского сельского поселения иллюстрирует ряд тенденций:



- современные технологии сокращают число рабочих мест в сельском хозяйстве, что наряду с сохраняющимися диспропорциями по уровню жизни между городом и селом ранее вело к сокращению численности населения, в то время как определенные усилия государства и региональных органов власти по развитию села (газификация, строительство дорог, дотации и некоторые другие) отчасти позволяют компенсировать эти процессы – часть молодого населения все-таки находит работу, в какой-то мере развивается фермерство и т.п.;

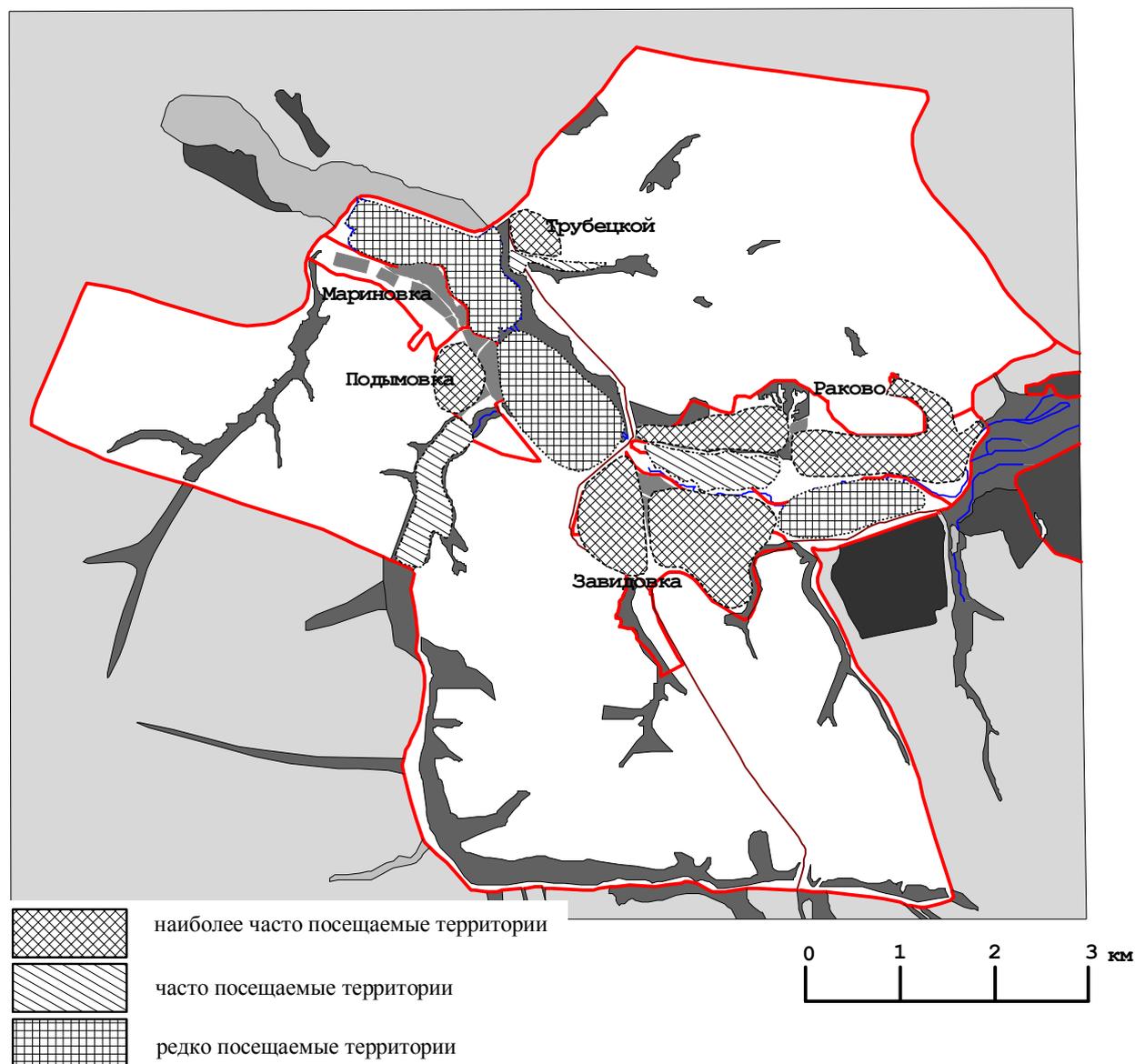


Рис. 2. Посещаемость объектов общественного природопользования Завидовского сельского поселения

- современные интенсивные технологии определяют ограничения по свойствам земельных ресурсов, пригодных для их использования, что определяют устойчивую долю земель, испытывающих умеренную или даже незначительную прямую антропогенную нагрузку (леса, балки, сенокосы, прибрежные зоны (20%), что позволяет говорить о формировании экологического каркаса устойчивого развития;

- общественное землепользование характеризуется снижением уровня нагрузки (сокращение общественного стада, редкие выходы за грибами и ягодами), прекра-

щением ряда видов природопользования (сбор дров, трав), а также тенденцией к сужению основного ареала рекреации в пределах территории населенных пунктов.

Список литературы

1. Корнилов А.Г., Гененко И.А., Лопина Е.М. Параметры общественного землепользования (общественного природопользования) и эстетического восприятия ландшафтов разных типов населенных пунктов Белгородской области // Пробл. регион. экол. – 2007. – № 6. – С. 113–121.
2. Гененко И.А., Лопина Е.М., Корнилов А.Г. Методика изучения социально-географических аспектов общественного природопользования и оценки эстетико-потребительских параметров среды: Методическое пособие. – Белгород: ИПЦ «ПОЛИТЕРРА», 2009. – 45 с.

GEOECOLOGICAL ASPECTS OF LAND NENURE DEVELOPMENT OF RURAL SETTLEMENTS (ON THE OF VILLAGE ZAVIDOVKA OF YAKOVLEVSKY AREA THE BELGOROD REGION)

A.G. Kornilov
I.A. Genenko
Y.S. Zherebnenko
A.A. Milostnoi

*¹Belgorod State National
Research
University*

*Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

*E-mail: Kornilov@bsu.edu.ru;
Genenko@bsu.edu.ru;
zherebnenko@yandex.ru*

The problem of sustainable development of rural settlements and their way of interaction with the environments is considered on the example of the village Zavidovka of Yakovlevsky district of the Belgorod region. The visiting card of the village has been developed.

Key words: rural settlement, functional zoning, sustainable development, public nature management.



МОНИТОРИНГ ПЛОДОРОДИЯ ЧЕРНОЗЕМОВ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Н.С. Четверикова

С.В. Лукин

Л.В. Марциневская

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

*E-mail:
serg.lukin2010@yandex.ru*

В статье рассмотрена динамика кислотности, содержания подвижных форм фосфора и калия, серы, цинка, марганца, органического вещества в черноземах лесостепной зоны (на примере Ивнянского района Белгородской области). Проанализированы статистические данные по использованию удобрений и урожайности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: деградация, декальцирование, кислотность почвы, мониторинг, органическое вещество почвы, плодородие почвы, подвижные формы фосфора и калия, чернозем, удобрения.

Введение

Охрана и рациональное использование почв – важнейшие составные части стратегии сбалансированного развития агропромышленного комплекса. За счет использования плодородия почв человечество получает около 95% всех продуктов питания. Основоположник агрохимии Юстус Либих утверждал, что причина возникновения и падения наций одна и та же. Расхищение плодородия почвы обуславливает их гибель, поддержание же плодородия – их жизнь, богатство и могущество [1]. Эталон плодородия во всем мире считается русский чернозем. Упоминание о «золотом» кубе тучного воронежского чернозема можно встретить в учебниках почвоведения любой страны мира. По мнению В.В. Докучаева, чернозем всегда был, есть и будет основой благополучия России. Однако великий русский почвовед всегда подчеркивал, что чернозем – царь почв, но он нуждается и в «царском» уходе, иначе не будет выполнять элементарных обязанностей слуги [2].

По образному выражению И.А. Крупенникова: «сила и беззащитность – единство противоположностей заключенных в черноземе» [3]. С одной стороны, уникальные свойства черноземов помогли нашим сельскохозяйственным землям сохранить в неблагоприятных и часто меняющихся условиях эксплуатации не только основную часть их потенциального плодородия, но и необходимые для человека экологические функции ландшафта. Черноземы и в настоящее время остаются самими плодородными почвами России. С другой стороны, в процессе длительного сельскохозяйственного использования черноземы не получали «царского» ухода, они были беззащитны перед прогрессирующим развитием эрозии и другими видами деградации, поэтому существенно снизилось их плодородие, о чем свидетельствуют многочисленные исследования [4, 5].

Цель данной работы – проанализировать динамику показателей плодородия почв лесостепной зоны, применения удобрений и урожайности основных сельскохозяйственных культур.

Объекты и методы исследования

В статье использованы материалы сплошного агрохимического обследования пахотных почв Ивнянского района Белгородской области входящего в лесостепную зону, представленных в основном черноземом типичным (62.2%) и черноземом выщелоченным (36.1%). Площадь пахотных почв в районе составляет 57.1 тыс. га. Средняя многолетняя температура воздуха (по данным метеостанции Готня) составляет 6.1 °С, средняя годовая сумма осадков – 612 мм, в том числе за период апрель-сентябрь – 345 мм.

При проведении агрохимического обследования одна объединенная почвенная проба (состоящая из 20-40 точечных проб) отбиралась из пахотного (0-25 см) слоя почвы с площади 20 га. Все аналитические исследования проводились в аккредито-

ванной лаборатории ФГУ «Центр агрохимической службы «Белгородский».

В соответствии с принятой в агрохимической службе России методикой в отобранных почвенных пробах органическое вещество определяется по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–93). Подвижный фосфор и калий (по Чирикову) определяется в соответствии с ГОСТ 26204–91. Гидролитическая кислотность определяется по ГОСТ 26212–91, *pH* солевой вытяжки – методом ЦИНАО по ГОСТ 26483–85. Определение содержания подвижных форм цинка проводится по ГОСТ Р 50686–94, подвижных форм меди – по ГОСТ Р 50683–94, подвижных форм марганца – по ГОСТ Р 50685–94, подвижных форм кобальта – по ГОСТ Р 50683–94, подвижных форм серы – по ГОСТ 26490–85.

В статье использованы данные органов государственной статистики по урожайности озимой пшеницы и сахарной свеклы, дозам вносимых удобрений в Ивнянском районе Белгородской области за 1964–2009 гг.

Результаты и их обсуждение

С точки зрения современной экологии органическое вещество почвы является важнейшим, незаменимым компонентом всего мироздания, оно связующее звено между живой и неживой природой, вещественно-энергетическая основа функционирования экосистем всех рангов [6]. Содержание и запасы органического вещества в почвах традиционно служат основным критерием почвенного плодородия, а в последние годы все больше рассматриваются с точки зрения устойчивости почв как компонента биосферы. Органическое вещество в большой мере определяет пищевой режим почв, оказывая на него прямое влияние как источник элементов питания. В составе органического вещества концентрируется около 90% почвенного азота, значительное количество фосфора, калия, кальция и микроэлементов. Косвенное влияние органического вещества обусловлено действием различных групп органических веществ на физико-химические и водно-физические свойства почв. С органическим веществом связано образование агрономически ценной структуры почвы, увеличение влагоемкости.

Однако традиционное представление о прямой тесной связи содержания органического вещества в почве и урожайностью сложилось при умеренном применении удобрений, когда почвенный гумус оставался основным источником элементов питания. При высоком уровне интенсификации земледелия влияние органического вещества почвы на урожайность проявляется слабее.

Содержание органического вещества в целинном черноземе типичном заповедного участка «Ямская степь» заповедника «Белогорье» составляет 10% (слой 10–20 см) [7]. Первое сплошное обследование пахотных почв района на содержание органического вещества было проведено в 1985 г., а последнее в 2010 г. В настоящее время 87,6% площадей обследованных почв характеризуются средним (4–6%), а 9,9% – повышенным (6–8%) содержанием органического вещества. Средневзвешенное содержание органического вещества в почвах района составляет 5,4%. За период наблюдений снижения содержания данного показателя не зафиксировано.

Фосфор – один из важнейших элементов питания растений. По современным представлениям ему принадлежит исключительная роль в энергетике живой клетки, благодаря образованию фосфорорганических соединений с большими запасами свободной энергии, которые необходимы для протекания процессов, как поглощения элементов питания, так и синтеза и обмена веществ в растениях. В связи с этим своевременное удовлетворение потребности растений в фосфоре является одним из главных условий формирования высоких урожаев сельскохозяйственных культур. Обеспеченность подвижными формами фосфора один из основных показателей окультуренности почв.

Валовое содержание фосфора в пахотном слое черноземов составляет 0,1–0,25%, причем лишь 10–20% его количества представлено относительно доступными растениям соединениями. Больше всего фосфора содержится в глинистых почвах, несколько меньше – в суглинистых и наиболее бедны им супесчаные и песчаные почвы. Целинные черноземы Белгородской области характеризуются низким содержанием подвижных форм фосфора 24–28 мг/кг [7].



В первом цикле агрохимического обследования (1964-1967 гг.) средневзвешенное содержание подвижного фосфора по Чирикову в пахотных почвах Ивнянского района составляло 56 мг/кг, а к 1995 г. этот показатель увеличился в 2,86 раза и составил 160 мг/кг (табл. 1). В этот период поступление фосфора с удобрениями было практически в два раза больше его выноса с урожаем. В 2005 г. средневзвешенное содержание подвижного фосфора уменьшилось почти на 10% и составило 145 мг/кг, а в 2010 г. величина данного показателя снизилась еще на 15% и составила 123 мг/кг. Причина этого в резком снижении использования фосфорных удобрений (фосфора поступало примерно в два раза меньше, чем отчуждалось из агроландшафтов).

Таблица 1

Распределение пахотных почв Ивнянского района по содержанию подвижных форм фосфора, % площади

Цикл	Год	Содержание подвижных форм фосфора, мг/кг						Средневзвешенное значение, мг/кг
		очень низкое <20	низкое 21-50	среднее 51-100	повышенное 101-150	высокое 151-200	очень высокое >200	
I	1964-67	3.6	46.9	45.9	2.8	0.4	0.4	56
II	1970	2.4	27.4	61.5	6.4	0.9	1.4	79
III	1976	1.7	4.5	77.9	12.4	1.5	2.0	83
IV	1985	0.1	3.3	40.3	35.7	12.9	7.7	116
V	1990	0.1	2.2	22.0	33.6	22.5	19.6	151
VI	1995	0.0	0.4	14.0	38.5	27.8	19.3	160
VII	2000	0.0	1.2	17.0	34.6	25.8	21.4	160
VIII	2005	0.2	0.3	22.3	38.8	23.1	15.3	145
IX	2010	0.0	3.0	37.2	37.1	15.4	7.3	123

Калий так же, как и фосфор – важнейший макроэлемент. Вынос калия с урожаем всегда больше, чем фосфора, а часто и азота. Значительное уменьшение почвенного калийного фонда может привести не только к снижению продуктивности выращиваемых культур, но и к утрате экологических и хозяйственных функций почвы. Основная часть почвенного калия представлена малорастворимыми силикатными минералами и лишь в процессе их выветривания становится доступной для растений. На основе обобщения исследований, проведенных в ЦЧО, установлены оптимальные уровни концентраций подвижного калия в пахотных почвах: для выщелоченного чернозема – 120-150, для типичного – 140-160 мг/кг.

Целинные черноземные почвы характеризуются повышенным содержанием обменного калия 101-105 мг/кг [7]. В 1964-67 гг. средневзвешенное содержание подвижного калия по Чирикову в пахотных почвах Ивнянского района составляло 76 мг/кг (табл. 2). Затем величина этого параметра стала увеличиваться и в 1995 г. составила 115 мг/кг. В последующие годы, в связи с резким сокращением использования удобрений, отмечена тенденция снижения содержания подвижного калия в почвах. По результатам последнего цикла агрохимического обследования средневзвешенное содержание подвижных форм калия в почвах составило 106 мг/кг, 54.0% пахотных почв характеризуются повышенным (81-120 мг/кг) и 15.2% почв – высоким (121-180 мг/кг) содержанием этого элемента.

Причина того, что при резко отрицательном балансе калия содержание подвижных форм этого элемента в пахотном слое на протяжении длительного времени сократилось всего на 8%, в высокой емкости катионного обмена черноземных почв. Многими исследованиями установлено, что в результате преобразования внесенного калия в необменную форму содержание его в почве после внесения удобрений увеличивается незначительно. Даже без внесения калийных удобрений, в связи с постоянным пополнением количества обменного калия за счет необменных форм в процессе динамического равновесия концентрация подвижных форм калия может длительное время сохраняться на неизменном уровне [8].

Таблица 2

Распределение пахотных почв Ивнянского района по содержанию подвижных форм калия, % площади

Цикл	Год	Содержание подвижных форм калия, мг/кг						Средне-взвешенное значение, мг/кг
		очень низкое <20	низкое 21-40	среднее 41-80	повышенное 81-120	высокое 121-180	очень высокое >180	
I	1964-67	0.1	3.1	56.0	39.5	1.2	0.1	76
II	1970	0.0	0.4	75.0	21.2	1.8	1.6	72
III	1976	0.0	0.2	56.4	38.8	3.6	1.0	80
IV	1985	0.1	0.3	37.0	41.2	16.1	5.3	97
V	1990	0.0	0.8	25.1	48.7	17.7	7.7	109
VI	1995	0.0	0.0	15.7	53.6	23.1	7.6	115
VII	2000	0.0	1.8	23.6	50.2	20.5	3.8	105
VIII	2005	0.0	0.2	13.2	61.4	21.7	3.5	108
IX	2010	0.0	0.0	24.8	54.0	15.2	6.0	106

Пахотные почвы лесостепной зоны Центрально-Черноземного района в процессе интенсивного сельскохозяйственного использования декальцируются. Подчеркивая важную роль кальция в почве, В.Р. Вильямс назвал его «сторожем» плодородия. Декальцирование почв является своеобразным «пусковым механизмом» их деградации. Следствием этого процесса является подкисление почвенного раствора, ухудшение агрофизических параметров и микробиологической активности почвы, снижение (до 40%) эффективности удобрений, ухудшение качества растениеводческой продукции. Долгое время считалось, что черноземы (выщелоченные и оподзоленные) в отличие от дерново-подзолистых почв не нуждаются в известковании. Однако материалы агрохимического обследования, многочисленных экспериментальных исследований свидетельствуют об увеличении кислотности пахотных почв ЦЧО [8].

В 1976 г. доля кислых почв в Ивнянском районе составляла 35.4%, а средневзвешенное значение величины $pH_{\text{сол}}$ составляло 5.7 (табл. 3). В 1990 г. отмечено довольно резкое увеличение доли кислых почв до 67.9% и снижение величины $pH_{\text{сол}}$ до 5.5. Одна из антропогенных причин этого в том, что за период 1985-1990 гг. был достигнут самый высокий уровень применения удобрений, в том числе и физиологически кислых. Даже относительно высокий уровень известкования кислых почв (более 2 тыс. га/год), достигнутый в эти годы, не смог существенно изменить ситуацию. В 2010 г. доля кислых почв увеличилась до 78.4%, а средневзвешенная величина $pH_{\text{сол}}$ снизилась до 5.25. Отмеченная закономерность является следствием не только отсутствия известкования, но и однонаправленного усиления выноса карбонатов за пределы почвенного профиля, которое имеет место в лесостепных подтипах черноземов.

Таблица 3

Распределение пахотных почв Ивнянского района по величине $pH_{\text{сол}}$, % площади

Цикл	Год	Группировка почв по величине $pH_{\text{сол}}$						Средне-взвешенное значение
		очень сильно-кислые <4.0	сильно-кислые 4.1-4.5	средне-кислые 4.5-5.0	слабо-кислые 5.1-5.5	близкие к нейтральным 5.6-6.0	нейтральные >6.0	
III	1976	0.0	0.0	1.9	33.5	36.4	28.2	5.7
IV	1985	0.0	0.0	2.1	21.1	61.8	15.0	5.7
V	1990	0.0	0.2	15.8	51.9	19.8	12.3	5.5
VI	1995	0.0	0.1	19.2	49.5	18.0	13.2	5.5
VII	2000	0.0	0.1	19.2	49.6	18.0	13.1	5.5
VIII	2005	0.0	0.0	25.0	50.4	19.1	5.5	5.3
IX	2010	0.0	0.4	36.9	41.1	15.8	5.8	5.25



В современных условиях дефицит подвижных соединений мезоэлементов и микроэлементов в почвах является одним из существенных факторов, сдерживающих рост продуктивности земледелия [9]. По результатам сплошного агрохимического обследования пашни, проводимого в 2010 году, установлено, что 99.6% площади относится к категории низкообеспеченных почв (менее 0.2 мг/кг) по содержанию подвижной меди. Средневзвешенное значение данного параметра для района составило всего 0.06 мг/кг. Аналогичная ситуация установлена по обеспеченности почв подвижными формами кобальта и цинка. К категории низкообеспеченных по содержанию подвижного кобальта (менее 0.15 мг/кг) и подвижного цинка (менее 2 мг/кг) относится соответственно 98.5% и 95.4 % пашни. Средневзвешенное содержание подвижного кобальта в почвах составляет 0.06 мг/кг, подвижного цинка – 0.60 мг/кг. По содержанию подвижного марганца к категории низкообеспеченных (менее 10.0 мг/кг) относится 38.7% пашни, к категории среднеобеспеченных (10.1-20.0 мг/кг) – 59.8%. Средневзвешенное содержание подвижных форм данного элемента в почвах составляет 11.1 мг/кг. В 2000 году (7 цикл) проводилось обследование почв на содержание подвижной серы, установлено, что 96.6% пашни относится к низкообеспеченной (менее 6 мг/кг), а средневзвешенное содержание составляет 2.77 мг/кг.

Причина этого в существенном сокращении использования органических удобрений, которые являются значимым источником поступления микроэлементов, практически полный отказ от использования микроудобрений и сульфата аммония который был основным источником поступления серы в агроландшафты.

Одно из основных условий устойчивого функционирования агроландшафтов это регулирование биологического круговорота веществ. В этой связи компенсация дефицита питательных веществ рассматривается как экологически обусловленная задача. Основной способ регулирования баланса элементов питания в земледелии это применение удобрений.

Во всем мире ученые и практики давно признали, что без использования минеральных удобрений невозможно экономически целесообразное ведение сельскохозяйственного производства. На протяжении 1966-1990 гг. объемы применяемых минеральных удобрений в Ивнянском районе, так же как и во всей Белгородской области, неуклонно повышались. В 1990 г. в Ивнянском районе, в среднем, вносилось 273 кг/га минеральных удобрений, для сравнения: в России вносилось 83 кг/га, в США – 116 кг/га, в Италии – 151 кг/га, в среднем, в мире – 97 кг/га [10].

В начале девяностых годов прошлого века объемы применяемых удобрений стали резко сокращаться, например, в 1995 г. минеральных удобрений было внесено всего 57, а в 2000 г. – 21 кг/га посева, что соответственно в 4.9 и 13.2 раза меньше, чем в 1990 г. В 2005-2008 гг. уровень применения удобрений увеличился до 108-118 кг/га (рис., табл. 4). За годы исследований существенно изменилась структура используемых минеральных туков. Доля азотных удобрений в последние десять лет, как правило, составляет более 65%. В современных условиях значительное превалирование азотных удобрений над фосфорными и калийными характерно для российского земледелия.

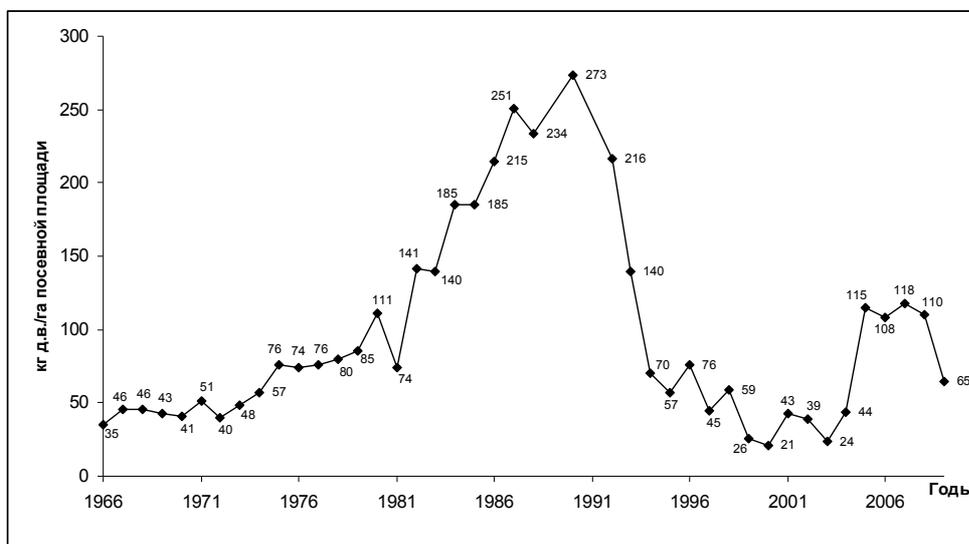


Рис. Внесение минеральных удобрений под все сельскохозяйственные культуры в Ивнянском районе в 1966-2009 гг.

Одна из серьезных проблем отечественного земледелия середины восьмидесятых годов прошлого века – это низкая эффективность минеральных удобрений [11]. Например, в Ивнянском районе в 1981-1985 гг. при внесении под озимую пшеницу 112 кг/га минеральных и 10.2 т/га органических удобрений урожайность составляла 2.57 т/га. Максимальная урожайность озимой пшеницы (3.83 т/га) была достигнута в 1986-1990 гг. при существенном увеличении доз вносимых минеральных (232 кг/га) и органических (26.5 т/га) удобрений. В 2006-2009 гг. при внесении под эту культуру всего 125 кг/га минеральных и 1.6 т/га органических удобрений, урожайность была близка к максимальной 3.56 т/га (табл. 5).

Таблица 4

Структура использования удобрений в Ивнянском районе

Показатель	Годы								
	1967	1970	1976	1985	1990	1995	2000	2005	2009
Органические удобрения, т/га	1.7	2.6	3.8	6.6	7.9	3.8	0.7	0.0	1.5
Минеральные удобрения, кг/га	46	41	74	185	273	57	21	115	65
Доля азотных удобрений, %	42.3	50.2	45.6	40.9	37.4	55.8	71.5	65.2	71.8
Доля фосфорных удобрений, %	31.6	26.6	21.4	36.9	36.9	33.3	14.5	17.4	14.1
Доля калийных удобрений, %	26.1	23.2	33.0	22.2	25.7	10.9	14.0	17.4	14.1

Таблица 5

Использование удобрений под основные сельскохозяйственные культуры в Ивнянском районе

Годы	Органические удобрения, т/га	Минеральные удобрения, кг/кг				Урожайность, т/га
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	сумма	
Озимая пшеница						
1966-1970	1.9	22	7	11	40	2.14
1971-1975	6.4	30	9	15	54	2.69
1976-1980	3.9	31	9	6	46	2.74
1981-1985	10.2	48	34	30	112	2.57
1986-1990	26.5	97	78	57	232	3.83
1991-1995	23.5	78	68	35	181	3.58
1996-2000	6.0	45	10	4	59	2.87
2001-2005	2.1	37	7	7	51	2.92
2006-2009	1.6	83	21	21	125	3.56
Сахарная свекла						
1966-1970	6.2	116	46	94	256	18.5
1971-1975	7.4	125	50	101	276	14.3
1976-1980	12.1	148	74	163	385	18.6
1981-1985	20.6	235	166	136	537	24.6
1986-1990	16.4	210	206	184	600	28.2
1991-1995	5.4	138	125	115	378	19.9
1996-2000	2.0	77	77	38	192	16.0
2001-2005	0.8	81	53	51	185	20.8
2006-2009	0.0	79	15	15	109	32.8

Максимальные дозы минеральных удобрений 600 кг/га (на фоне 16.4 т/га органических удобрений) вносились под сахарную свеклу в 1986-1990 гг. при этом достигалась урожайность 28.2 т/га, а минимальные дозы 109 кг/га вносились в 2006-2009 гг., но при этом достигалась максимальная урожайность 32.8 т/га. Среди причин более высокой эффективности удобрений в начале XXI века можно выделить использование более интенсивных (отзывчивых на внесение удобрений) сортов и гибридов сельскохозяйственных культур, применение более прогрессивных технологий возделывания и, в первую очередь, эффективных средств защиты растений.



Заключение

Таким образом, для почв лесостепной зоны характерно снижение содержания подвижных форм фосфора, калия, серы, марганца и цинка, увеличение кислотности. Для повышения продуктивности земледелия, сохранения плодородия почв необходимо будет повторить уже пройденный десятилетия назад путь, связанный с увеличением применения удобрений, в первую очередь органических, не допуская при этом очевидных ошибок, которые приводят к снижению эффективности агрохимических средств и загрязнению окружающей среды. Необходимо обеспечить известкование всех кислых почв.

Список литературы

1. Крупенников И.А. Почвенный покров Молдовы: прошлое, настоящее, управление, прогноз. – Кишинев: «Штиница», 1992. – 264 с.
2. Соловиченко В.Д. Плодородие и рациональное использование почв Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2005. – 292 с.
3. Уваров Г.И., Соловиченко В.Д. Деградация и охрана почв Белгородской области. – Белгород: «Отчий край», 2010. – 180 с.
4. Лыков А.М. Ближайшие и долговременные проблемы оптимизации «гумусового хозяйства» пахотных почв РФ/ Использование органических удобрений и биоресурсов в современном земледелии. – М.: РАСХН-ВНИПТИОУ, 2002. – С. 40-50.
5. Лукин С.В., Соловиченко В.Д. Результаты мониторинга плодородия почв государственного заповедника «Белогорье»// Достижения науки и техники АПК. – 2008. – №8 – С. 15-17.
6. Плодородие черноземов России / Под ред. Н.З. Милащенко. – М.: Агроконсалт, 1998. – 688 с.
7. Лукин С.В., Авраменко П.М. Микроэлементы в почвах Белгородской области // Земледелие. – 2008. – № 7. – С. 21.
8. Тютюнников А.И., Борзенков В.А. Основные принципы и методические подходы к энергетической оценке эффективности реализации материально-технических ресурсов и технологий в сельском хозяйстве. – М.: Россельхозакадемия, 1995. – 91 с.
9. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с.

MONITORING OF THE FERTILITY OF CHERNOZEMS IN FOREST-STEPPE ZONE

N.S. Chetverikova
S.V. Lukin
L.B. Martsinevskaya

*¹Belgorod State National Research University
Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia
E-mail: serg.lukin2010@yandex.ru*

The dynamics of acidity, content of labile forms of phosphorus and potassium, sulfur, zinc, manganese, organic substance in chernozems of forest-steppe zone (from the example of Ivnyansk district of Belgorod region) have been considered. The data on use of fertilizers and fertility of agricultural crops have been analyzed.

Key words: degradation, decalcification, soil acidity, monitoring, organic substance of soil, soil fertility, liable forms of phosphorous and potassium, chernozem, fertilizers.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ КАДАСТРОВОЙ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬ

Н.М. Затолокина

В.А. Юшин

*Белгородский государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

E-mail: : nata_kums@mail.ru

Проведен анализ изменений и вновь принятых нормативно правовых актов государственной кадастровой оценки земель, и выявлены сложившиеся проблемы в данной сфере и предложены рекомендации к их решению.

Ключевые слова: кадастр, оценка, кадастровая стоимость, земли, законодательство.

Кадастровая оценка земель стимулирует как получателей земельного налога (местные власти), так и его плательщиков (землепользователей) относиться к земле как к ликвидному активу, использование которого способно приносить прибыль. В этом случае денежные поступления в доходную часть местного бюджета могут помочь решить многочисленные социальные проблемы и улучшить качество жизни людей.

Реализация государственной программы кадастровой оценки земель выявила множество проблем, связанных, в первую очередь, с исходными данными и их достоверностью; неопределенностью с видами разрешенного использования земельных участков; закрытостью информации по отдельным категориям земель, с особым режимом налогообложения. Как результат мы имеем неполный кадастр, некорректные данные, неточную оценку.

Кадастровая стоимость – это специфическая стоимость, выступающая альтернативой рыночной стоимости, когда нет возможности оценить индивидуально каждый земельный участок и учесть все его особенности. В основе кадастровой оценки лежит деление земли на категории и вид использования. Для различных участков, в зависимости от вида и особенностей разрешенного использования, расчеты ведутся по-разному, из чего следует, что кадастровая стоимость земли отвечает текущему ее использованию, которое не обязательно является наилучшим. В этом случае регулятором эффективности использования земельного участка может служить лишь налоговая ставка.

Кадастровая стоимость формируется в результате массовой, сплошной оценки большого массива объектов. Сущность массовой оценки заключается в формировании результатов анализа рынка недвижимости достаточного количества реальных сделок перечня факторов стоимости объекта и учете с помощью специальных формул их количественного влияния. Это задача из области прикладной математической статистики.

Для определения кадастровой стоимости земельных участков законодательно выбран сравнительный метод оценки, при котором один участок можно оценить по аналогии с другими, рыночная стоимость которых известна. Очевидно, что данная методология применима только при развитом рынке. В России более 90 процентов земель находятся в государственной и муниципальной собственности, существенная часть из них не может участвовать в обороте, а площадь проданных из них земельных участков составляет тысячные доли процента. В дополнение к этому фактору, у нас не декларируются цены уже состоявшихся коммерческих сделок.

Чтобы выйти из этой ситуации, в процессе оценки для формирования исходной базы методические указания предлагают использовать: цены предложений на рынке недвижимости из любых доступных источников; субъективные мнения экспертов; рыночную оценку отдельных объектов, произведенную специально приглашенными для этого случая профессиональными оценщиками. Искусственность предлагаемых



мер нарушает системность и целостность методологии кадастровой оценки, снижает ее качество и достоверность. С некорректными исходными данными можно получить значения кадастровой стоимости земельных участков, плохо поддающиеся экономическому обоснованию: либо очень далекие от рыночной стоимости, либо превышающие ее в разы.

Кадастровая оценка не должна быть ни завышенной, ни заниженной, поскольку объект оценки потеряет, в первом случае, – инвестора, во втором, – стимул к рациональному использованию земли, и тогда утвержденные кадастровые цены можно применять только в фискальных целях, но не для управления недвижимостью.

Расчет кадастровой стоимости осуществляется с помощью специального программного обеспечения, алгоритмы программ которого закрыты даже для специалистов, занимающихся земельными вопросами. Поэтому ответить на законный вопрос налогоплательщика о том, из каких параметров сформировалась цена объекта, насколько она отвечает принципам достоверности, непредвзятости, сопоставимости, справедливости и насколько отражает рынок, некому. При этом землепользователю очень проблематично обжаловать уже утвержденные результаты оценки.

При формулировке понятия «кадастровая стоимость» мы имеем систему ссылок из одного источника на другой и стабильное определение понятия через процедуру ее установления – государственную кадастровую оценку.

Налоговый кодекс ссылается на земельное законодательство. В Земельный кодекс Федеральным законом от 22 июля 2010 г. № 167-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» и отдельные законодательные акты Российской Федерации» вносятся существенные изменения, касающиеся определения кадастровой стоимости и ее взаимосвязи с рыночной. Теперь в случаях определения рыночной стоимости земельного участка кадастровая стоимость устанавливается равной его рыночной стоимости. В прежней редакции кодекса кадастровая стоимость в отдельных случаях принималась равной проценту от рыночной, который, в общем случае, мог быть и больше ста. Очевидное условие – кадастровая стоимость не должна превышать рыночную – ранее нигде в российском законодательстве не оговаривалось [1, 2].

Таким образом, актуальным документом, регулирующим государственную кадастровую оценку, становится закон об оценочной деятельности («Об оценочной деятельности в Российской Федерации» от 29.07.1998 г. № 135-ФЗ). В законе дано определение кадастровой стоимости; введена новая глава «Государственная кадастровая оценка», в которой дано определение «государственной кадастровой оценки»; определено, кто и когда принимает решение о ее проведении и кто является заказчиком; кто составляет перечень оцениваемых объектов недвижимости и представляет исходные данные; кто должен определять кадастровую стоимость и как осуществляется страхование ответственности за причинение ущерба; кто и как должен утверждать результаты определения кадастровой стоимости и опубликовывать их результаты; как должна проводиться экспертиза отчета об определении кадастровой стоимости; как должны рассматриваться споры о результатах определения кадастровой стоимости; кто и когда вносит результаты определения кадастровой стоимости в государственный кадастр недвижимости [3].

В соответствии с вносимыми поправками концепция кадастровой оценки меняется, она определяется как составная часть оценочной деятельности и входит в правовое поле реальной экономической (рыночной) оценки. Для проведения, начиная с 2011 г., государственной кадастровой оценки объектов недвижимости и ведения в кадастре единого учета земельного участка и объекта капитального строительства, определен и Федеральный стандарт оценки (ФСО № 4) [5].

Федеральным стандартом уточнено экономическое содержание кадастровой стоимости, под которой понимается установленная в процессе государственной кадастровой оценки рыночная стоимость объекта недвижимости, определенная методами массовой оценки, или, при невозможности определения рыночной стоимости методами массовой оценки, рыночная стоимость, определенная индивидуально для конкретного объекта недвижимости в соответствии с законодательством об оценочной дея-

тельности. Впервые раскрыто понятие массовой оценки, под которой понимается процесс определения стоимости при группировании объектов оценки, имеющих схожие характеристики, в рамках которого используются математические и иные методы моделирования стоимости на основе подходов к оценке.

Из установления кадастровой стоимости в соответствии с последней редакцией федерального закона об оценочной деятельности следует два важных вывода:

- 1) кадастровая оценка должна проводиться профессиональными оценщиками;
- 2) землепользователь может оспорить кадастровую стоимость, если она превышает рыночную.

В тех субъектах РФ, где была актуализирована кадастровая стоимость земель населенных пунктов согласно приказу Минэкономразвития России от 15.02.2007 г. № 39, случаи многократного превышения кадастровой стоимости рыночной, особенно по девятому виду разрешенного использования, были нередки. Представляют особый интерес для анализа давно ожидаемые результаты кадастровой оценки земель населенных пунктов Белгородской области (планируется ввести в действие в 2011 г.). В нашем регионе до сих пор действуют цены, полученные в результате применения Методики Росземкадастра от 26.08.2002 г. № П/307. Отставание реализации оценки, применения ее результатов, от методологии создает ситуацию, несоответствующую требованиям рыночной экономики и системе платного землепользования [4].

В целом, законодательно учтенные критические замечания и уточненные правила проведения кадастровой оценки и формирования кадастровой стоимости, это позитивный фактор. Как конкретно они будут реализованы на практике и кем, покажет время.

Концепция кадастровой оценки неразрывно связана с концепцией системы налогообложения государства. Поэтому налоговая система сама должна быть приведена в то состояние, при котором решающую роль будет играть кадастровая оценка. Сегодня Налоговый кодекс РФ предусматривает три имущественных налога: налог на имущество физических лиц, налог на имущество юридических лиц и налог на землю. Налогооблагаемой базой по каждому из них выступают различные стоимости: инвентаризационная, балансовая, кадастровая. В настоящий момент все усилия представителей Росреестра, Минэкономразвития, региональных и местных властей, саморегулируемых организаций геодезистов и оценщиков, направлены на создание системы единого учета земельных участков и объектов недвижимости и их кадастровой оценки. При этом четкого алгоритма передачи сведений из БТИ, где исторически велся учет основных фондов, в кадастр, нет. До сих пор не выработано единой точки зрения, что правильнее: отдельно оценить земельный участок и строение на нем или сформировать и оценить единый объект недвижимости. Кадастровая стоимость должна отражать экономические реалии, определяться по состоянию рынка, в этом заключается ее отличие от других виртуальных стоимостей, выступающих сегодня налогооблагаемой базой по налогу на имущество соответственно физических и юридических лиц. Земельный участок и строение на нем не переместишь, не спрячешь, как, например, доходы. Поэтому налоговая система сама должна быть приведена в то состояние, при котором решающую роль будет играть кадастровая оценка.

Кадастровая оценка с четко выраженной динамикой роста кадастровой стоимости направлена государством на оценку *объектов*, наиболее перспективных с точки зрения налогообложения. Тем самым акцент сделан на реализацию лишь одной из функций кадастра, самой непопулярной, фискальной. Отсутствие системного подхода приводит к тому, что затрачиваемые на кадастровую оценку информационные, финансовые, кадровые ресурсы используются без должной ответственности и малоэффективно [6].

Государство нуждается в реальной достоверной экономической оценке тех активов, того богатства, которыми оно располагает, поскольку знание стоимости меняет отношение.

Поскольку кадастровая стоимость регулирует важные имущественные, правовые, финансовые, налоговые отношения, в целях ее оптимизации предлагается:



1) сделать процедуру кадастровой оценки более открытой, публичной и понятной (закрытое программное обеспечение по кадастровой оценке ведет к потере доверия и дестимулированию землепользователя; его создатели должны отвечать за достоверность расчетов);

2) разработать ясные, экономически обоснованные методики расчета с привлечением профессиональных оценщиков, российских научных организаций, занимающихся теорией оценки (с учетом степени развитости российского рынка и наличия официальных источников по продажам и другим сделкам для формирования исходных данных);

3) конкретизировать перечень заявленных целей, решение которых так или иначе связано с кадастровой стоимостью; возможно, определить кадастровую оценку только в целях налогообложения;

4) сформулировать четкие требования к исходным данным, в том числе по обязательному набору исходных данных, обеспечивающих градостроительную ценность земельных участков;

5) для использования кадастровой оценки в иных целях, например, в целях территориального планирования, создать единую юридическую основу понятия «зонирование территории».

Список литературы

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.01.2001 № 136-ФЗ (ред. от 27.12.2009) (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.01.2010) // Российская газета, № 211-212, 30.10.2001.

2. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть 2) от 05.08.2000 № 117-ФЗ (ред. от 27.12.2009) (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.01.2010) // Собрание законодательства РФ, 07.08.2000, № 32, ст. 3340.

3. Об оценочной деятельности в Российской Федерации: федеральный закон от 29.07.1998 г. № 135-ФЗ (в ред. Федерального закона от 22.07.2010 № 167-ФЗ) // Консультант Плюс.

4. Об утверждении Методических указаний по государственной кадастровой оценке земель населенных пунктов: Приказ Минэкономразвития России от 15.02.2007 № 39 // Российская газета, № 100, 15.05.2007.

5. Определение кадастровой стоимости объектов недвижимости (ФСО № 4): Федеральный стандарт оценки, утв. Приказом Минэкономразвития России от 22.10.2010 г. № 508 // Консультант Плюс.

6. Коростелев С.П. Комментарий к изменениям в законе «Об оценочной деятельности в Российской Федерации» // www.ocenchik.ru

ACTUAL PROBLEMS OF FORMATION OF CADASTRAL VALUES

N.M. Zatulokina

V.A. Yushin

*¹Belgorod
State National Research
University*

*Pobedy St., 85, Belgorod, 308015,
Russia*

E-mail: nata_kums@mail.ru

The analysis of changes and newly accepted regulatory legal acts of the state cadastral valuation of lands is carried out, and the established problems in the given sphere are revealed and recommendations to their solution are offered.

Key words: cadastre, valuation, cadastral values, lands, legislation.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕКРЕАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

И.С. Королева
О.А. Чепелев

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*Россия, 308015 Белгород,
ул. Победы, 85*

*E-mail: :
koroleva_i@bsu.edu.ru*

В работе обсуждаются вопросы использования геоинформационных систем в географическом изучении рекреационных земель и ресурсов. Рассматривается модель рекреационной ГИС, анализируются возможности применения ГИС-технологий в рекреации и туризме.

Ключевые слова: специализированные геоинформационные системы, рекреационные ресурсы, туризм, информационное обеспечение.

Основными заказчиками географических информационных систем (ГИС) являются отрасли, функционирование которых связано с использованием природных ресурсов. Необходимость разработки первых природно-ресурсных ГИС была обусловлена глобальными процессами компьютеризации науки, переходом на новый уровень пространственно-информационного обеспечения исследований и потребностью быстрого решения разнообразных специфических задач. Так для проведения земельно-оценочных работ – анализа данных инвентаризации земель, разработки планов системы землепользования – была создана Канадская географическая информационная система; для геолого-оценочных и проектных работ – Data Mine; для управления лесными ресурсами – FORESTER и другие [3, 4]. Помимо специализированных ГИС в настоящее время создаются модули расширения для базовых геоинформационных систем (ArcGIS, MapInfo и др.), решающие задачи учета и управления ресурсами [2, 5-11]. Вместе с тем, ГИС чаще рассматриваются как важный инструмент информационного обеспечения туристической отрасли и редко применяются в географическом изучении рекреационных земель и связанных с ними ресурсов.

Под рекреационными землями нами понимаются земли, используемые населением в рекреационных целях и обладающие рекреационной ценностью, т.е. земельные участки, занятые территориями домов отдыха, пансионатов, санаториев, парков, культурно-историческими и природными объектами, водными объектами, лесами, лесопарками и другие земли служащие местами отдыха населения. Эти территории являются сложными природно-хозяйственными территориальными системами, представленными различными категориями земель, структурой угодий и инженерно-транспортной инфраструктурой.

Анализ пространственно распределенных данных является единственным механизмом, позволяющим решать вопросы рекреационного природопользования с применением научно-обоснованного подхода к исследованию пространственной организации системы туристско-рекреационных факторов. Геоинформационные системы позволяют предприятиям туризма осуществлять быстрый и ведомственно-распределенный доступ к картографической и атрибутивной информации; дают возможность корректировки, обновления, моделирования, анализа, оценки и обработки рекреационной информации, создания пространственных запросов, рекламных проектов и управления рекреационными ресурсами и землями [10].

Способность геоинформационных систем создавать базы данных, содержащие разнообразные сведения (физико-географические, экономико-географические, геоэкологические, рекреационные и другие) и преобразовывать эти сведения в необходимую форму, благодаря использованию дополнительных модулей или специализированных программ, позволяет решать разнообразные задачи. Рекреационная ГИС по сути своей предназначена для узкоспециализированного использования, хотя в ней можно выделить несколько конструктивных блоков характерных для всех создаваемых и дейст-

вующих систем [1]. Так, для оценки рекреационного потенциала территории необходимо использовать как базовые, так и специализированные функции, аналитические процедуры и методы (АПИМ) и другие компоненты рекреационной ГИС (рис.).

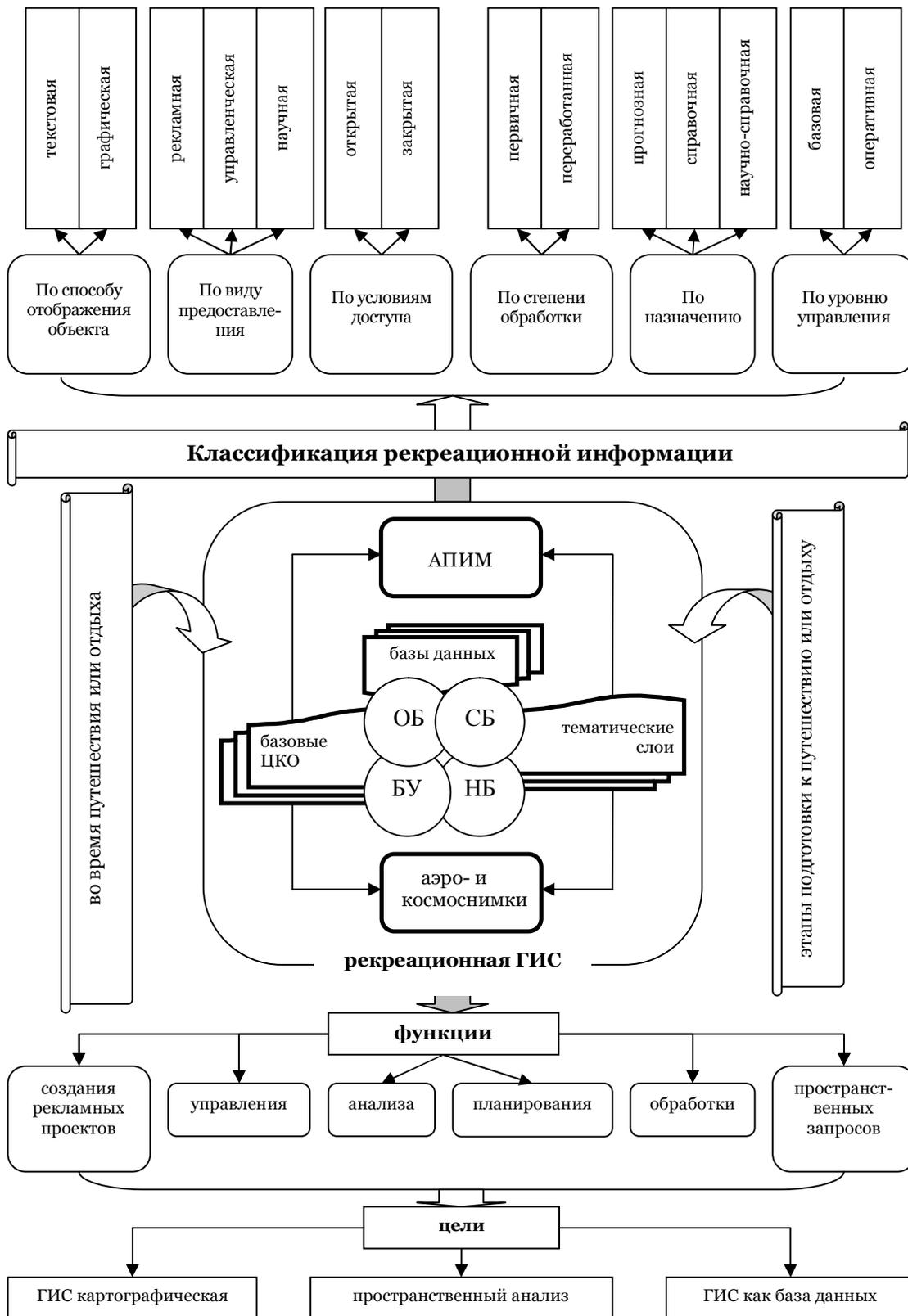


Рис. Структурно-функциональная модель рекреационной ГИС

Общегеографический блок (ОБ) рекреационной ГИС представляет собой массив физико-географической, экономико-географической и эколого-географической информации сосредоточенной в базе данных, тематических слоях и базовой цифровой картографической основе. В физико-географической базе данных размещаются сведения о рельефе местности, природных водах, растительности, почвах, основных климатических особенностях территории; в экономико-географической – о промышленности, транспорте, сельском хозяйстве и населении. Данные об экологической ситуации располагается в эколого-географической базе. Специальный блок (СБ) содержит пространственно-координированные данные о рекреационных землях и видах деятельности, представленных на них, а именно – информацию о рекреационно-значимых объектах: природных, культурно-исторических, археологических, культурно-развлекательных, лечебно-бальнеологических. В общегеографическом и специализированном блоках содержится первичная информация, которая в последующем перерабатывается в научном блоке и блоке управления в научно-справочную и прогнозную.

Научный блок (НБ) должен содержать прогнозно-оценочную информацию о рекреационных землях и туристической индустрии изучаемой территории. Блок управления (БУ) обеспечивает возможность выполнения аналитических, моделирующих, прогнозных функций и тем самым позволяет сократить время, затрачиваемое на получение ответов на пространственные запросы клиентов по выявлению территорий, подходящих для организации рекреационной деятельности и отвечающих определенным потребностям туристов. Кроме того в блоке управления содержатся данные по всем принятым решениям. Применение ГИС позволяет более эффективно планировать развитие рекреационной индустрии в регионе и на каждом конкретном земельном участке.

На современном этапе основными целями создания ГИС рекреационного назначения являются комплексное изучение рекреационных ресурсов и поддержка принятия управленческих решений. В этой связи, информацию в туристско-рекреационных ГИС можно охарактеризовать как совокупность данных, создаваемых и циркулирующих в специализированных системах, и предназначенных для решения задач управления туристско-рекреационным комплексом региона или страны в целом. Информация, использованная в процессе управления и оценки рекреационных ресурсов, по условиям доступа может разделяться на открытую (общедоступную), предназначенную для широкого круга пользователей, и закрытую (специализированную), используемую сотрудниками госучреждений и учеными для проведения прогнозно-оценочных исследований и управления туристско-рекреационной индустрией.

При всей важности решения задач поддержки принятия решений отметим, что возможности применения ГИС-технологий в туризме гораздо шире, так как ГИС позволяют оценивать эффективность использования туристских ресурсов, контролировать антропогенную рекреационную нагрузку в регионе, проводить мониторинг туристско-рекреационных ресурсов, оценку пригодности, уникальности и привлекательности территории для целей рекреации. В настоящее время геоинформационные технологии в туризме используются для [6, 10]:

- создания различных видов фотореалистичных трехмерных динамических изображений спортивных, туристических объектов (анимации пространственного приближения от мелких к крупным масштабам, развития инфраструктуры, проездов по маршрутам);
- наполнения печатных и Интернет-изданий, посвященных спортивным и рекреационным мероприятиям и объектам картографической информацией и фрагментами космических снимков;
- мониторинга строительства отдельных рекреационных и спортивных объектов, контроля развития рекреационных местностей в целом;
- выявления фактов самозахвата территории в рекреационно-привлекательных местностях;
- выделении районов туристско-рекреационной специализации и построения карт рекреационного назначения.

Геоинформационные системы с успехом применяются в разработке экскурсионных маршрутов, отвечающих определенным мотивациям туристов, они позволяют

сформировать банк данных и составить кадастр рекреационных земель и ресурсов [2, 7]. Таким образом, широкомасштабное внедрение ГИС-технологий в индустрии туризма позволит своевременно принимать управленческие решения и создавать массивы справочной, познавательной и научной информации для туристов, населения региона и структур, управляющих рекреационными землями.

Список литературы

1. Алексеенко, О.А. Информационное обеспечение ГИС «Туризм в Краснодарском крае» / О.А. Алексеенко, Л.Л. Карпович // Вестник МГУ. Серия география. – 2007. – №4. – С. 37-40.
2. Алтаев, Ж. ГИС и земельный кадастр Казахстана / Ж. Алтаев, // ARCREVIEW – 2003 – №2 – С. 2-5.
3. Ананьев, В.А. Система FORESTER для лесной отрасли / В.А. Ананьев // ARCREVIEW – 2009 – №3 – С. 18-19.
4. Земельный кадастр в зарубежных странах. / под. ред. А.А Варламова. – М.: ГУЗ, 1996. – 126 с.
5. Зеркаль, О. Использование ГИС для оценки состояния и изменения природной среды / О. Зеркаль, И. Антипина // ARCREVIEW – 1998 – №3 – С. 6-7.
6. Королёва, И.С. Использование ГИС-технологий для оценки ландшафтно-рекреационного потенциала (на примере Белгородской области) / И.С. Королёва // Геоэкология и рациональное природопользование: от науки к практике: материалы Всерос. науч.-практ. конф. молодых ученых (с междунар. участием), 15-17 октября 2007 г. – Белгород, 2007. – С. 18-21.
7. Полянский, А.Г. Использование ГИС-технологий для оценки транспортной доступности до рекреационных объектов / А.Г.Полянский // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: материалы II междунар. науч. конф. – М.; Белгород: БелГУ, 2006. – С. 267-270.
8. Радионов, Г.П. Корпоративная ГИС геологической изученности месторождений / Г.П. Радионов, С.Ю. Паршуков // ARCREVIEW – 2009 – №3 – С. 8-9.
9. Серов, А.В. Опыт определения состава насаждений / А.В. Серов, О.И. Попова, В.В. Пахучий // ARCREVIEW – 2005 – №3 – С. 11.
10. Харламов, Н.Ф. Геоинформационный подход к изучению пространственных особенностей сети ООПТ Алтайского края в целях рекреационного использования / Н.Ф. Харламов, П.Е. Кулемин, А.В. Савицкий // Рекреационное природопользование, туризм и устойчивое развитие регионов: материалы Междунар. науч.-практ. конф. /отв. ред. Г.Я. Барышников. – Барнаул, 2007. – С. 351-353.
11. Яковенко, И.М. Возможности ГИС-технологий в географических исследованиях и региональном управлении рекреационным природопользованием. – 2000. – Режим доступа: <http://dataplus.ru> – Систем. требования: IBM; Internet Explorer.

STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ORGANIZATION OF THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM OF RECREATIONAL USE

I.S. Koroleva
O.A. Chepelev

¹Belgorod State National Research University

Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: koroleva_i@bsu.edu.ru

The paper discusses the use of geographic information systems in the geographical study of recreational lands and resources. A model of recreational GIS is considered, the possibility of applying GIS technology in the recreation and tourism is analyzed.

Key words: specialized geographic information systems, recreational resources, tourism, information provision.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Абдурзакова А.С.** – кандидат биологических наук, доцент, Чеченский государственный педагогический институт, г. Грозный
- Андрянцева С.А.** – ассистент, Липецкий государственный технический университет
- Астамирова М.А.-М.** – кандидат биологических наук, старший преподаватель, Чеченский государственный педагогический институт, г. Грозный
- Богданов С.С.,
Больных С.И.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»
– преподаватель Лебедянского педагогического колледжа Липецкой области, Венгеров П.Д. доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Воронежский государственный природный биосферный заповедник (ВГПБЗ)
- Бондаренко А.В.** – кандидат химических наук, доцент, Липецкий государственный технический университет
- Борозенцева В.А.** – студентка, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Бурченко Т.В.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Везенцев А.И.** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Гененко И.А.** – кандидат географических наук, доцент, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Глухарева Н.А.** – кандидат химических наук, доцент, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Голдовская-Перистая Л.Ф.** – доцент, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Гостищев И.А.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Гребенников М.Е.** – младший научный сотрудник, Институт экологии растений и животных УРО РАН, г. Екатеринбург
- Григорьев А.М.** – кандидат химических наук, Бюро судебно-медицинской экспертизы по Белгородской области, г. Белгород
- Гусев А.П.** – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Беларусь
- Дейнека В.И.** – доктор химических наук, профессор, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Дейнека Л.А.** – кандидат химических наук, доцент, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Доанг Хоанг Жанг
Дудагова Э.Ш.** – магистрант, НИУ «Белгородский государственный университет»
– старший преподаватель, Чеченский государственный педагогический институт, г. Грозный
- Дудина С.Н.** – кандидат химических наук, старший преподаватель, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Дунаев А.В.** – кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, Природный парк «Нежеголь», НИУ «Белгородский государственный университет»
- Дунаев В.А.** – доктор геолого-минералогических наук, профессор, член-корреспондент Международной Академии минеральных ресурсов, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Дунаева Е.Н.** – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом, Природный парк «Нежеголь», НИУ «Белгородский государственный университет»
- Ермолович Е.А.** – кандидат технических наук, доцент НИУ «Белгородский государственный университет»
- Ерохин К.С.** – студент, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Жеребненко Ю.С.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Жибурт В.С.** – студентка, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Затолокина Н.М.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Здоренко Н.М.** – кандидат технических наук старший преподаватель, Белгородский университет потребительской кооперации
- Здоренко Н.М.** – кандидат технических наук, старший преподаватель, Белгородский университет потребительской кооперации
- Игишева М.Ю.** – соискатель, техник, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Игнатенко И.М.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Изместьев К.А.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Калугина С.В.** – старший преподаватель, НИУ «Белгородский государственный университет»



- Квачев В.Н.** – кандидат технических наук, доцент, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Копытов А.А.** – кандидат медицинских наук, доцент, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Кормош Е.В.** – кандидат технических наук, старший преподаватель, Белгородский университет потребительской кооперации
- Корнилов А.Г.** – доктор географических наук, профессор, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Королева И.С.** – кандидат географических наук, старший преподаватель, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Крамчанинов Н.Н.** – старший преподаватель, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Лазарев А.В.** – доктор биологических наук, профессор, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Лебедева О.Е.** – доктор химических наук, профессор, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Лукин С.В.** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Лябах А.И.** – главный геолог ООО «Металл-груп»
- Магомадова Р.С.** – кандидат биологических наук, доцент, Чеченский государственный педагогический институт, г. Грозный
- Марциневская Л.В.** – кандидат географических наук, доцент, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Милостной А.А.** – магистрант, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Овчинников А.В.** – старший преподаватель, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Петин А.Н.** – доктор географических наук, профессор, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Погорельцев И.А.** – начальник, Департамент по недропользованию по ЦФО (Белгороднедра)
- Попова Е.И.** – кандидат биологических наук, научный сотрудник, Тобольская биологическая станция РАН
- Родионова С.А.** – научный сотрудник, Воронежский государственный природный биосферный заповедник (ВГПБЗ)
- Северюков В.В.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Сергеев С.В.** – доктор технических наук, профессор, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Сиротин А.А.** – кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Слюсарь А.А.** – доктор технических наук, профессор, Белгородский государственный технологический университет
- Слюсарь О.А.** – кандидат технических наук доцент, Белгородский государственный технологический университет
- Снегин Э.А.** – кандидат биологических наук, доцент, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Соколов А.Ю.** – Научный сотрудник ФГУ Государственный природный заповедник «Белогорье»
- Тохтарь В.К.** – доктор биологических наук, директор, Ботанический сад, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Третьяков М.Ю.** – кандидат биологических наук, научный сотрудник, Белгородский НИИ сельского хозяйства РАСХН
- Умаева А.М.** – кандидат биологических наук, старший преподаватель, Чеченский государственный педагогический институт, г. Грозный
- Фомина О.В.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Хасуева Б.А.** – кандидат биологических наук, старший преподаватель, Чеченский государственный педагогический институт, г. Грозный
- Чепелев О.А.** – кандидат географических наук, доцент, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Четверикова Н.С.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»
- Юшин В.А.** – аспирант, НИУ «Белгородский государственный университет»

**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 оригинальный материал 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 – шрифтом Times New Roman, 12 pt, межстрочный интервал – одинарный, красная строка (абзац) – 1,25 см., выравнивание по ширине. Страницы не нумеруются. Объем статей не должен превышать 12 страниц, включая иллюстративный и графический материал, список литературы.

Перед названием статьи необходимо указать УДК (слева сверху). Название статьи оформляется строчными буквами, жирным шрифтом (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указать инициалы и фамилии авторов жирным шрифтом (12 pt) с выравниванием по центру. Ниже через два интервала указать адрес места работы с указанием почтового индекса, e-mail автора (соавторов) – обычный шрифт (10 pt) с выравниванием по центру.

Аннотация статьи (резюме) должна располагаться ниже на два пробела от последнего адреса места работы авторов – обычный шрифт (10 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), Объекты и методы исследования (экспериментальная часть), 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, научная степень, ученое звание, место работы, должность, точный почтовый адрес, контактный телефон, факс, e-mail.

К статьям, выполненным аспирантами или соискателями научной степени кандидата наук, необходимо приложить рекомендацию, подписанную научным руководителем (если руководитель не является соавтором).

Редколлегия направляет полученные статьи на рецензирование.

Редколлегия оставляет за собой право вернуть статью на доработку.

Условия публикации. В течение календарного года автором (авторским коллективом) в журнале может быть опубликовано не более 4-х статей. К публикации принимаются материалы подписчиков журнала (не менее чем полугодовая подписка). Копия квитанции прилагается к материалам, направляемым для публикации.

Более подробную информацию о правилах оформления статей для серии «Естественные науки» и условиях публикации можно получить по адресу http://www.bsu.edu.ru:8806/dok_fakt.htm



Пример оформления статьи

УДК 51-72:530.145

Полуклассическое приближение к исследованию двумерных гамильтоновых систем на основе метода нормальных форм¹

Н.А. Чеканов¹, В.Н. Тарасов², Н.Н. Чеканова³

¹ Белгородский государственный университет, Россия, 308007, г. Белгород, ул. Студенческая, 14, e-mail: *Chekanov@bsu.edu.ru*

² Академия гражданской защиты Украины, Украина, 61023, г. Харьков, ул. Чернышевского, 94

³ ННЦ Харьковский физико-технический институт, Украина, 61108, г. Харьков, ул. Академическая, 1

Изложена процедура приведения классического гамильтониана к нормальной форме Биркгофа-Густавсона. При помощи правила соответствия Вейля по классической нормальной форме некоторых интегрируемых и неинтегрируемых систем построены их квантовые аналоги и найдены приближенные энергетические спектры и волновые функции. Показано, что полученный таким образом энергетический спектр с хорошей точностью воспроизводит точный спектр в той области энергий, где при классическом рассмотрении этой же системы движение регулярно, а в области, где классическое движение переходит в хаотическое, согласие между обоими спектрами резко ухудшается. Установлено, что ...

Ключевые слова: классический гамильтониан, нормальная форма Биркгофа-Густавсона, правило соответствия Вейля, энергетический спектр, волновая функция, метод квантования.

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].

В данной работе рассмотрены консервативные гамильтоновы системы с двумя степенями свободы

В работе исследованы ...

Список литературы

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.

A Semiclassical Approach to the Investigation of the Two-Dimensional Hamiltonian Systems by the Normal Form Method

N.A. Chekanov¹, V.N. Tarasov², N.N. Chekanova³

¹ Belgorod State University, Studencheskaja Str., 14, Belgorod, 308007, Russia, e-mail: *Chekanov@bsu.edu.ru*

² Civil defence Academy of Ukraine, Chernyshevsky Str. 94, Kharkov, 61023, Ukraine

³ National Scientific Center, Kharkov Institute for Physics and Technology, Akademicheskaj Str. 1, Kharkov, 61108, Ukraine

The receiving procedure of classical Hamiltonian to the Birkhoff-Gustavson normal form is described. With help of the Weyl correspondence rule for the classical normal forms of some integrable and nonintegrable systems their quantum counterparts are constructed and approximated energy spectra and wave functions are found. It is shown that thus obtained energy spectra are represented good exact ones in an energy domain where the classical motion is regular but agreement is worsen strongly at the energy domain where the classical regular motion is going into chaotic one. It is established that ...

Key words: classical Hamiltonian, Birkhoff-Gustavson normal form, Weyl correspondence rule, energy spectra, wave function, method of quantization.

¹ Работа выполнена при частичной грантовой поддержке РФФИ: №03-02-17695, №03-02-16263

